

ИНСТИТУТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ  
ЦЕНТР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИИ  
ОБЩЕСТВЕННАЯ ПАЛАТА РФ

# СОХРАНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КАК УСЛОВИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

**Д.С. Павлов, Б.Р. Стриганова,  
Е.Н. Букварева, Ю.Ю. Дгебуадзе**

**Ответственный редактор  
В.М. Захаров**

МОСКВА  
2009

УДК 502; 574  
ББК 28  
П 12

При реализации проекта используются средства государственной поддержки, выделенные в качестве гранта в соответствии с распоряжением Президента Российской Федерации от 14 апреля 2008 года № 192-рп

- Павлов Д.С., Стриганова Б.Р., Букварева Е.Н., Дгебуадзе Ю.Ю.  
П 12 Сохранение биологического разнообразия как условие устойчивого развития. — М.: ООО «Типография ЛЕВКО»; Институт устойчивого развития/ Центр экологической политики России, 2009. — 84 с.

ISBN

УДК 502; 574  
ББК 28

ISBN

© Д.С. Павлов, Б.Р. Стриганова, Е.Н. Букварева, Ю.Ю. Дгебуадзе, 2009  
© Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России, 2009

Обсуждая проблемы биосферного равновесия, политики и журналисты рассматривают биосферу, прежде всего, как среду существования человека, фокусируя внимание, в первую очередь, на абиотических параметрах среды — показателях климата, концентрации парниковых газов, уровнях загрязнения среды и др. Процессы, происходящие в живой природе при этом отодвигаются на задний план. Однако в основе современного экологического кризиса лежит разрушение биоразнообразия и деградация его функций. В последние несколько десятилетий система отношений «человек-природа» радикально изменилась, биосфера перешла в новое состояние. Сегодня ключевым условием устойчивого развития человеческой цивилизации является поддержание механизмов регуляции среды, осуществляемой природными экосистемами и биосистемами. Проблема предотвращения экологической катастрофы и нарушений биосферного баланса должна решаться, прежде всего, путем сохранения и восстановления функций биоразнообразия. Среди жизнеобеспечивающих ресурсов биосферы наиболее важным следует считать природную биоту планеты, обеспечивающую поддержание стабильных и благоприятных для человека условий среды. Необходим переход к новой экологоцентрической концепции природопользования, учитывающей приоритетную ресурсную ценность средообразующих функций биологического разнообразия.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОХРАНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И ЕГО ФУНКЦИЙ КАК УСЛОВИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ. ЭКОЛОГОЦЕНТРИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ (Д.С. ПАВЛОВ, Б.Р. СТРИГАНОВА, Е.Н. БУКВАРЕВА) .....</b>	<b>5</b>
РЕСУРСЫ БИОСФЕРЫ БЛИЗКИ К ИСЧЕРПАНИЮ .....	5
УНИЧТОЖЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ .....	9
РЕСУРСНЫЕ ФУНКЦИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ.....	15
<i>ПРОДУКЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ</i> .....	16
<i>ИНФОРМАЦИОННАЯ И ДУХОВНО-ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИИ</i> .....	24
<i>СРЕДООБРАЗУЮЩАЯ ФУНКЦИЯ</i> .....	25
НОВОЕ СОСТОЯНИЕ БИОСФЕРЫ И НЕОБХОДИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СТРАТЕГИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ .....	32
ПРИОРИТЕТ РЕСУРСНОГО ЗНАЧЕНИЯ РЕГУЛЯТОРНЫХ ФУНКЦИЙ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ .....	36
БИОРАЗНООБРАЗИЕ — ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ЭКОСИСТЕМНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ .....	40
ЭКОЛОГОЦЕНТРИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ КАК ОСНОВА ИЗМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПОВ И ЦЕЛЕЙ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ .....	46
ЭКОЛОГОЦЕНТРИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ КАК УСЛОВИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ .....	56
ЛИТЕРАТУРА.....	61
<b>БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ — ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА (Ю.Ю. ДГЕБУАДЗЕ) .....</b>	<b>70</b>
ЛИТЕРАТУРА.....	81

# СОХРАНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И ЕГО ФУНКЦИЙ КАК УСЛОВИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ. ЭКОЛОГОЦЕНТРИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

**Д.С. ПАВЛОВ, Б.Р. СТРИГАНОВА, Е.Н. БУКВАРЕВА**

## РЕСУРСЫ БИОСФЕРЫ БЛИЗКИ К ИСЧЕРПАНИЮ

Основные проблемы выживания растущего человечества сегодня связаны с обеспечением продовольствием, пресной водой, энергией. Эти жизненно важные для человека факторы являются ресурсами биосферы, поскольку они определяются функционированием современной биоты или созданы ею в прошлом. Почвенное плодородие и климатические условия, обеспечивающее возможность ведения сельского хозяйства, а также ресурсы пресной воды создаются и поддерживаются средообразующей деятельностью экосистем. Ископаемое углеводородное топливо, представляющее основу современной мировой энергетики — результат накопления органического вещества биосферой в прежние геологические эпохи.

