

Экономика экосистем и биоразнообразия: потенциал и перспективы стран Северной Евразии. Материалы совещания "Проект ТЕЕВ – экономика экосистем и биоразнообразия: перспективы участия России и других стран ННГ" (Москва, 24 февраля 2010 г.). М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2010. С. 7–19.

СРЕДООБРАЗУЮЩИЕ ФУНКЦИИ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ И ЭКОЛОГОЦЕНТРИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Д.С. Павлов, Е.Н. Букварева
ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцова

Средообразующие функции живой природы являются самыми важными для человечества и биосферы в целом, поскольку создают и поддерживают пригодные для человека условия среды на Земле. Однако именно ключевая ценность средообразующих функций в наименьшей степени учитывается современной экономикой.

Основой эффективности и устойчивости экосистемных функций является биологическое разнообразие - как видовое, так и внутривидовое. При любых нарушениях структуры и биоразнообразия следует ожидать деградации экосистемных услуг.

Средообразующие функции природных экосистем оказывают непосредственный экономический эффект на большинство отраслей хозяйства и обеспечивают стабильность условий среды, без которой невозможно экономическое развитие. На локальном уровне замещение экосистемных функций техническими средствами во многих случаях оказывается дороже, чем восстановление природных экосистем. Задача же полномасштабной замены природных средообразующих функций искусственными аналогами превышает возможности современной цивилизации.

Сегодня необходим переход к новой экологоцентрической концепции природопользования, которая выдвигает на первый план ключевую ценность средообразующих функций живой природы и необходимость ее интеграции в экономику.

1. Ключевая ценность средообразующих функций живой природы

Живая природа выполняет жизненно важные для человека функции, без которых мы не смогли бы существовать на Земле. В Национальной Стратегии сохранения биоразнообразия России они определены как средообразующие¹, продукционные, информационные и духовно-эстетические функции.

Сегодня в экономике лучше всего учитывается ценность продукционной функции – в тоннах, кубометрах, миллиардах долларов. Последние годы быстро развиваются механизмы интеграции ценности информационных функций биоразнообразия в экономику. Объемы мировых рынков генетических ресурсов и экологического туризма² сегодня уже сопоставимы с мировой торговлей морепродуктами и древесиной, а по данным проекта ТЕЕВ, объем рынка генетических ресурсов уже превышает рынки морепродуктов и древесины.

Наименее развиты механизмы учета экономической ценности средообразующих функций живой природы. А между тем, именно эти функции являются самыми важными для человечества и биосферы в целом, поскольку непрерывная деятельность живых организмов создает и поддерживает пригодные для жизни человека условия среды на Земле.

Основными средообразующими функциями природных биосистем являются следующие:

- поддержание биогеохимических циклов вещества;
- поддержание газового баланса и влажности атмосферы,
- стабилизация климатических показателей,

¹ В международных документах средообразующие функции делятся на «поддерживающие» и «регулирующие»

² Экономическое значение экологического туризма можно отнести к использованию прежде всего информационных функций биоразнообразия, так как основным «товаром» в этом случае является красота нетронутой природы, уникальные природные объекты, возможность наблюдения за растительным и животным миром. Если же говорить о возможностях оздоровительного отдыха людей на природе, в том числе в различных пансионатах, санаториях и на курортах, то тут первостепенное значение имеют средообразующие функции.

- формирование устойчивого гидрологического режима территорий и самоочищение природных вод;
- формирование биопродуктивности почв и защита их от эрозии;
- уменьшение интенсивности экстремальных природных явлений (наводнений, засух, жары, ураганов и др.) и ущерба от них;
- биологическая переработка и обезвреживание отходов;
- биологический контроль структуры и динамики биотических сообществ и отдельных видов, имеющих важное хозяйственное и медицинское значение.

