

Современные формы природопользования нарушают или уничтожают природные экосистемы, жизнедеятельность которых создает и стабилизирует условия среды, в которых может существовать человек. Авторы публикуемой ниже статьи предлагают перейти от стратегии интенсивного потребления природных ресурсов к экономической модели поддержания механизмов природной регуляции среды, способных обеспечить устойчивое развитие цивилизации. В основу разработанной ими экологоцентрической концепции природопользования положен принцип приоритетного сохранения средообразующих функций биотических сообществ и всего разнообразия живых организмов планеты.

ЭКОЛОГОЦЕНТРИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Д.С. Павлов, Б.Р. Стриганова, Е.Н. Букварёва

Для существования человека на Земле необходимы продовольствие, пресная вода и энергия. Эти ресурсы создаются в процессе функционирования современных биотических сообществ (например, почвенное плодородие, чистая вода), либо созданы ими в прошлом (углеводородное топливо – основа современной энергетики – результат накопления органического вещества биосферой в прежние геологические эпохи). Газовый состав атмосферы, устойчивый климат и другие, не менее важные для жизни человека условия на Земле также поддерживаются активностью сообществ живых организмов, регулирующих баланс биосферных процессов. Однако степень использования воспроизводимых ресурсов в наши дни приближается к верхнему порогу восстановительной способности биосферы, а по некоторым оценкам уже превышает его. Неслучайно многие специалисты подчёркивают необходимость принципиального изменения стратегии природопользования [1–6].

ОГРАНИЧЕННОСТЬ РЕСУРСОВ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ

Основой производства продовольствия является сельское хозяйство. Агроекосистемы занимают в настоящее время около 40% поверхности суши, и их следует рассматривать как крупнейший современный биом суши. Распашка земель неизбежно ведёт к развитию процессов деградации почвы, интенсивность которых уже достигла 13 млн. га в год. При этом скорость почвенной эрозии в агроэкосистемах на 1–2 порядка превышает скорость почвообразования под естественной растительностью [7–9]. За последние 40 лет рост урожайности был обусловлен интенсификацией сельскохозяйственного производства за счёт использования удобрений, пестицидов и гербицидов, а также орошения почв, что сопровождалось увеличением потребления энергии и воды, загрязнением среды. В частности, потоки азота и фосфора в наземных экосистемах выросли в 2–3 раза в результате применения удобрений [7]. Таким образом, давление сельского хозяйства на биосферу распространяется не только на земельные, но и на водные и энергетические ресурсы.

Древнейшим источником продовольствия для человека была продукция, изымаемая из природных популяций растений и животных (охота, рыболовство и пр.), из которых существенное экономическое значение сохранили ныне лишь рыба и другие морепродукты. Эти ресурсы используются практически полностью, о чём свидетельствуют динамика мировых уловов и состояние основных промысловых видов гидробионтов [10–12]. Суммарный вылов рыб в море и во внутренних водоёмах в конце 1990-х годов стабилизировался на уровне 92–93 млн. т в год. Стабилизация обусловлена сокращением рыбопромысловых запасов, использование которых возрастало на протяжении второй половины XX в. и к началу нынешнего столетия достигло предельно высокого уровня. При сохранении современных масштабов эксплуатации мировых рыбных запасов в середине XXI в. уже 80% ресурсных таксонов рыб и морских беспозвоночных могут утратить своё промысловое значение [12].

В течение второй половины прошлого столетия кардинально увеличилось потребление ресурсов пресной воды. Объём водозабора из рек и озёр удвоился, водные запасы водохранилищ выросли в 4 раза (в мире насчитывается свыше 45 тыс. плотин высотой более 15 м, против 5 тыс. в 1950 г.). Ежегодно используется более половины доступного стока пресной воды, включая возобновляемые подземные источники, а к 2025 г. прогнозируется рост потребления воды ещё примерно на треть. Рост потребления воды компенсируется за счёт невозобновляемых запасов "ископаемых" вод, которые уже в значительной степени истощены, поэтому ресурсы пресной воды также близки к исчерпанию [7, 13, 14]. Треть стран мира испытывает дефицит воды, между тем во многих вододефицитных регионах Земли (прежде всего в Азии) плотность населения чрезвычайно высока [15]. В ближайшем будущем прогнозируется увеличение дефицита воды в мире, что отмечено в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г.

Водный баланс суши радикально нарушен в результате уничтожения и трансформации природных экосистем человеком. Так, площадь лесов на Земле сокращена им почти в два раза, и этот процесс продолжается со скоростью около 7.3 млн. га в год. Большая часть оставшихся лесных площадей существенно изменена человеком: коренные и малоизменённые насаждения составляют лишь 36% от общей площади лесов в мире [16]. Дальнейшее расширение эксплуатации лесов (вырубка) ограничено опасностью деградации их средообразующих функций [10], хотя запас древесины ещё далёк от критического состояния.

Основу энергоресурсов сегодня составляет ископаемое топливо, дающее 80% производства первичной энергии. Суммарные запасы углеводородного топлива, накопленные биосферой в прошлые геологические эпохи, пока достаточно велики. Ограничителем в сфере энергообеспечения человечества является способность биосферы аккумулировать выбросы от сжигания топлива. На последние 40 лет приходится 60% роста концентрации углекислого газа в атмосфере, отмеченного с начала промышленной революции в Европе. Возможное потепление на 2 градуса рассматривается как "рубеж условной безопасности". Чтобы избежать этого, необходимо сократить потребление топлива, и до 2050 г. не вводить в промышленное пользование половину разведанных запасов нефти, газа и угля [17]. Таким образом, энергетическое развитие в настоящее время ограничено в результате нарушения природных экосистем и снижения мощности их регуляторных функций.

В связи с особым вниманием к глобальным изменениям климата в последние годы большинство исследований функционирования экосистем концентрируется на регуляции круговорота углерода. "Углеродная функция" экосистем служит интегральным показателем соотношения основных процессов, происходящих в живых системах, – фотосинтеза и дыхания. Природный баланс этих процессов, как показали количественные исследования, существенно нарушен человеком, и способность экосистем аккумулировать растущие антропогенные выбросы углекислого газа, вероятно, близка к пределу. Во второй половине прошлого и начале нынешнего века аккумуляция углерода в экосистемах повышалась медленнее, чем его антропогенная эмиссия [18]. Несмотря на увеличение с 1981 по 2003 г. суммарных глобальных показателей активности фотосинтеза на суше на 3,8%, происходит расширение территорий, где она устойчиво снижается. В 1991 г. снижение биопродуктивности было отмечено на 15% территории суши, а в начале 2000-х годов – на 24% [19].