Основой производства продовольствия является сельское хозяйство<sup>1</sup>. Земли сельскохозяйственного пользования занимают в настоящее время около 40% поверхности суши (Millennium ecosystem assessment, 2005), и агроценозы можно рассматривать как крупнейший современный биом суши (Foley et al., 2005). Возможности для расширения пахотных земель крайне ограничены. В то же время на сельскохозяйственных землях развиваются процессы деградации почв, скорость которых достигает 13 млн га в год (Жученко, 2008), причем на такой же площади ежегодно уничтожаются леса в основном из-за их перевода в новые сельскохозяйственные угодья<sup>2</sup> (Global Forest Resources

---

<sup>1</sup> Другой источник продовольствия для человека — продукция природных популяций растений и животных, из которых в настоящее время существенное экономическое значение сохранили лишь рыба и другие морепродукты. Как будет показано ниже, сегодня эти ресурсы находятся на грани истощения.

<sup>2</sup> Эта утрата лесов частично компенсируется посадкой новых на площади 5,7 млн. га в год (Global Forest Resources Assessment 2005).

Assessment 2005). Развитие эрозионных процессов в пахотных почвах в 10-100 раз превышает скорость почвообразования под естественной растительностью (Montgomery, 2007). За последние 40 лет производство продовольствия увеличивалось не за счет увеличения сельскохозяйственных площадей, а благодаря росту урожайности, обусловленного интенсификацией сельскохозяйственного производства с использованием удобрений, пестицидов и гербицидов, а также орошением почв. Это сопровождалось ростом потребления энергии и воды, усилением загрязнения среды. Таким образом, несмотря на прекращение естественного роста площадей, занятых сельским хозяйством, его давление на биосферу продолжает усиливаться, распространяясь на водные и энергетические ресурсы.

Водный баланс суши радикально изменен человеком в результате уничтожения и трансформации природных экосистем на больших площадях (Данилов-Данильян, Лосев, 2008). Ежегодное водопользование составляет более половины доступного для людей стока пресной воды, включая возобновимые подземные источники (Jackson et al., 2001), а к 2025 г. прогнозируется рост потребления воды примерно еще на треть (Global environment outlook 4, 2007). Потребление воды наращается за счет использования невозобновимых запасов «ископаемых» вод, которые уже в значительной степени истощены. Таким образом, ресурсы пресной воды также близки к исчерпанию (Данилов-Данильян, 2007). Треть стран мира испытывает недостаток воды, причем во многих вододефицитных регионах Земли (прежде всего, в Азии) плотность населения чрезвычайно высока (Живая Планета, 2008; Water, a shared responsibility, 2006). В ближайшем будущем прогнозируется увеличение дефицита воды в мире<sup>3</sup>.

Основой энергоресурсов сегодня является ископаемое топливо, дающее 80% производства первичной энергии, и его суммарные запасы пока достаточно велики (World Energy Outlook, 2008). В сфере энергообеспечения человечества основным ограничением являются не запасы ископаемого топлива, а способность биосферы аккумулировать растущие выбросы CO<sub>2</sub> от его сжигания. Для того, чтобы избежать потепления более, чем на 2 градуса (что многие страны признали в качестве экологического «рубежа условной безопасности»), надо сократить по-

---

<sup>3</sup> Этот прогноз учтен в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации. 2008 (<http://www.economy.gov.ru>).

требление топлива так, что до 2050 г. более половины разведанных на сегодняшний день промышленных запасов нефти, газа и угля останутся нетронутыми (Meinshausen et al., 2009).

Однако ключевым ресурсом биосферы, определяющим будущее человечества, является биологическое разнообразие планеты. Именно разрушение биоразнообразия и его функций является основной причиной современного экологического кризиса. Живая природа выполняет жизненно важные для человека функции, без которых мы не сможем существовать на Земле. Функционирование природных экосистем, видов и популяций создает устойчивую и благоприятную для человека среду, обеспечивает условия для ведения сельского хозяйства, формирует запасы пресной воды, поддерживает газовый баланс в атмосфере, являясь таким образом необходимым компонентом глобальной энергетической системы человечества. Сегодня этот биосферный ресурс близок к исчерпанию. Дестабилизация среды и климатические изменения стали существенным негативным экономическим фактором и причиной развития социальных и политических конфликтов во многих странах и в мире в целом (Humanitarian implications..., 2008). Прогнозируемое увеличение частоты сверхжарких периодов (Battisti, Naylor, 2009) и неравномерности выпадения осадков (Climate change and water, 2008) может привести к глобальному снижению устойчивости сельскохозяйственного производства и усугублению проблем с обеспечением населения пресной водой.