Сегодня основное внимание привлечено к проблеме парниковых газов и потокам углерода, в первую очередь – к антропогенным выбросам CO₂. Однако антропогенные выбросы составляют лишь несколько процентов (3,4% по данным МГЭИК³, 2007) от общего потока углерода в биосфере. Например, микробное разложение органики в почве – основной путь возврата углерода из наземных экосистем в атмосферу - в 7 раз больше его промышленной эмиссии (Заварзин, Кудеяров, 2006). Запасы углерода в биомассе, почве, верхнем слое мерзлоты и торфа в тысячи раз превышают мощность антропогенных потоков. Таким образом, основным регулятором глобального углеродного цикла являются природные экосистемы, и даже небольшое (относительно их общей мощности) изменение их функций окажет настолько сильное влияние на концентрацию парниковых газов в атмосфере, что может свести на нет все усилия по сокращению их промышленных выбросов. К сегодняшнему дню человек снизил мощность наземной части природной системы регуляции углеродного цикла почти наполовину, уничтожив или нарушив существенно большую часть продуктивных наземных экосистем. Этот фактор играет важную роль современных процессах разбалансировки климатической системы Земли.

Однако «углеродная» функция – не единственная, а может быть, даже не главная средообразующая функция природных экосистем. Не менее важны биогеофизические функции экосистем по регуляции потоков энергии и влаги между поверхностью Земли и атмосферой.

Один из наиболее ярких примеров влияния растительности на региональный климат можно наблюдать на юго-западе Австралии, где сельскохозяйственные поля огорожены забором для защиты от вредителей (т.н. «кроличья изгородь»). В результате образовались примыкающие друг к другу и четко разграниченные обширные территории с разной растительностью, которые хорошо различаются даже из космоса (рис.1). Природная растительность поглощает больше солнечного света (выглядит темнее), над ней формируются восходящие потоки влажного воздуха, который, поднимаясь выше, образует облака. Над полями, наоборот, с высоты опускается сухой воздух, а нижний слой воздуха вместе с испаренной влагой, «затягивается» на территорию с естественной растительностью. В результате формирования такой локальной атмосферной циркуляции над природной растительностью осадки увеличиваются на 10%, а над полями уменьшаются на 30%. Различия в плотности облаков над природной и сельскохозяйственной зоной хорошо заметны из космоса (рис.1., Chapin et al., 2008; Lyons, 2002; Nair, 2009).

³ МГЭИК - Межправительственная группа экспертов по изменению климата; IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change (<http://www.ipcc.ch/>)

последнее десятилетие во многом является следствием уничтожения природных экосистем - осушения болот, сведения лесов, канализации рек, покрытия обширных площадей твердыми материалами (Ежегодник ГЭП, 2006). После большого наводнения в 1993 г. в США было показано, что вложение 2-3 млрд. долларов в восстановление 5,3 млн. га водно-болотных угодий и заболоченных лесов в верховьях рек Миссисипи и Миссури может предотвратить ущерб в 16 млрд. долларов в случае наводнения (Postel, 2008)

Увеличение экономического ущерба и гибели людей от ураганов и цунами (в том числе, от урагана Катрина в 2005 г. и от цунами в Индийском океане в 2004 г.) связано с уничтожением природных водно-болотных экосистем на побережьях, которые снижали силу ветра и подъема воды. В последние годы в ряде стран тропического пояса введены в действие программы по восстановлению мангровых зарослей в целях защиты побережья от ураганов (Global Environment Outlook 4, 2007). По последним подсчетам (Costanza et al., 2008), ежегодная стоимость функции водно-болотных угодий США по защите от ураганов составляет 23 млрд. долларов.

На примере многих речных бассейнов было показано, что наличие обширных лесов делает воду более чистой, что удешевляет стоимость ее очистки (рис.2).