Беспрецедентно высокие темпы развития мировой экономики и глобальных изменений среды в XX в. радикально изменили мир за несколько последних десятилетий – на глазах ныне живущего поколения людей. С 1960 по 2000 г. население мира удвоилось с 3 до 6 млрд. человек, в 2009 г. оно составило 6.8 млрд., а глобальный ВВП за тот же период вырос почти в 6 раз. Производство продовольствия увеличилось в 2–2.5 раза, производство первичной энергии – в 2.9 раза (7).

Период демографического перехода от гиперболического роста численности населения к её стабилизации совпадает с радикальной перестройкой механизмов развития цивилизации и с качественными изменениями системы взаимоотношений "человек – биосфера". Хотя принцип «демографического императива» [20] утверждает, что этот переход определяется не ограничением внешних ресурсов, а законами саморазвития цивилизации, сегодня уже очевидно, что исчерпаемость биосферных ресурсов начинает влиять на дальнейшее развитие цивилизации.

Расширение ресурсной базы человечества реализуется за счёт новых технологий (новые источники энергии, ресурсосберегающие технологии). "Технологический императив" гласит, что численность людей не может превысить пределы, задаваемые освоенной технологической нишей [21]. Технологические инновации были ведущим фактором экономического роста во второй половине XX в.: с 1947 по 1973 г. использование новых технологий обеспечило до 2/3 роста ВВП в странах Организации экономического сотрудничества и развития [7]. Однако развитие технологий не снимает глобальные экологические ограничения, а наоборот, во многих случаях усиливает их. В ходе научно-технической революции появились новые отрасли, многократно увеличившие потребление ресурсов, например такие водоёмкие, как атомная энергетика и химия полимеров [13]. При интенсификации сельского хозяйства возрастает "экологическая цена" производства продукции и давление на окружающую среду [7, 9].

Современные темпы развития ресурсосберегающих технологий не могут компенсировать усиление техногенного давления на природу. В то же время нынешний научно-технический уровень развития не позволяет решать задачу полномасштабной замены природных регуляторных механизмов среды искусственными аналогами. В частности, до сих пор не создана замкнутая система жизнеобеспечения даже для одного или нескольких человек.

Сегодня развитие человечества, наряду с демографическим и технологическим императивами, определяется также "экологическим императивом", о котором писал Н.Н. Моисеев, поскольку проблема взаимоотношений общества и природы становится фактором, формирующим основные контуры цивилизации.

Экономический рост и улучшение жизни людей во второй половине XX столетия во многом достигнуты за счёт истощения природных ресурсов и деградации регуляторных функций экосистем (7). Сегодня жестабилизация среды и климатические изменения приводят к возникновению социально-экономических конфликтных ситуаций в разных странах мира. Существенное значение имеют климатические изменения и для перспектив социально-экономического развития и экологической безопасности России, что подчеркнуто в Оценочном докладе "Об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации" (2008) [22] и в проекте Климатической доктрины Российской Федерации (2009).

Климатическая нестабильность повышает в ближайшем будущем вероятность локальных и глобальных продовольственных кризисов. Прогнозируются снижение устойчивости сельскохозяйственного производства из-за увеличения частоты сверхжарких периодов [23], неравномерности выпадения осадков и усиления дефицита воды, особенно в регионах, где ослаблена водорегулирующая функция природных экосистем [24].

Масштабное сокращение площади природных экосистем, сопровождающееся уничтожением биологического разнообразия на планете, неизбежно ведёт к снижению их регуляторного потенциала [5, 10]. Человек уже уничтожил или сильно изменил половину продуктивных экосистем суши (территорий, покрытых растительностью), то есть вывел из строя половину "биосферной машины" регуляции среды. Если раньше последствия антропогенных нарушений экосистем приводили к экологическому ущербу в локальном и региональном масштабах, то сегодня становятся очевидными глобальные последствия этого процесса [7, 8].

Амстердамская декларация 2001 г. подчёркивает, что по ряду ключевых параметров масштабы изменений природы Земли беспрецедентны и перекрывают границы, отмеченные по меньшей мере за последние полмиллиона лет. Сегодня Земля функционирует в новом состоянии, которое В.И. Вернадский ещё в первой половине XX в. охарактеризовал, как ноосферу в силу того, что деятельность человека стала крупнейшим геологическим фактором. В последнее время активно обсуждается вопрос о выделении новой геохронологической эпохи – "антропоцена" [25] (хотя представления о наступлении антропогенной эры, или "царства человека" высказывались ещё в 18 - 19 вв. Ж. Бюффоном и Л. Агассисом).

ЗНАЧЕНИЕ РЕГУЛЯТОРНЫХ ФУНКЦИЙ ЭКОСИСТЕМ

Ресурсная роль живой природы определяется прежде всего её средообразующими функциями, которые обеспечивают баланс глобальных процессов масс-энергетического обмена, регуляцию темпов биологического круговорота вещества и энергии в воздушной, водной и наземной сферах и создают благоприятную стабильную среду для жизни и здоровья человека.

Поэтому основной экономически оправданной формой использования живой природы является сохранение и восстановление её средообразующих функций, способности к самовоспроизводству и устойчивости в условиях природных и антропогенных изменений. Представления о механизмах природной регуляции среды как необходимого условия существования человечества базируются, с одной стороны, на глобальных концепциях биосферы В.И. Вернадского, Геи Дж. Лавлока, биотической регуляции среды [26], с другой - на экологических исследованиях регуляторных механизмов внутри популяций, видов, сообществ и экосистем, позволивших конкретизировать представления об их средообразующих функциях.

Основными средообразующими функциями природных биосистем и экосистем являются следующие:

- поддержание биогеохимических циклов вещества;
- поддержание газового баланса и влажности атмосферы;
- стабилизация климатических показателей (включая снижение интенсивности экстремальных природных явлений – наводнений, засух, жары, ураганов, тайфунов и др.);
- формирование устойчивого гидрологического режима и самоочищение природных вод;
- формирование биопродуктивности почв;
- биологическая переработка органических остатков и обезвреживание отходов;
- биологический контроль сообществ и видов организмов, имеющих важное хозяйственное и медицинское значение.