Потребление природных ресурсов человечеством наиболее быстро увеличивалось во второй половине XX века. Беспрецедентно высокие темпы развития мировой экономики и глобальных изменений среды радикально изменили мир за несколько последних десятилетий на глазах ныне живущих людей. Вот лишь некоторые примеры:

- с 1960 по 2000 год население мира удвоилось — с 3 до 6 млрд. человек (Millennium ecosystem assessment, 2005), в 2009 г. оно составило 6,8 млрд. (Мировые демографические тенденции..., 2009);
- за это же время мировая экономика (глобальный ВВП) выросла почти в 6 раз (Millennium ecosystem assessment, 2005);
- в этот период производство продовольствия росло быстрее численности населения (2–2,5 раза) (Millennium ecosystem assessment, 2005);

- производство первичной энергии с 1965 по 2007 гг. выросло в 2,9 раза (BP workbook);
- с 1960 по 2000 гг. объем водозабора из рек и озер удвоился, а водные запасы водохранилищ выросли в 4 раза; в 1950 г. существовало 5 тыс. плотин высотой более 15 м, а сейчас их более 45 тыс., последние полвека создавали по 2 плотины в день (Данилов-Данильян, Лосев, 2008);
- после 1960 г. за счет деятельности человека потоки биологически доступного азота в наземных экосистемах удвоились, потоки фосфора утроились; более половины всех искусственных азотных удобрений, произведенных, начиная с 1913 г., было использовано после 1985 г. (Millennium ecosystem assessment, 2005);
- в последние 50 лет люди изменяли природные экосистемы быстрее, чем в какой-либо другой сравнимый по продолжительности период истории (Millennium ecosystem assessment, 2005);
- на последние 40 лет приходится 60% роста концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере, произошедшего за 250 лет с начала промышленной революции в Европе (Millennium ecosystem assessment, 2005), 2/3 антропогенного увеличения концентрации CO<sub>2</sub> являются результатом деятельности двух последних поколений людей (Friedlingstein, Solomon, 2005).

В целом, экономический рост и улучшение жизни людей во второй половине XX века во многом были достигнуты за счет истощения природных ресурсов и деградации природных экосистем и их функций (Millennium ecosystem assessment, 2005). Можно сказать, что сегодня мы живем за счет будущих поколений, так как темпы потребления ресурсов биосферы человечеством по многим показателям превышают ее способность воспроизводить их. По оценкам экспертов группы «Global Footprint Network», показатель «экологического следа человечества»<sup>4</sup> в настоящее время превышает способность биосферы к восстановлению своих ресурсов примерно на 30% (Живая планета, 2008).

---

<sup>4</sup> Экологический след — площадь территории и акватории, необходимой для производства потребляемых людьми ресурсов и ассимиляции образующихся отходов отражающий степень использования людьми ресурсов биосферы.



## УНИЧТОЖЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Продолжающееся увеличение численности населения и рост потребления ресурсов биосферы сопровождаются разрушением биологического разнообразия Земли в двух взаимно усиливающих друг друга направлениях:

- с одной стороны, живая оболочка планеты становится меньше по площади и объему — природные экосистемы замещаются антропогенными территориями, уменьшается численность и сокращаются ареалы видов и популяций;
- с другой стороны, утрачивается видовое и внутривидовое разнообразие, происходит упрощение и гомогенизация живого покрова, нарушается структурно-функциональная организация оставшихся природных систем.

К сегодняшнему дню площадь продуктивных природных экосистем сокращена человеком почти наполовину (рис. 1), практически все наземные экосистемы претерпели глубокие изменения в результате деятельности человека, существенно нарушены экосистемы на 63.8% территории суши, которая могла бы быть занята растительностью (без учета ледников и пустынь) (Данилов-Данильян и др., 2005). В благоприятных для жизни и ведения сельского хозяйства природных зонах люди используют от 20 до 75% территории (Millennium ecosystem assessment, 2005). Сохранившиеся массивы природных территорий, поддерживающие свое биоразнообразие, крупнейший из которых находится на территории России, являются центрами стабилизации биосферных процессов (рис. 1).

Россия обладает крупнейшими массивами природных экосистем, но их состояние вызывает опасения. Как отмечено в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации (<http://www.economy.gov.ru>), на 15 % территории природные экосистемы практически разрушены, на 35% — частично нарушены (рис. 2). Биомы европейских степей и широколиственных лесов практически исчезли, экосистемы крупнейших рек утратили свой естественный облик из-за масштабного гидротехнического строительства.