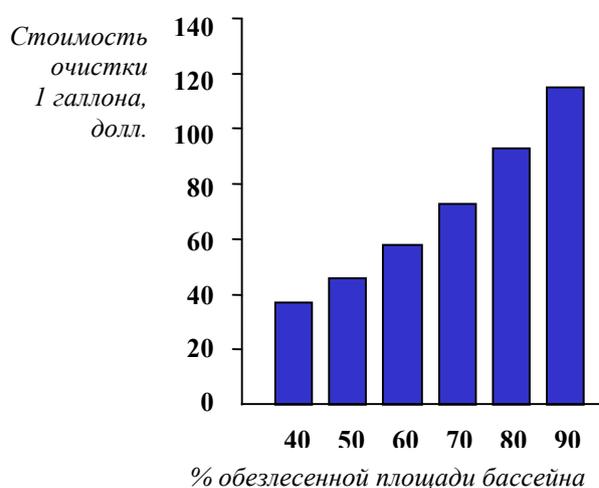


Рис.2. Стоимость очистки 1 галлона (3,8 л) воды, данные по 27 речным бассейнам США (Postel, Thompson, 2005)

Пример с водообеспечением Нью-Йорка, когда меры по сохранению и восстановлению экосистем оказались дешевле строительства дополнительных систем фильтрации воды⁴, стал хрестоматийным.

Сегодня уже имеется немало примеров развития механизмов платы за экосистемные услуги на уровне отдельных стран и бизнес-корпораций. Вот лишь некоторые из них (Valuing ecosystem services, 2004; Payments for Ecosystem..., 2008):

- в ряде стран Центральной и Южной Америки, а также в Индии, ЮАР и США, успешно развивается система платы за сохранение лесных массивов в верховьях рек компаниями, владеющими ГЭС ниже по течению – для обеспечения постоянного речного стока;
- страховые компании, обслуживающие пользователей Панамского канала, подсчитали, что финансирование восстановления лесов вокруг канала выгоднее, чем очистка русла канала от грунта и почвы, сносимых с берега в результате эрозии почвы;
- на северо-востоке Франции компания, выпускающая минеральную воду, находит более

⁴ Водосборный бассейн Catskills/Delaware дает 90% питьевой воды для Нью-Йорка. Уничтожение природных экосистем и хозяйственное освоение бассейна привело к тому, что качество воды опустилось ниже приемлемого уровня. К 1996 Нью-Йорк оказался перед выбором - строить дополнительные заводы по фильтрации воды стоимостью около 6 млрд. долларов или принять меры по сохранению и восстановлению экосистем бассейна стоимостью 1 – 1,5 млрд. Был выбран второй вариант (Payments for Ecosystem..., 2008). Программа сохранения экосистем в целях повышения качества воды представлена на сайте правительства штата Нью-Йорк http://www.nyc.gov/html/dep/html/watershed_protection/resources.shtml

выгодным платить фермерам за сохранение лесов на их землях, вместо строительства заводов по очистке воды.

Благодаря повышенному вниманию к проблеме климатических изменений, наибольший прогресс достигнут в отношении экономической оценки функций экосистем по регуляции углеродного цикла. Это касается, прежде всего, программы REDD, нацеленной на сохранение и восстановление лесов как природных хранилищ углерода. Она была запущена в 2007 г. и развивается очень быстро, впрочем, как и весь углеродный рынок. Сегодня фонды программы составляют 169 млн. долларов, участниками программы являются 37 развивающихся стран и 11 развитых стран-доноров (<http://www.un-redd.org/>; <http://www.forestcarbonpartnership.org/fcp>). Прогнозируемые объемы рынка экосистемных услуг по программе REDD сопоставимы с объемами мировой торговли древесиной (Miles and Karos, 2008). Однако программа REDD нацелена только на тропические леса, в то время как крупнейшие запасы углерода находятся в почвах, торфе, мерзлоте северных экосистем, и прежде всего – в России. Для бореальных экосистем – лесов, болот, тундр – нужна аналогичная программа. При этом необходимо развивать методы учета не только углерода, но всех других средообразующих функций.