Изучение структурно-функциональной организации биотических сообществ экосистем показало, что устойчивость природных биосистем и эффективность их функций, в том числе и средообразующих, определяются разнообразием на популяционном, видовом, ценоотическом и биосферном уровнях [5]. Поэтому всё существующее на Земле природное биологическое разнообразие следует рассматривать как ключевой биосферный ресурс.

С экономической точки зрения, разрушение экосистем и их функций следует рассматривать как потерю основных ресурсных фондов. В последние годы в разных странах мира развиваются механизмы включения в реальную экономику экосистемных функций. Оценка "чистых национальных сбережений" разных стран, проведённая Всемирным банком, показала, что включение потерь, связанных с нарушением природных сообществ, в интегральные экономические показатели, может существенно изменить национальный баланс стран [7]. Временный рост ВВП, достигнутый за счет чрезмерной эксплуатации природных ресурсов, оборачивается утратой природного капитала страны и возможностей ее устойчивого развития в будущем.

ЭКОЛОГОЦЕНТРИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Представление о том, что ресурсы планеты не могут поддерживать неограниченный рост населения и его потребностей, сложилось давно. Достаточно вспомнить работы Т. Мальтуса, "Диалектику природы" Ф. Энгельса, модели Д. Форрестера и Д. Медоуза, сделанные по программе Римского клуба, прогнозы Н.Н. Моисеева. Вопрос заключался в определении предела способности биосферы к поддержанию определённой численности людей и объёмов потребления ими ресурсов, иными словами, в определении "ёмкости биосферы".

Современное состояние основных ресурсов биосферы, включая природный ресурс регуляции среды, свидетельствует, что человечество вплотную подошло к предельному рубежу, хотя точных значений ёмкости биосферы мы не знаем. В частности, несмотря на активные исследования в области климатологии, отсутствует возможность надёжного и однозначного прогноза реакции биоты и её углеродаккумулирующей функции на современный климатический тренд.

Скорость разрушения биосферы превышает скорость её познания. По некоторым оценкам, систематиками описано лишь около 10–15% видов живых организмов, и большинство исчезающих видов остаётся неизвестными науке. Некоторые типы экосистем, например европейские степи, практически уничтожены, их фрагменты сохранились лишь на охраняемых природных территориях. В таких условиях, даже при отсутствии точных оценок ёмкости биосферы и прогноза её развития, необходимо принятие радикальных мер, направленных на снижение потребления ресурсов биосферы и восстановление природных экосистем. Эта позиция

соответствует "принципу предосторожности", сформулированному в декларации Рио-де-Жанейро 1992 г., который предполагает применение эффективных мер по охране окружающей среды в случаях угрозы серьёзного или необратимого ущерба даже в отсутствие полных научных данных.

Чтобы преодолеть современный экологический кризис, следует изменить на государственном и международном уровнях принципиальные подходы к природопользованию и приоритеты значимости регуляторных функций биотических сообществ. Для этого необходима разработка новой концепции природопользования, которая по своей сути является экологоцентрической, так как выдвигает на первый план задачу оценки, сохранения и использования средообразующих функций живой природы. В данной публикации мы только ставим задачу разработки такой концепции, и в качестве первого шага для начала обсуждения предлагаем вариант её основных положений.

- Ключевым природным ресурсом следует считать всю живую природу (сообщества, виды, популяции), средообразующие функции которой обеспечивают регуляцию условий среды и стабилизацию биосферного баланса. Этот ресурс должен иметь статус экономической категории.

- Биологическое разнообразие служит основой устойчивого и эффективного функционирования биологических систем жизнеобеспечения на планете.

- Приоритетная задача управления природными биосистемами – это поддержание и восстановление их средообразующих функций.

- Система нормативных показателей состояния среды и воздействия человека на среду должна включать характеристики средообразующих функций природных биосистем. В экологической экспертизе любого хозяйственного проекта (в том числе биотехнологических и нанотехнологических) необходимо предусмотреть оценку его влияния на средообразующие функции природных биосистем.

- Задача увеличения получения биопродукции должна решаться прежде всего за счет искусственных экологически безопасных биопродукционных систем; использование биопродукции природных экосистем (промысел рыбы и морепродуктов, добыча древесины) допустимо лишь при условии сохранения их структуры и средообразующих функций.

Разработка новой стратегии природопользования должна осуществляться на государственном уровне и включать законодательно-правовую, научно-технический и научно-исследовательский блоки, необходимые для её реализации.

ОБОСНОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

В отличие от других природных ресурсов, эксплуатация которых ведёт к нарушению или уничтожению природных экосистем, использование регуляторных функций биотических сообществ не только позволяет, но и требует сохранения структурно-функциональной организации экосистем. Поскольку подавляющее большинство современных форм природопользования сопряжено с нарушением природных сообществ и популяций, принципиальными являются вопросы о том, как эффективность средообразующих функций зависит от уровня нарушений экосистем и в какой степени антропогенно модифицированные экосистемы могут выполнять средообразующие функции. Поисками ответа на эти вопросы традиционно занимаются специалисты различных научных направлений (лесоведения, гидробиологии, почвоведения и др.), но как самостоятельная целостная задача они стали рассматриваться только в последнее время.

Общие представления о роли биологического разнообразия в осуществлении экосистемных функций и их изменении в ходе развития экологических сообществ (сукцессий) позволяют предположить, что эксплуатация экосистем человеком, связанная с изъятием из них биомассы, нарушением структуры или переводом в более ранние сукцессионные стадии ведет к ослаблению функций по регуляции среды. Многочисленные исследования показали что нарушение природного видового разнообразия ведет к снижению большинства индексов экосистемного функционирования [5]. В ходе сукцессии экологических сообществ максимизируется замкнутость циклов элементов питания, совершенствуются механизмы биоценотической регуляции, стабилизируется внутренняя среда сообщества. Поэтому ненарушенные климаксные сообщества

обладают наиболее совершенными средообразующими механизмами. Нарушения сообществ с большой вероятностью ведут к снижению их средообразующих функций. К аналогичным выводам можно прийти также на основе представлений о роли информации в природных системах [1, 26] и оптимальном разнообразии биосистем [27].