Доклады о состоянии окружающей среды последних лет (Global Biodiversity Outlook 2, 2006; Millennium ecosystem assessment, 2005; Global Environment Outlook 4, 2007) констатируют высокие темпы со-

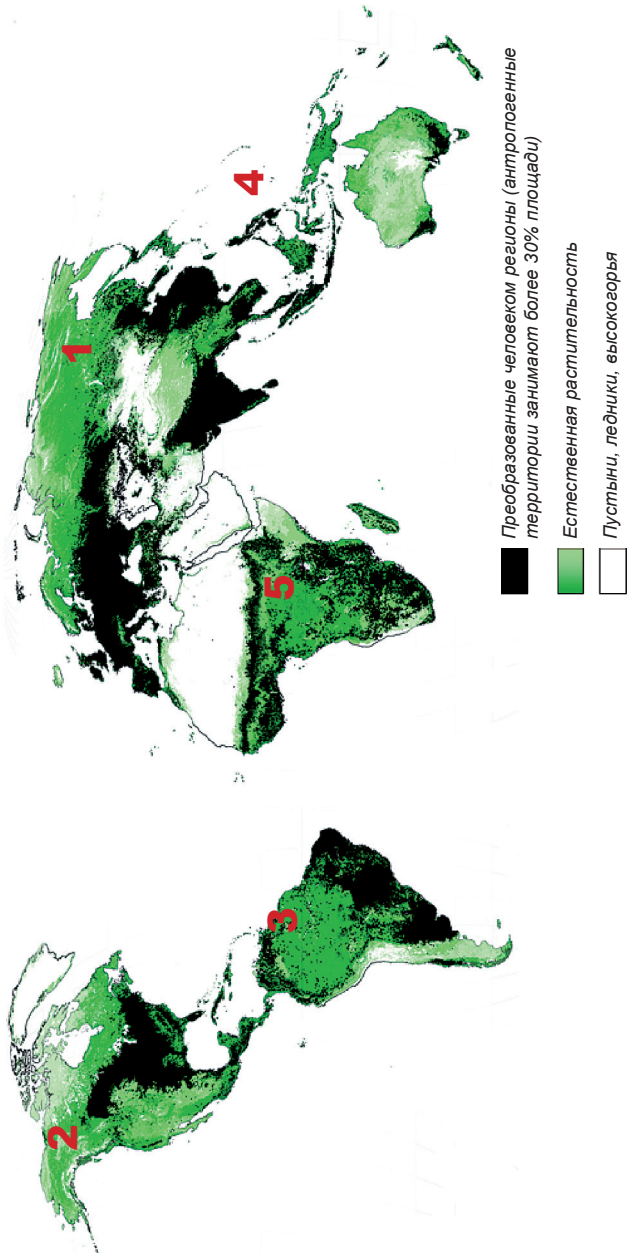


Рис. 1. Природные и трансформированные человеком территории (карта составлена по данным проекта Millennium ecosystem assessment (2005) и проекта Global Land Cover и проекта Global Land Cover 2000). Цифры обозначают основные центры биосферной регуляции: 1 — Северный Евразийский (север Скандинавии, Европейская часть России, большая часть Сибири и Дальнего Востока); 2 — Североамериканский (Канада, запад США); 3 — Южноамериканский (Амазония и прилегающие горные территории), 4 — Австралийско-Южноазиатский (тропические леса Юго-Восточной Азии и Австралии); 5 — Африканский (тропические леса Африки)