Концентрация внимания исключительно на задаче снижения CO₂ в атмосфере приводит к ошибочным решениям. Так, создание в засушливых регионах быстрорастущих посадок чужеродных деревьев для улавливания углерода привело к сокращению стока рек⁵ (рис.3) (Foley et al., 2005; Jackson et al., 2005; Jackson et al., 2007). Сегодня в ряде регионов ведется активная работа по преодолению негативных последствий от этих посадок и восстановлению типичных кустарниковых и травяных сообществ (Postel, 2008).

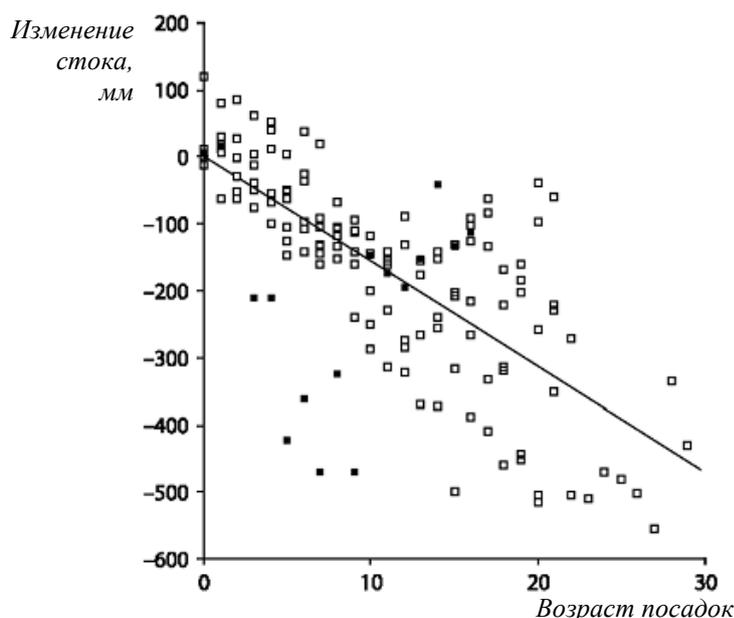


Рис.3. Изменения стока в зависимости от возраста плантаций, данные по 26 водосборным бассейнам, 504 годовых наблюдения (Jackson et al., 2007)

Другим примером возникновения серьезных экологических ошибок являются некоторые биотопливные проекты. Считается, что биотопливо поможет решить проблему парниковых газов за счет достижения «нулевого углеродного баланса», так как при сжигании биотоплива будет выделяться углерод, который был поглощен во время роста растений. Однако если под плантации биотоплива осваиваются природные экосистемы – вместо «нулевого баланса» получается огромная эмиссия углерода из почвы, торфа и остатков

⁵ Запасы углерода в почвах и биомассе в результате искусственных посадок могут как расти, так и сокращаться. Особенно высока вероятность уменьшения запасов углерода при посадках «углеродных» лесов на сырых и заболоченных участках – в этих случаях выделение углерода из почвы может превысить его аккумуляцию в древесине. (Jackson et. al., 2007)

растительности, которая в десятки и сотни превышает его «экономия» от использования биотоплива (Fargione et al., 2008) В России также имеются проекты создания плантаций биотопливных культур и его производства из древесины и торфа (см. например, сайт Российской Национальной Биотопливной Ассоциации: www.bioethanol.ru). Эти проекты требуют всесторонней экспертизы с точки зрения их воздействия на средообразующие функции экосистем, которые планируется заменить этими плантациями или разрушить торфоразработками. В последнем случае необходимо учитывать также деградацию водорегулирующей роли торфяных экосистем.

2. Биологическое разнообразие – основа эффективности и устойчивости экосистемных функций

Исследования того, что происходит с экосистемными функциями при изменении биологического разнообразия, были одной из самых быстро развивающихся экологических тем в последние 20 лет. Ценой огромных экспериментальных усилий была доказана вполне очевидная для биологов закономерность – что функционирование экосистем ухудшается, если искусственно снижать их видовое разнообразие (см. Павлов, Букварева, 2007).