Ниже приведено несколько примеров ослабления климаторегулирующей и водорегулирующей функций при антропогенных нарушениях экосистем.

Нарушения углеродного цикла. Роль экосистемы как стока или источника углерода определяется соотношением поглощения углерода в ходе фотосинтеза и суммарного дыхания сообщества, к которому также надо прибавить выделение углерода при пожарах и изъятие его из экосистемы человеком. Дыхание природных экосистем во много раз превосходит объёмы всей антропогенной эмиссии углерода. Нарушения растительности (при вырубках, пожарах, ветровалах и др.), дренирование заболоченных экосистем, как правило, ведут к усилению процессов разложения органики в почве и мортмассе и выделению углекислоты. В наземных экосистемах зоны умеренного климата дыхание почвы составляет больше половины суммарного дыхания, а запас углерода в почвах в несколько раз превышает его содержание в фитомассе. Поэтому процессы, происходящие в почве, следует рассматривать как ключевой регулятор углеродного цикла, который до сих пор не учитывается должным образом в расчётах. Анализ данных о потоках углекислого газа между экосистемами и атмосферой в разных типах экосистем мира показал наличие достоверного повышения интенсивности выделения углерода нарушенными экосистемами по сравнению с ненарушенными (рис. 1) [28].

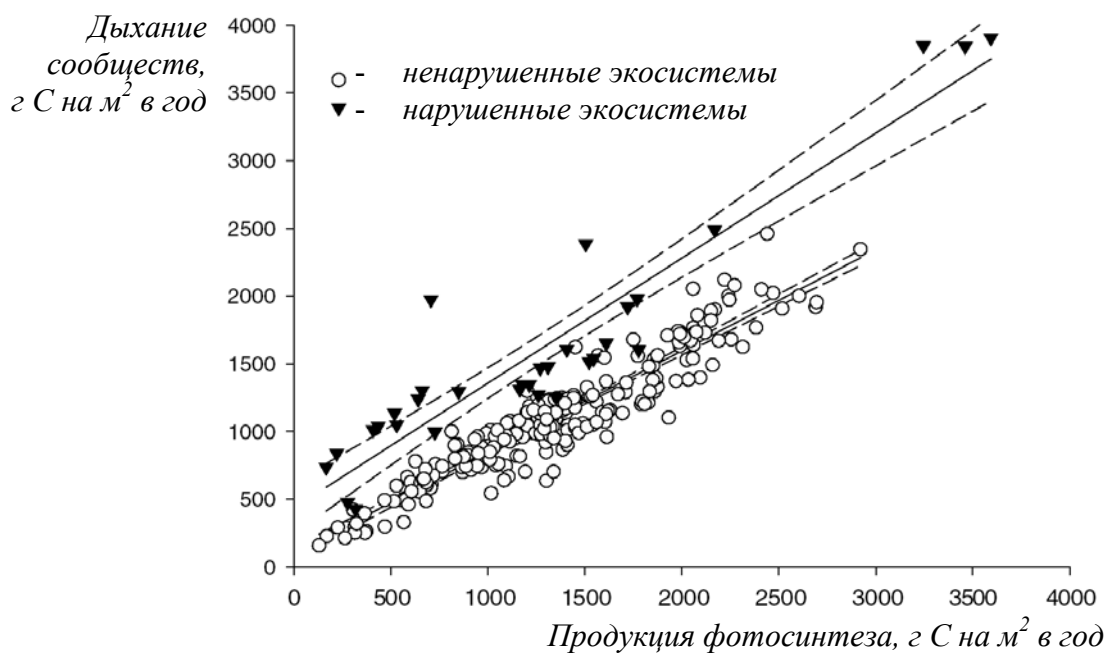


Рис. 1. Соотношение выделения и поглощения углерода при дыхании и фотосинтезе в нарушенных и ненарушенных экосистемах [28]. Светлые кружки – ненарушенные экосистемы, тёмные треугольники – нарушенные экосистемы

Нарушения экосистемной регуляции углеродного цикла связаны с изменениями структуры экосистем в результате изъятия части биомассы. Известно, что в ходе экологических сукцессий (последовательные смены сообществ на определённой территории, например, при первичном почвообразовании, восстановлении растительности на вырубках, залежах, лесовосстановлении) максимизируется замкнутость циклов элементов питания, диверсифицируются механизмы биоценотической регуляции, стабилизируется внутренняя среда сообщества. Ненарушенные зрелые (климаксные) сообщества, обладающие наиболее совершенными регуляторными механизмами, способны сохраняться неопределённо долго без вмешательства извне.

Запас углерода в экосистеме (биомассе, мортмассе, почве, торфе или донных осадках) максимален в климаксных сообществах. При нарушениях зрелых экосистем, связанных с изъятием биомассы, они возвращаются к более ранним сукцессионным стадиям. При этом

существенная часть накопленного в экосистеме углерода выходит в атмосферу (рис. 2). После пожаров, рубок или повреждений насекомыми леса на несколько лет превращаются в источники углерода. Например, после обширных пожаров в 2002 г. в канадских лесах эмиссия углерода превысила его сток, и в дальнейшем прогнозируется сохранение этого соотношения в связи с увеличением числа пожаров, вызванных изменениями климата [29].