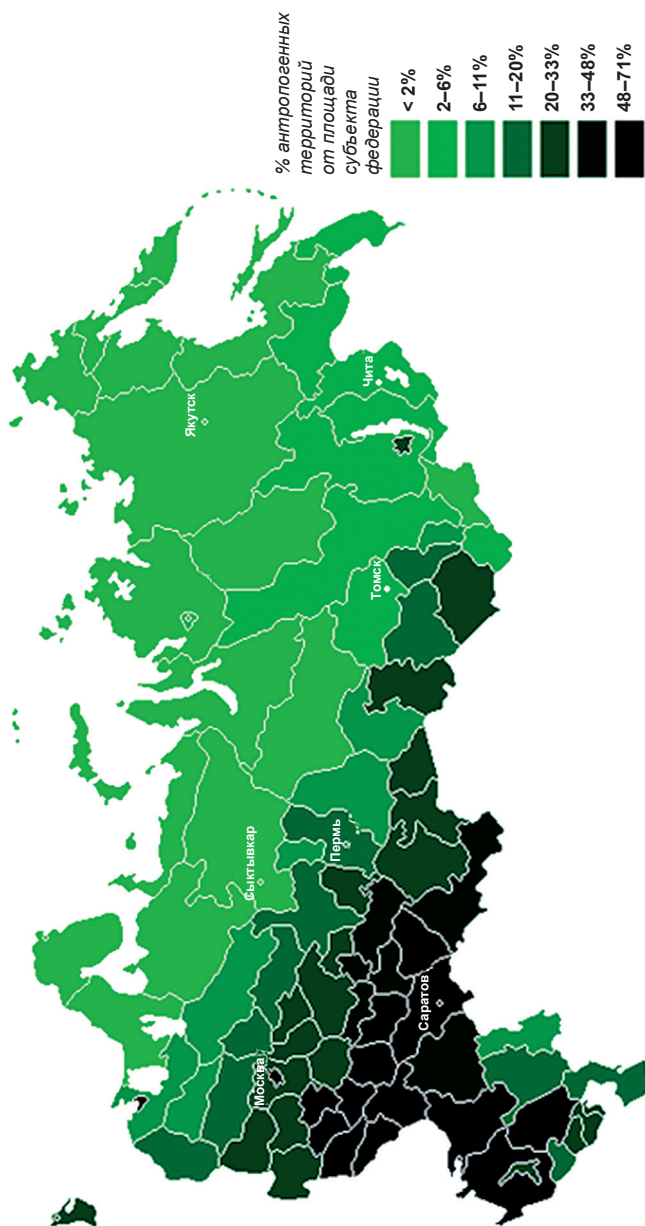


Рис. 2. Степень антропогенной трансформации природных систем на территории России  
(по данным портала [www.biodat.ru](http://www.biodat.ru))

кращения биоразнообразия на всех уровнях организации — от генетического разнообразия внутри отдельных популяций до разнообразия видов и экосистем.

С 1600 года зарегистрировано исчезновение более 1000 видов животных и растений. В настоящее время, согласно данным Всемирного союза охраны природы из оцененных 40 тыс. видов под угрозой исчезновения находится 40% (<http://www.iucnredlist.org/static/stats>). В Красную Книгу Российской Федерации занесено 414 видов и подвидов животных (Красная книга..., 2001), 652 вида растений, 24 вида грибов<sup>5</sup>.

Состояние и динамику численности возможно оценить только для изученных видов (лучше всего изучены птицы, млекопитающие, высшие растения), в то время как в наименее исследованных таксонах, к которым относятся ключевые в экосистемных процессах группы (беспозвоночные, грибы, низшие растения) число исчезнувших и находящихся под угрозой исчезновения видов до сих пор остается неизвестным. Однако, очевидно, что сегодня основная угроза для существования видов — уничтожение и нарушение их местообитаний и скорость исчезновения видов в целом пропорциональна скорости сокращения территорий природных экосистем, которая была наиболее велика во второй половине XX века.

Состояние и тенденции изменения существующих видов и популяций можно выразить через «индекс живой планеты», который рассчитывается на основе многолетних рядов динамики численности животных, начиная с 1970 г., когда значения численности были приняты за «1». Расчеты для 1686 популяций 1300 видов позвоночных животных в наземных, пресноводных и морских экосистемах показывают, что этот индекс после некоторого улучшения в 1970-80-е гг. к 2005 году снизился на 30% (рис. 3) (Живая планета, 2008).

Важный фактор нарушения структуры природных экосистем — инвазии чужеродных видов, которые приводят к радикальным перестройкам структуры экосистем и их функционирования. Примеры этих процессов многочисленны как в водных, так и в наземных экосистемах. Один из наиболее ярких — вспышки численности гребневика мнемипсиса в Черном и Азовском морях в конце 80-х гг., которые привели

---

<sup>5</sup> Приказ МПР России от «25» октября 2005 №289 «Об утверждении перечней (списков) объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и исключенных из Красной книги Российской Федерации».

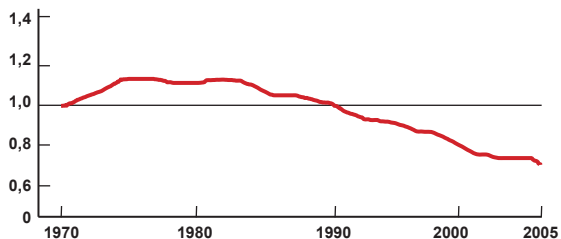


Рис. 3. Изменение «индекса живой планеты» с 1970 по 2005 гг. (Живая планета, 2008)

к сильнейшей деградации морских сообществ и сокращению уловов рыбы. Еще один пример — кардинальная перестройка рыбного населения в водоемах бассейна Волги в результате вселения тюльки, что привело к снижению обилия ценных промысловых видов (рис. 4) (Dgebuadze et al., 2008).

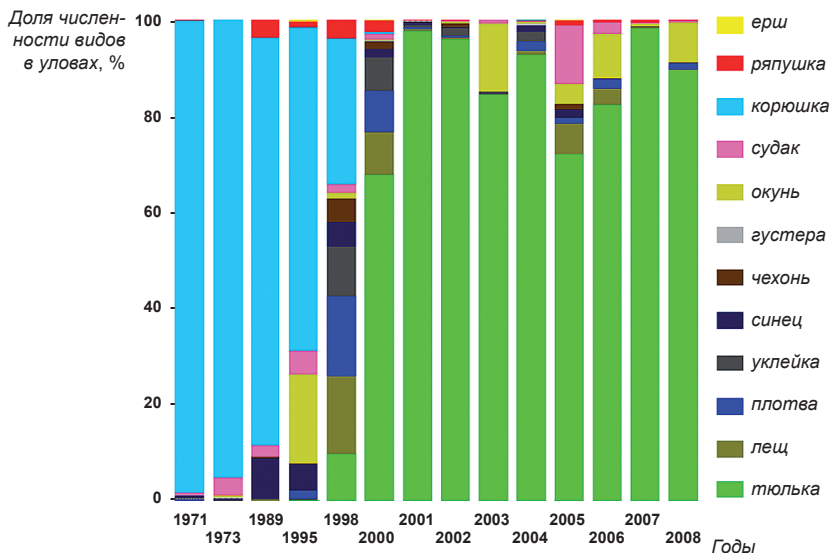


Рис. 4. Изменения в рыбном населении пелагиали Рыбинского водохранилища в результате инвазий чужеродных видов рыб. Показаны средние значения доли численности видов в уловах с мая по октябрь (Dgebuadze et al., 2008)