Однако важно не только разнообразие видов, но и внутривидовое и внутривидовое разнообразие.

Дело в том, что экосистемные, в том числе средообразующие, функции есть не только у экологических сообществ и экосистем, но и у видов живых организмов и у отдельных популяций. Представители каждого вида живых организмов в составе сообщества выполняют определенную роль. Их воздействие на биотические и абиотические компоненты среды и можно считать экосистемной функцией вида или популяции. С этой точки зрения предлагается рассматривать популяции как «единицы, обеспечивающие услуги (service-providing units)» (Luck et al., 2003). В конечном счете, функционирование экосистемы определяется эффективностью и устойчивостью функций входящих в нее видов и популяций, что, в свою очередь, зависит от их внутреннего разнообразия. Примеры, подтверждающие эту важную закономерность, получены в рамках программы фундаментальных исследований Президиума РАН по биоразнообразию. В частности, выявлен существенный уровень генетического своеобразия географических форм у ряда видов деревьев семейства сосновых. Эффективность функционирования этих видов в конкретных условиях зависит от сохранения местных форм, а интегральная экосистемная функция на обширном ареале - от сохранения всего внутривидового разнообразия. Исследования озерных популяций арктического гольца в Забайкалье (Алексеев и др., 2000) и алтайских османов в водоемах Центральной Азии (Дгебуадзе, 2001) еще раз продемонстрировали образование у этих видов комплексов внутривидовых форм, различающихся как морфологически, так и экологически (прежде всего – по особенностям питания). Эти результаты подтверждают ключевую роль внутривидового разнообразия в формировании широкого спектра экологических вариаций, позволяющих видам устойчиво существовать в нестабильных и суровых условиях, что было показано ранее на примере арктического гольца и других видов рыб (Дгебуадзе, 2001; Павлов и др., 1999). Один из наиболее ярких примеров получен при исследовании камчатских популяций микижи (один из видов лососевых рыб). Локальные популяции этого вида в разных реках характеризуются специфическим соотношением жизненных стратегий рыб (рис.5), что можно рассматривать как адаптацию популяций к местным условиям - наличию корма и нерестилищ, температурному режиму водоема и др. (Павлов и др., 2001). Сложная структура внутривидового разнообразия обеспечивает микиже устойчивость и максимальное использование ресурсов в изменяющейся среде. Комплексы различных жизненных стратегий характерны и для других видов лососевых рыб. Если учесть их ведущую роль в экосистемах лососевых рек и их определяющее влияние на вещественно-энергетические потоки между морскими, речными и наземными экосистемами, то важность внутривидового разнообразия для экосистемных функций становится очевидной.

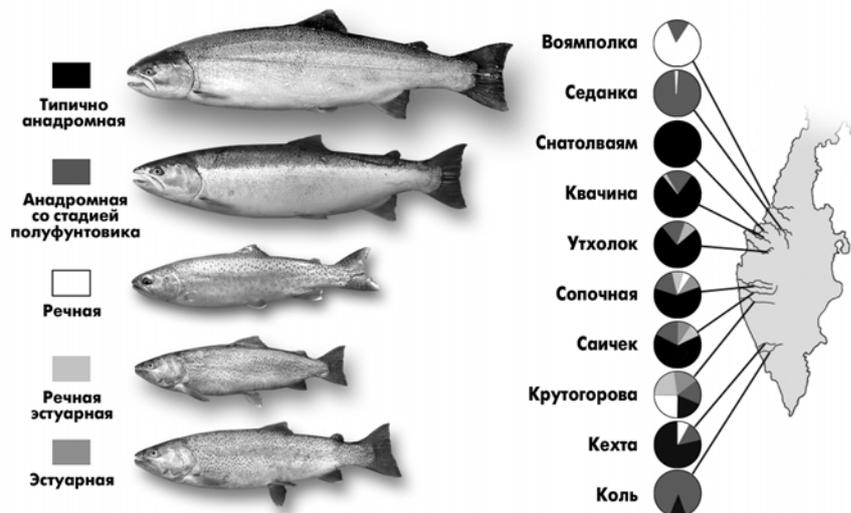


Рис.5. Комплексы жизненных стратегий микижи в локальных популяциях Западной Камчатки (Стратегия сохранения камчатской микижи, 2007)