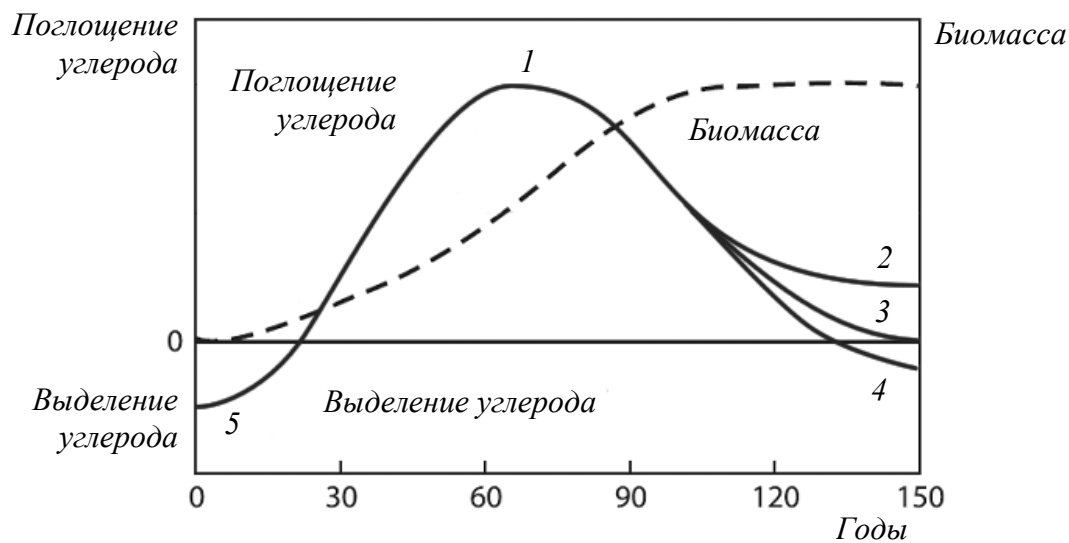


Рис. 2. Многолетняя динамика биомассы (пунктирная линия) и аккумуляции углерода (сплошная линия) при восстановлении леса после рубки [33]. 1 – максимальная скорость аккумуляции углерода на средних стадиях сукцессии; 2 – аккумуляция углерода климаксным сообществом; 3 – переход к балансу скоростей аккумуляции/эмиссии углерода; 4 – выделение углерода при изменениях климата и водного режима; 5 – выделение углерода на начальных стадиях сукцессии после вырубki или пожара

Следует отметить, что леса России, как и вся территория страны в целом, остаются аккумулятором углерода [30–32], регулирующим газовый состав атмосферы в масштабах континента и мира в целом. Таёжная область Евразии считается одним из основных стабилизирующих центров планеты наряду с тропическими лесами Африки и Южной Америки.

Наибольшие выбросы углерода наблюдаются, когда нарушается биодинамика болотных и заболоченных почв. В частности, осушение торфяных болот, которое активно проводится в последние годы в тропиках (прежде всего в Юго-Восточной Азии), превращает торфяники в один из мощных источников эмиссии углерода в атмосферу [33].

Нарушения регуляции водного режима территорий. Леса испаряют огромное количество влаги, формируя режим циркуляции воздушных масс, осадков и температуры в региональном, континентальном и глобальном масштабах. Особенно важную роль они играют в формировании гидрологического режима равнинных территорий, удалённых от океана [34], что отмечалось ещё в начале прошлого века [35].

На примере бассейна Амазонки показано, что при масштабном сведении лесов имеется тенденция к уменьшению речного стока, сокращению суммы осадков, иссушению и потеплению регионального климата [36]. В результате кумулятивного действия глобальных климатических изменений и хозяйственного освоения территории этот крупнейший в мире массив лесов в ближайшее время может перейти через "критическую точку", после чего начнётся необратимый процесс замены лесов травянистыми и саванноподобными сообществами [37]. В Китае масштабное сведение лесов во второй половине XX в. причинило огромный экономический ущерб (12% ВВП), вызванный в основном деградацией их средообразующих функций, прежде всего проявившейся в сокращении осадков и речного стока (рис. 3) [38]. Обезлесение обширных территорий трансформирует не только региональный климат, но и глобальную климатическую систему [39].

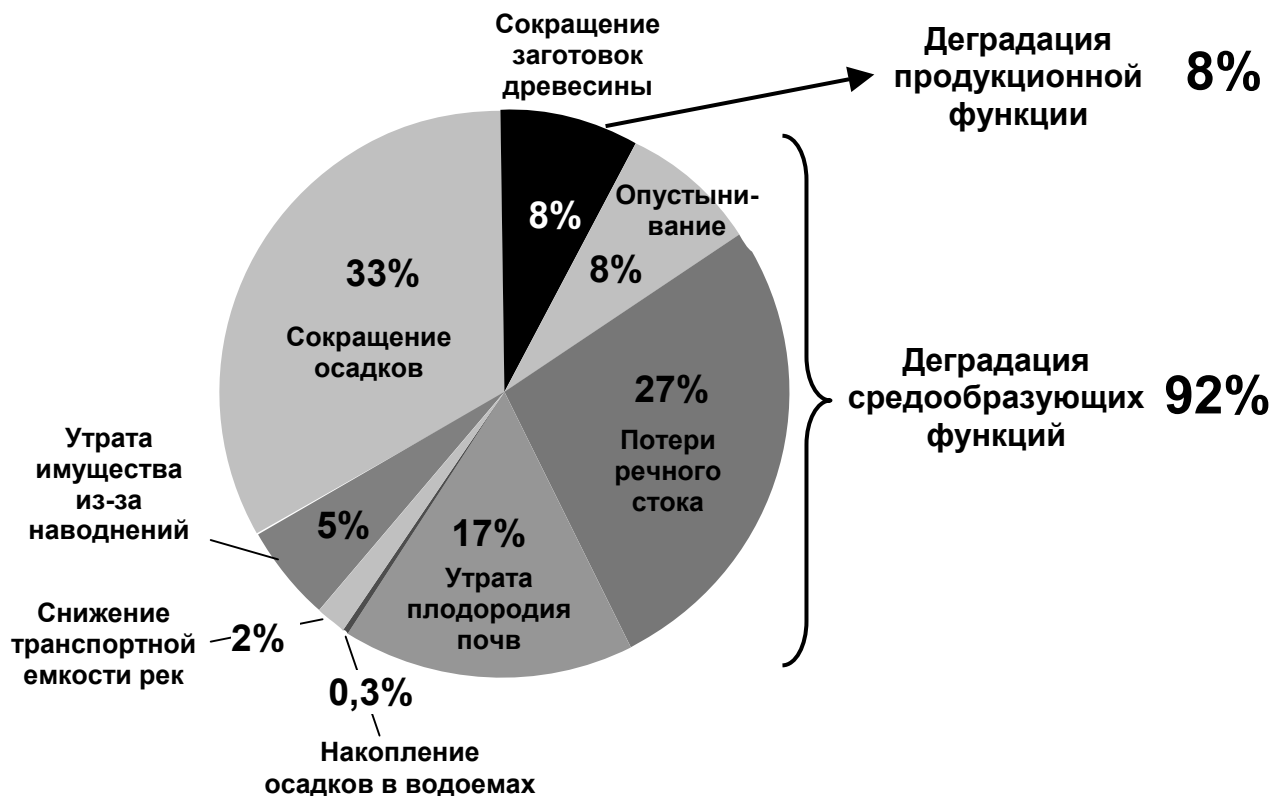


Рис. 3. Структура экономического ущерба от уничтожения лесов в Китае, начало 1990-х гг. [38]

Не менее важна в формировании гидрологического режима роль болот. Заболоченные леса и верховые болота с дождевым питанием – источники речного и подземного стока на равнинах. Они рассматриваются как приоритетные экосистемы для регуляции водного режима и поддержания водных ресурсов [40].