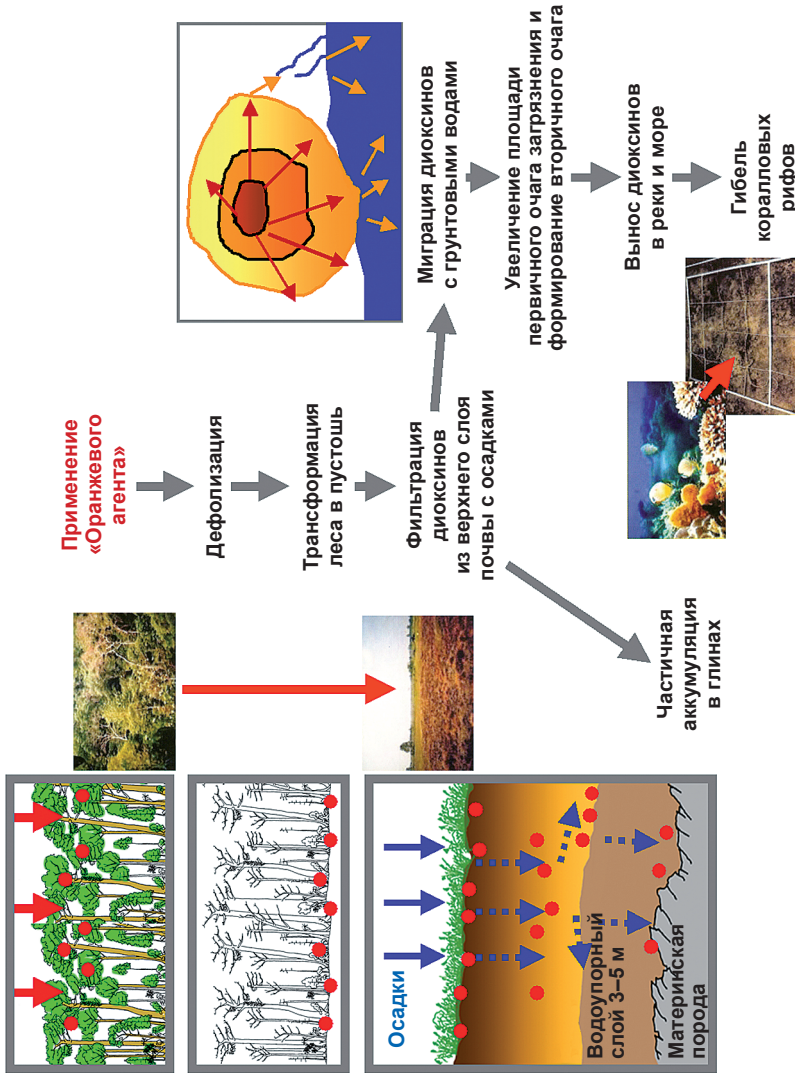


Рис. 5. Миграция диоксинов в экосистемах Вьетнама (Румах и др., 2008)

Из-за исчезновения местных уникальных форм и инвазий чужеродных видов состав биотических сообществ на Земле становится все более «гомогенным» — стираются различия видового состава сообществ разных типов местообитаний, утрачиваются уникальные адаптации живой природы на видовом и ценотическом уровнях.

Большую опасность для сохранения средообразующего функционального потенциала ресурсов биосферы представляет растущий уровень загрязнения среды. Многие виды загрязнителей практически не подвергаются биодegradации и на долгие годы сохраняются в экосистемах, представляя угрозу для всех живых организмов, включая человека. Исследования Совместного Российско-Вьетнамского тропического научно-исследовательского и технологического центра (Румак и др., 2008) показали, что использование вооруженными силами США во время войны во Вьетнаме 1965-1973 гг. таких суперэкоотоксикантов, как диоксины («оранжевый агент»), привело к необратимой деградации экосистем тропических лесов. Загрязненные диоксинами леса превратились в травянистые пустоши и не восстановились по прошествии десятилетий. Более того, фильтрация диоксинов в глубокие горизонты почвы с осадками привела к загрязнению грунтовых вод и выносу их в море, что явилось одной из причин гибели коралловых рифов (рис. 5).

## РЕСУРСНЫЕ ФУНКЦИИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Масштабные процессы разрушения биоразнообразия влекут за собой деградацию его функций.