Таким образом, биологическое разнообразие, как видовое, так и внутривидовое, является основой эффективности и устойчивости экосистемных функций. При любых нарушениях структуры и биоразнообразия следует ожидать деградации экосистемных услуг. Поэтому огромную опасность представляет не только полное уничтожение природных экосистем, но также снижение в них биологического разнообразия (как видового, так и внутривидового) и нарушение их естественной структуры.

3. Экологическая концепция природопользования

Природные экосистемы обеспечивают регуляцию среды, заменить которую человеку нечем. Выше были приведены примеры, когда на локальном уровне замещение экосистемной функции техническими средствами оказывается дороже, чем восстановление природных экосистем⁶. Задача же полномасштабной замены природных средообразующих функций искусственными аналогами превышает возможности современной цивилизации. Как известно, полностью замкнутую систему жизнеобеспечения даже для одного или нескольких человек на космических станциях до сих пор создать не удалось, несмотря на активные исследования в этой области. Дорогостоящий проект «Биосфера-2» в США (1985 – 2007) закрыт и его основная цель не достигнута.

Средообразующие функции природных экосистем обеспечивают стабильность условий среды, без которой невозможно экономическое развитие. В этом заключается их непосредственное экономическое значение для большинства отраслей хозяйства

Сегодня необходим переход к новой концепции природопользования, которую мы назвали «экологической», так как она выдвигает на первый план ценность средообразующих функций живой природы (Павлов и др., 2009; Павлов и др., 2010). В качестве основных положений этой концепции мы предлагаем следующие:

- ключевым природным ресурсом следует считать всю живую природу (экологические сообщества, виды, популяции), средообразующие функции которой обеспечивают регуляцию условий среды и стабилизацию биосферного баланса; этот ресурс должен иметь статус экономической категории;
- биологическое разнообразие является основой устойчивого и эффективного функционирования биологических систем жизнеобеспечения на планете;
- система нормативных показателей качества природной среды и воздействия на нее человека должна включать характеристики средообразующих функций природных биосистем (экологических сообществ, видов, популяций) и экосистем;