Необходимость учета средообразующих функций при управлении экосистемами. В последние годы быстро развивается такая форма преобразования природных экосистем, как геоинженерные проекты, направленные прежде всего на борьбу с глобальным потеплением. Это удобрение океанов, укрытие ледников отражающими материалами, увеличение альbedo поверхности Земли за счёт культивирования определённых видов растений, вырубка деревьев и кустарников в снежных регионах, создание лесопосадок на месте вырубленных лесов и др. Но в ряде случаев попытки искусственного увеличения биопродуктивности и сохранения климатической стабильности без учёта изменений всего комплекса средообразующих функций экосистем приводят к дополнительным экологическим проблемам.

Масштабная реализация геоинженерных проектов в условиях недостатка знаний о взаимодействии биоты и климата и при отсутствии надёжных прогнозов изменения всех средообразующих функций экосистем может повлечь за собой непредсказуемые последствия. Следует помнить, что любые изменения структуры природных биосистем неизбежно изменяют и их регуляторные функции. Экологическая концепция природопользования, основываясь на приоритетной ценности средообразующих функций природных биосистем, ставит вопрос о коррекции целей управления этими функциями. Например, в последние десятилетия в разных странах осуществлялись проекты создания искусственных лесонасаждений в целях аккумуляции углерода. Создание в условиях аридного климата лесопосадок из быстрорастущих пород деревьев, чужеродных для данного региона, привело к существенному сокращению стока рек (рис.4) [8, 41]. В ряде регионов, например в ЮАР, начата активная работа по преодолению негативных последствий от распространения чужеродных видов деревьев и восстановлению типичных для этого региона кустарниковых и травяных сообществ [42].

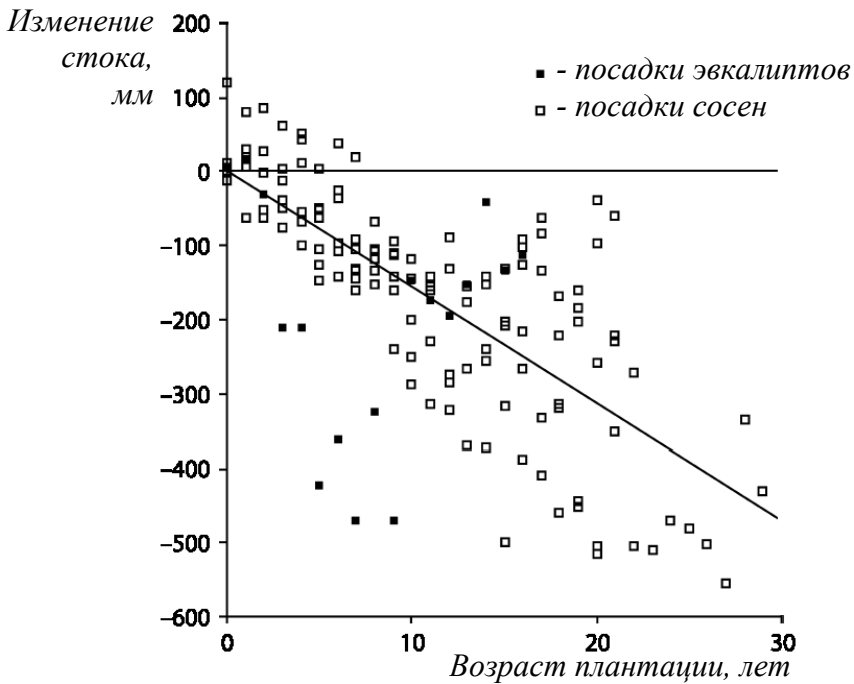


Рис. 4. Изменения речного стока в зависимости от возраста плантаций, данные по 26 водосборным бассейнам, 504 годовых наблюдения [41]. Тёмные квадраты – посадки эвкалиптов, светлые – посадки сосен

Одним из способов решения климатической проблемы считается производство биотоплива. В этих целях расширяются плантации сахарного тростника (Бразилия), масличной пальмы (Индонезия) и других культур [43]. Однако исследования газового баланса,

проведённые в разных регионах (Южная Америка, Юго-Восточная Азия, США), показали, при переводе природных экосистем в плантации в атмосферу выделяются большие потоки парниковых газов из почв, торфа и подстилки. Эта эмиссия в десятки и сотни может превышать аккумуляцию углерода в полученной продукции, в зависимости от выращиваемой культуры и эдафоклиматических условий. Например, что в Амазонии и Малайзии для возмещения эмиссии углерода полученным биотопливом потребуется 300–400 лет (рис. 5) [44].