В Национальной стратегии сохранения биоразнообразия России (2001) определены его основные функции, необходимые для поддержания жизни на планете и для существования человека, то есть ресурсные функции:

- (1) средообразующая — поддержание биосферных процессов на Земле и формирование благоприятных для жизни человека условий (чистый воздух, чистая вода, плодородие почв, устойчивый климат);
- (2) продукционная — создание биологической продукции, используемой в качестве продуктов питания, энергоресурсов и сырья для многих отраслей экономики;

- (3) информационная — хранение накопленной в ходе эволюции информации (включая генетическую) о структуре и функционировании биологических систем;
- (4) духовно-эстетическая — влияние живой природы на развитие культуры, мировоззрения человека, эстетическая и этическая ценность живой природы.

### *ПРОДУКЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ*

На протяжении тысячелетий самой важной для человека была продукционная функция — биопродукция, непосредственно используемая человеком — рыба, морепродукты, промысловые животные, древесина, съедобные и лекарственные растения и т.д. По мере развития цивилизации человек переходил постепенно от изъятия ресурсов из природных экосистем к их воспроизводству в сельском хозяйстве и биотехнологиях культивирования организмов.

Сегодня промышленное использование продукционной функции природных экосистем осталось лишь в двух отраслях — рыболовстве и лесном хозяйстве. По данным FAO доля этих отраслей в мировом экспорте составляет всего по 1—2%. Однако внутреннее потребление во многих странах учитывается далеко не полностью — в первую очередь, использование древесины на дрова и рыболовство для личного потребления. В целом человечество не может обойтись без этих ресурсов — морепродукты являются источником белка для миллионов людей, а лес — незаменимым сырьем для изготовления бумаги и стройматериалов.

### **Рыболовство**

Вылов рыбы в мире устойчиво рос до 1990-х гг. и затем стабилизировался на уровне около 90 млн тонн в год (рис. 6).

Причиной прекращения роста уловов является истощение запасов рыбы и беспозвоночных в основных рыбопромысловых регионах. Из-за этого в последние годы промысел вынужденно перемещался в новые районы (например, тропическую зону Индийского и Тихого океанов) на большие глубины (рис. 7) и на менее ценные виды рыб (The state of world fisheries and aquaculture, 2008).



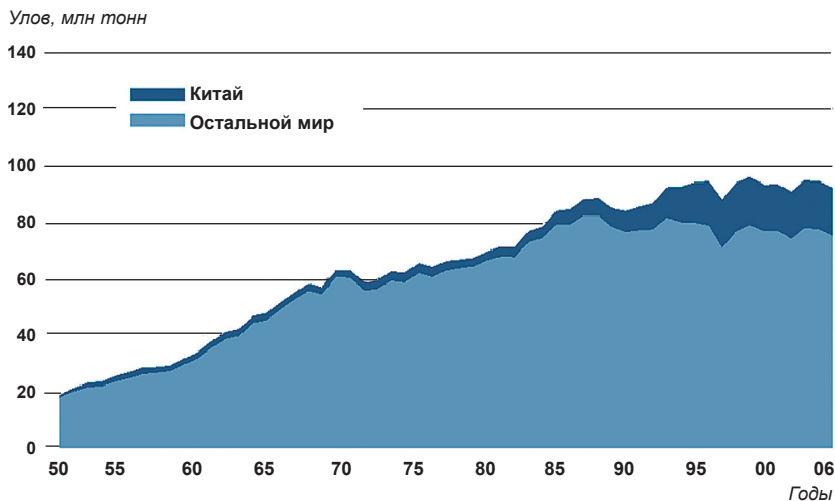


Рис. 6. Динамика суммарного мирового улова с 1950 по 2006 гг.  
(The state of world fisheries and aquaculture, 2008)