⁶ В отчетах ТEEB имеется большое количество аналогичных примеров

- экологическая экспертиза любого хозяйственного проекта (том числе биотехнологических и нанотехнологических проектов) должна включать оценку его влияния на средообразующие функции природных биосистем и экосистем;
- приоритетная задача управления природными биосистемами и экосистемами – поддержание и восстановление их средообразующих функций;
- формы и объемы использования продукционной функции природных экосистем (промысел рыбы и морепродуктов, добыча древесины) должны обеспечивать сохранение их структуры и средообразующих функций; продукционная функция должна постепенно смещаться на искусственные биопродукционные системы⁷.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев С.С., Пичугин М.Ю., Самусенок В.П. 2000. Разнообразие арктических гольцов Забайкалья по меристическим признакам, их положение в комплексе *Salvelinus alpinus* и проблема происхождения симпатрических форм // Вопросы ихтиологии. Т. 40. № 3. С. 293-311.
- Горшков В.Г., Макарьева А.М. 2006. Биотический насос атмосферной влаги, его связь с глобальной атмосферной циркуляцией и значение для круговорота воды на суше. Гатчина: Петербургский институт ядерной физики РАН. Препринт. 49 с.
- Дгебуадзе Ю.Ю. 2001. Экологические закономерности изменчивости роста рыб. М.: Наука. 276 с.
- Ежегодник ГЭП (Глобальная экологическая перспектива). 2007. Обзор изменений состояния окружающей среды. Программа ООН по окружающей среде (UNEP). 83 с.
- Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н. 2006. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник РАН. Т. 76. № 1. С.14–29.
- МГЭИК, 2007: Изменение климата, 2007 г.; Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад МГЭИК. Пачаури Р.К., Райзингер А. и основная группа авторов (ред.). МГЭИК, Женева, Швейцария, 104 с.
- Павлов Д.С., Савваитова К.А., Груздева М.А., Максимов С.В., Медников Б.М., Пичугин М.Ю., Савоскул С.П., Чеботарева Ю.В. 1999. Разнообразие рыб Таймыра: Систематика, экология, структура видов как основа биоразнообразия в высоких широтах, современное состояние в условиях антропогенного воздействия. М.: Наука. 207 с.
- Павлов Д.С., Савваитова К.А., Кузищин К.В., Груздева М.А., Павлов С.Д., Медников Б.М., Максимов С.В. 2001. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии. М: Научный мир. 200 с.
- Павлов Д.С., Букварева Е.Н. 2007. Биоразнообразие, экосистемные функции и жизнеобеспечение человечества // Вестник РАН. Т.77. № 11. С. 974-986.
- Павлов Д.С., Стриганова Б.Р., Букварева Е.Н., Дгебуадзе Ю.Ю. Сохранение биологического разнообразия как условие устойчивого развития. М.: Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. 84 с. (<http://www.ecopolicy.ru/index.php?cnt=339>)
- Павлов Д.С., Стриганова Б.Р., Букварева Е.Н. 2010. Экологоцентрическая концепция природопользования // Вестник РАН. Т.80. № 2. С.131-140.
- Стратегия сохранения камчатской микижи. 2007. М.: КМК. 33 с.
- Betts, R.A., 1999: Self-beneficial effects of vegetation on climate in an Ocean–Atmosphere General Circulation Model. *Geophysical Research Letters*, 26(10), 1457–1460.
- Chapin F.S. III, Randerson J.T, McGuire A.D., Foley J.A, Field C.B. 2008. Changing feedbacks in the climate– biosphere system // *Front. Ecol. Environ.* V.6. N.6. P.313–320.
- Costanza R., Pérez-Maqueo O., Martinez M.L., Sutton P., Anderson S.J., Mulder K. 2008. The value

⁷ Сегодня на мировых рынках морепродуктов и древесины наблюдаются тенденции увеличения доли продукции, полученной за счет продуктивных коммерческих плантаций деревьев и аквакультуры (см. Павлов и др., 2009)