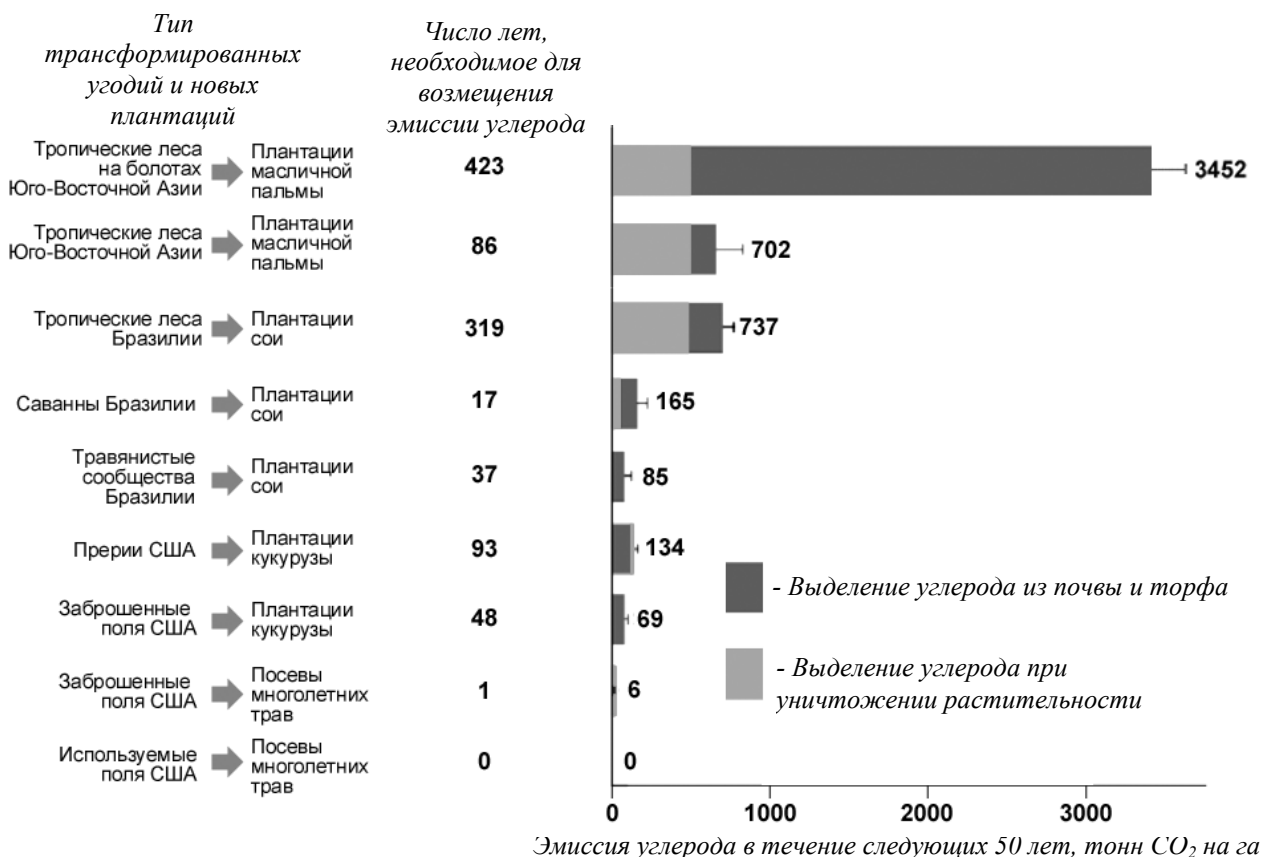


Рис. 5. Выделение углерода при преобразовании природных экосистем в плантации биотоплива [44]. Тёмный фон соответствует уровню выделения углерода из почвы и торфа, светлый – уровню выделения углерода при уничтожении растительности

В России развиваются проекты производства топлива из древесины и торфа (сайт Российской национальной биотопливной ассоциации). Эти проекты требуют специальной экспертизы для оценки их воздействия на средообразующие функции болотных и лесных экосистем. В частности, при планировании торфоразработок необходимо учитывать последствия разрушений водорегулирующей роли болот и дополнительные выбросы углерода в атмосферу, которые с большой вероятностью могут превысить "углеродную" цену полученного топлива.

Использование биологических ресурсов неизбежно выявляет противоречие между задачей получения максимального устойчивого урожая и задачей поддержания их средообразующих функций [27]. Стратегии управления биосистемами для достижения этих целей различны. Например, для максимизации изъятия биомассы из природного сообщества оптимальны ранние и средние стадии его сукцессии, характеризующиеся высокими показателями продуктивности, а для сохранения средообразующих функций, оптимальны ненарушенные климаксные стадии. При эксплуатации отдельных популяций стратегия снятия максимального устойчивого урожая ориентирована на возможно более полное использование ее продукции. Это приводит к сильному сокращению потока энергии через популяцию и ослабляет её экосистемные функции.

При ресурсной эксплуатации природных биосистем с учётом их средообразующих функций стратегия управления должна смещаться с задачи получения максимального устойчивого урожая на оптимальное сочетание задач сохранения средообразующих функций и получения биопродукции.

Одним из путей преодоления противоречия между целями получения полезной для человека продукции и сохранения экосистемных функций сегодня считаются различные технологии ведения сельского и лесного хозяйства, предусматривающие частичное сохранение или имитацию природных процессов (устойчивое лесное хозяйство, "органическое" сельское хозяйство, адаптивное сельское хозяйство и др.) [8]. Однако до сих пор не ясно, какая стратегия является оптимальной - совмещения задачи получения полезной биопродукции с задачей сохранения регуляторных механизмов биосистем или разделения этих задач между ненарушенными природными экосистемами и высокотехнологичными замкнутыми производствами. Пока этот вопрос не решен, «экологически дружелюбные» варианты ведения хозяйства могут приветствоваться на уже освоенных человеком территориях (например, развитие устойчивого лесного хозяйства в старых лесопромышленных регионах), но не могут считаться основанием для хозяйственного освоения ненарушенных природных экосистем.

Эти примеры показывают необходимость комплексного учёта средообразующих функций при эксплуатации природных экосистем и популяций и создании с разными целями искусственных экосистем.

* * *

Экологоцентрическая концепция природопользования должна стать поворотным моментом в отношении к природным системам регуляции биосферных процессов, сформированным современным биологическим разнообразием. Согласно концепции, природные системы – это ключевой биосферный ресурс, который обеспечивает возможность существования человека в настоящем и будущем.

Россия обладает крупнейшим потенциалом природных экосистем, средообразующие функции которых составляют основу регуляции биосферных процессов в масштабах страны, континента и планеты в целом. Понимание ценности этого глобального ресурса и включение его в процесс планирования и принятия экономических и политических решений будет важным шагом на пути к устойчивому развитию национального и международного сообщества. Экологоцентрическая концепция природопользования необходима для обеспечения экологической безопасности, улучшения качества жизни и здоровья населения, перехода экономики от сырьевого к инновационному типу развития. Она позволит обеспечить лидерство России в быстроразвивающейся системе международных отношений в области экологии, так как в будущем место стран в мире будет в значительной степени определяться их вкладом в поддержание биосферного баланса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков В.Г., Макарьева А.М., Лосев К.С. В повестке дня – стратегия выживания человечества // Вестник РАН. 2006. № 4.
2. Заварзин Г.А. Антипод ноосферы // Вестник РАН. 2003. № 7.
3. Залиханов М.Ч., Лосев К.С., Шелехов А.М. Естественные экосистемы – важнейший природный ресурс человечества // Вестник РАН. 2006. № 7.
4. Касимов Н.С., Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С. Концепция устойчивого развития: восприятие в России // Вестник РАН. 2004. № 1.
5. Павлов Д.С., Букварёва Е.Н. Биоразнообразие, экосистемные функции и жизнеобеспечение человечества // Вестник РАН. 2007. № 11.
6. Свердлов Е.Д. Возвращение преподобного Томаса Мальтуса // Вестник РАН. 2004. № 9.
7. Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human wellbeing: synthesis. Washington: Island Press, 2005.
8. Foley J.A., DeFries R., Asner G.P. et al. Global consequences of land use // Science. 2005. V. 309. P. 570–574.
9. Жученко А.А. Эколого-генетические основы продовольственной безопасности России. М.: РБОФ "Знание" им. С.И. Вавилова, 2008.
10. Павлов Д.С., Стриганова Б.Р., Букварёва Е.Н. Ресурсы биосферы и необходимость новой концепции природопользования // Сборник докладов РАН. М., 2009 (в печати).
11. The state of world fisheries and aquaculture. Rome: FAO, 2008.
12. Worm B., Barbier E.B., Beaumont N. et al. Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services // Science. 2006. V. 314. P. 787–790.
13. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды и её дефицит: экологический аспект // Глобальные экологические проблемы России / Отв ред. Яншина Ф.Т. М.: Наука, 2008. С. 5–27.
14. Global environment outlook 4 (GEO4). Environment for development. United Nations Environment Programme (UNEP) 2007.
15. Живая планета – 2008. М.: Всемирный фонд дикой природы, 2008.
16. Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. Rome: FAO, 2006.
17. Meinshausen M., Meinshausen N., Hare W. et al. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C // Nature. 2009. V. 458. P. 1158–1162.
18. Canadell J.G., Le Quere C., Raupach M.R. et al. Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 2007. V. 104. P. 18866–18870.
19. Bai Z.G., Dent D.L., Olsson L., Schaepman M.E. Global assessment of land degradation and improvement 1: identification by remote sensing. (Report 2008/01). Rome–Wageningen: FAO/ISRIC, 2008.
20. Капица С.П. Теория роста населения Земли. Очерк принципа демографического императива. М.: Московский физико-технический институт, 1997.
21. Махов С.А. Устойчивое развитие с точки зрения технологического императива // Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. 2006. http://www.keldysh.ru/papers/2006/prep63/prep2006_63.html.
22. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2008.
23. Battisti D.S., Naylor R.L. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat // Science. 2009. V. 323. P. 240–244.
24. Climate change and water. Technical paper of the Intergovernmental panel on climate change. Eds.: Bates B.C., Kundzewicz Z.W., Wu S., Palutikof J.P. Geneva: IPCC Secretariat, 2008.
25. Crutzen P.J., Stoermer E.F. The "Anthropocene" // IGBP Newsletter. 2000. № 41.

26. Горшков В.В., Горшков В.Г., Данилов-Данильян В.И. и др. Биотическая регуляция окружающей среды // Экология. 1999. № 2. С. 105-113.
27. Букварёва Е.Н., Алещенко Г.М. Принцип оптимального разнообразия биосистем и стратегия управления биоресурсами // Государственное управление в XXI веке: традиции и инновации. М.: ФГУ МГУ, РОССПЭН, 2006. С. 204–210.
28. Baldocchi D. “Breathing” of the terrestrial biosphere: lessons learned from a global network of carbon dioxide flux measurement systems // Australian Journal of Botany. 2008. V. 56. P. 1–26.
29. Kurz W.A., Stinson G., Rampley G.J., Dymond C.C., Neilson E.T. Risk of natural disturbances makes future contribution of Canada’s forests to the global carbon cycle highly uncertain // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 2008. V.105. P.1551–1555.
30. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н., Честных О.В. Динамика пулов и потоков углерода на территории лесного фонда России // Экология. 2005. № 5.
31. Четвёртое национальное сообщение Российской Федерации, представляемое в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной конвенции ООН об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола. М.: Росгидромет, 2006.
32. Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник РАН. 2006. № 1.
33. Canadell J.P., Pataki D.E., Gifford R. et al. Saturation of the terrestrial carbon sink // Terrestrial Ecosystems in a Changing World. Global Change - The IGBP Series. / Eds.: Canadell J.G. et al. Springer, 2007. P.59–78.
34. Горшков В.Г., Макарьева А.М. Биотический насос атмосферной влаги, его связь с глобальной атмосферной циркуляцией и значение для круговорота воды на суше. Гатчина: Петербургский институт ядерной физики РАН, 2006. (Препринт).
35. Берг Л.С. Климат и жизнь. М.: Госиздат, 1922.
36. Foley J.A., Asner G.P., Costa M.H. et al. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon basin // Frontiers in Ecology and the Environment. 2007. V. 5. P. 25–32.
37. Nepstad D.C., Stickler C.M., Soares-Filho B., Merry F. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point // Philosophical transactions of the royal society B: biological sciences. 2008. V. 363. P. 1737–1746.
38. Yu-shi M., Datong N., Guang X., Hongchang W., Smil V. An assessment of the economic losses resulting from various forms of environmental degradation in china. Cambridge: American Academy of Arts and Sciences and the University of Toronto, 1997. (<http://www.library.utoronto.ca/pcs/state/china.htm>)
39. Hasler N., Werth D., Avissar R. Effects of tropical deforestation on global hydroclimate: a multimodel ensemble analysis // Journal of Climate. 2009. V. 22. P. 1124–1141.
40. Forests and water. Rome: FAO, 2008.
41. Jackson R.B., Farley K.A., Hoffmann W.A. et al. Carbon and water tradeoffs in conversions to forests and shrublands // Terrestrial ecosystems in a changing world / Eds.: Canadell J.G. et al. Springer, 2007. P. 237–246.
42. Postel S. The forgotten infrastructure: safeguarding freshwater ecosystems // Journal of International Affairs. 2008. V. 61. P.75–90.
43. The state of food and agriculture. Biofuels: prospects, risks and opportunities. Rome: FAO, 2008.
44. Fargione J., Hill J., Tilman D. et al. Land clearing and the biofuel carbon debt // Science. 2008. V. 319. P. 1235–1238