- of coastal wetlands for hurricane protection // *Ambio*. V.37, N4, pp. 241–248
- Da Silva R.R., Avissar R. 2006. The hydrometeorology of a deforested region of the Amazon basin // *Journal of hydrometeorology*. V.7. October. P. 1028-1042.
- Da Silva R.R., Werth D., Avissar R. 2008. Regional impacts of future land-cover changes on the Amazon basin wet-season climate // *Journal of Climate*. V. 21. № 6. P. 1153–1170.
- Ecosystems and human well-being: current state and trends : findings of the Condition and Trends Working Group. 2005. Edited by R. Hassan, R. Scholes, N. Ash (The millennium ecosystem assessment series; v. 1).
- Eltahir E.A.B., Bras R.L. 1994. Precipitation recycling in the Amazon basin // *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* Volume 120, Issue 518 , Pages861 - 880
- Fargione J., Hill J., Tilman D., Polasky S., Hawthorne P. 2008. Land clearing and the biofuel carbon debt // *Science*. V. 319. № 5867. P. 1235–1238.
- Foley J.A., DeFries R., Asner G.P., Barford C., Bonan G., Carpenter S.R., Chapin F.S., Coe M.T., Daily G.C., Gibbs H.K., Helkowski J.H., Holloway T., Howard E.A., Kucharik C.J., Monfreda C., Patz J.A., Prentice I.C., Ramankutty N., Snyder P.K. 2005. Global consequences of land use // *Science*. V. 309. P. 570–574.
- Foley J.A., Asner G.P., Costa M.H., Coe M.T., DeFries R., Gibbs H.K., Howard E.A., Olson S., Patz J., Ramankutty N., Snyder P. 2007. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon basin // *Frontiers in Ecology and the Environment*. V. 5. № 1. P. 25–32.
- Global Environment Outlook. GEO 4. United Nations Environment Programme. 2007 (<http://www.unep.org/geo/geo4/media/>).
- Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. Rome: FAO. 2006. 320 p.
- Jackson R.B., Jobbágy E.G., Avissar R., Roy S.B., Barrett D.J., Cook C.W., Farley K.A., le Maitre D.C., McCarl B.A., Murray B.C. 2005. Trading water for carbon with biological carbon sequestration // *Science*. V. 310. P.1944–1947.
- Jackson R.B., Farley K.A., Hoffmann W.A., Jobbágy E.G., McCulley R.L. 2007. Carbon and water tradeoffs in conversions to forests and shrublands // *Terrestrial ecosystems in a changing world*. Eds: Canadell J.G. et al. Springer. P. 237–246.
- Luck G., Daily G., Ehrlich P. 2003. Population diversity and ecosystem services // *Trends in Ecology and Evolution*. V. 18. № 7. P. 331-336.
- Lyons T.J. 2002. Clouds form preferentially over native vegetation // Rizzoli A.E., Jakeman A.J. (eds). *Proceedings of the 1st Biennial Meeting of the iEMSs “Integrated Assessment and Decision Support”*. International Environmental Modelling and Software Society. P.355-359.
- Miles L., Kapos V. 2008. Reducing Greenhouse Gas Emissions from Deforestation and Forest Degradation: Global Land-Use Implications // *Science*. V.320. P. 1454-1455.
- Nair U.S. 2009. Preferential formation of cumulus clouds over native vegetation in southwest Australia // *Journal of Earth Science Phenomena*, 2009, 11.
- Nepstad D. C., Stickler C. M., Soares-Filho B., Merry F. 2008. 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*, V. 363, No. 1498, pp. 1737-1746.
- Oyama M.D, Nobre C.A. 2003. A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America // *Geophysical research letters*. 2003. V.30. N.23.2199
- Payments for ecosystem services getting started: a primer. 2008. Forest Trends, The Katoomba Group, UNEP. 74 p. (<http://www.unep.org>)
- Phillips O.L., Aragao L., Lewis S.L. et al. Drought sensitivity of the Amazon rainforest // *Science*. 2009. V. 323. P. 1344–1347.
- Postel S., Thompson B.H. 2005. Watershed protection: capturing the benefits of nature’s water supply services // *Natural Resources Forum*. V. 29. P. 98–108.
- Postel S. 2008. The forgotten infrastructure: safeguarding freshwater ecosystems // *Journal of International Affairs*. V. 61. № 2. P.75–90.

- Szeto K.K., Liu J., Wong A. 2008. Precipitation recycling in the Mackenzie and three other major river basins // Cold region atmospheric and hydrologic studies. The Mackenzie GEWEX experience. Volume 1: Atmospheric dynamics Ed.: Ming-ko Woo, Springer Berlin Heidelberg. P. 137-154.
- Valuing ecosystem services. Toward better environmental decision-making. Report in brief. 2004. Committee on Assessing and Valuing the Services of Aquatic and Related Terrestrial Ecosystems, National Research Council, National Academy of Sciences of USA.
- Yu-shi M., Datong N., Guang X., Hongchang W., Smil V. 1997. 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. (<http://www.library.utoronto.ca/pcs/state/china.htm>).