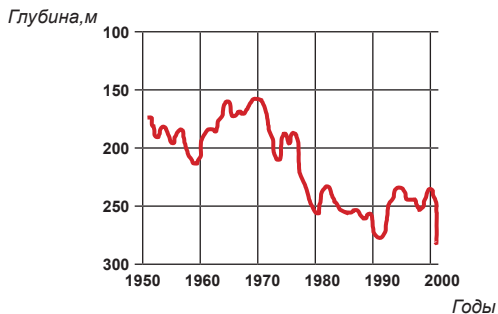
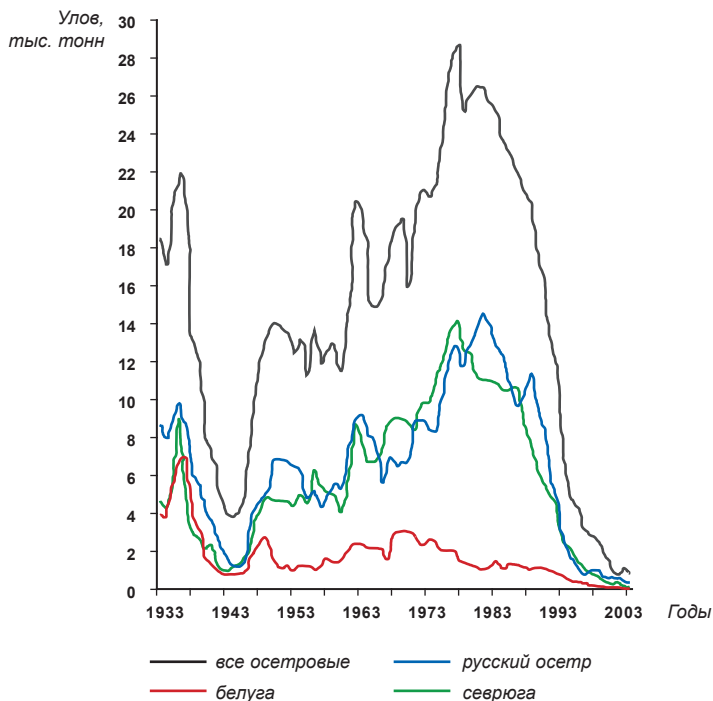


Рис. 7. Увеличение глубины промысла с 1950 по 2000 гг.  
(Millennium ecosystem assessment, 2005)

Рыбопромысловые ресурсы России в XX веке также подверглись чрезмерной эксплуатации. В морях, омывающих Европейскую часть России, уловы снизились во много раз, были подорваны популяции наиболее ценных рыб, например, популяции осетровых Волжско-Каспийского бассейна (рис. 8).



**Рис. 8.** Уловы осетровых в Волго-Каспийском бассейне. Показаны суммарные уловы России, Казахстана, Туркменистана, Азербайджана и Ирана (Ходоревская и др., 2007)

В настоящее время устойчивый уровень эксплуатации мировых рыбных запасов превышен. Сегодня 80% рыбопромысловых популяций эксплуатируются полностью или чрезмерно, и лишь оставшиеся 20% популяций, которые можно отнести к слабо и умеренно эксплуатируемым, еще могут дать прибавку уловов (The state of world fisheries and aquaculture, 2008). К настоящему времени около 30% видов морских промысловых рыб и беспозвоночных из-за чрезмерной эксплуатации оказались в состоянии коллапса (то есть их уловы составляют менее 10% от максимальных величин), и при сохранении современных тенденций промысла к середине нынешнего века 80% ресурсных видов утратят свое промысловое значение (рис. 9, Worm et al., 2006).

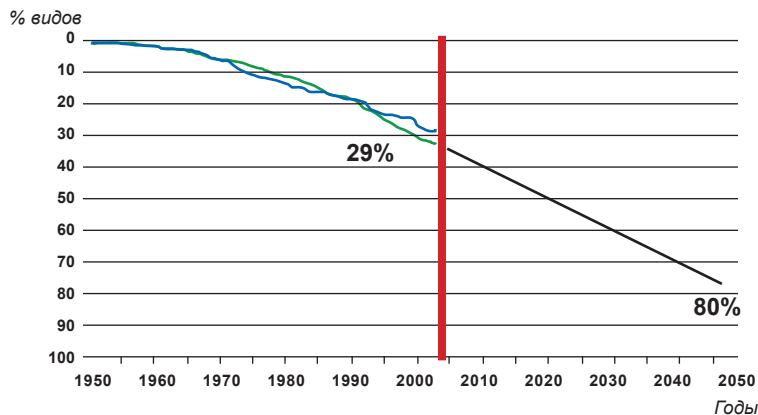


Рис. 9. Процент видов промысловых рыб и беспозвоночных, находящихся в состоянии коллапса (уловы которых сократились более, чем на 90% от максимального уровня). Осредненные данные по 64 рыбопромысловым регионам мира (по Worm et al., 2006, с изменениями)

Сегодня увеличение производства рыбной продукции в мире обеспечивается интенсивным ростом аквакультуры (рис. 10). Однако ее стихийное развитие наносит большой вред водным экосистемам за счет их загрязнения, эвтрофикации и нарушения структуры природных популяций рыб и других гидробионтов.

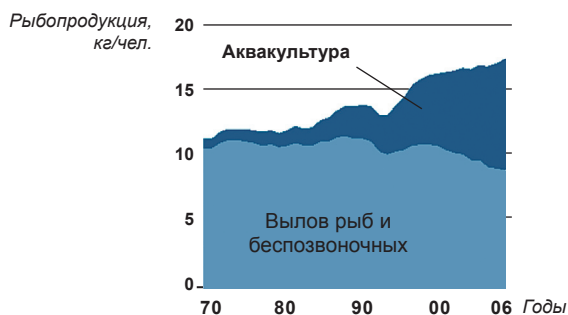


Рис. 10. Производство рыбной продукции на душу населения в мире с 1970 по 2006 гг. (The state of world fisheries and aquaculture, 2008)

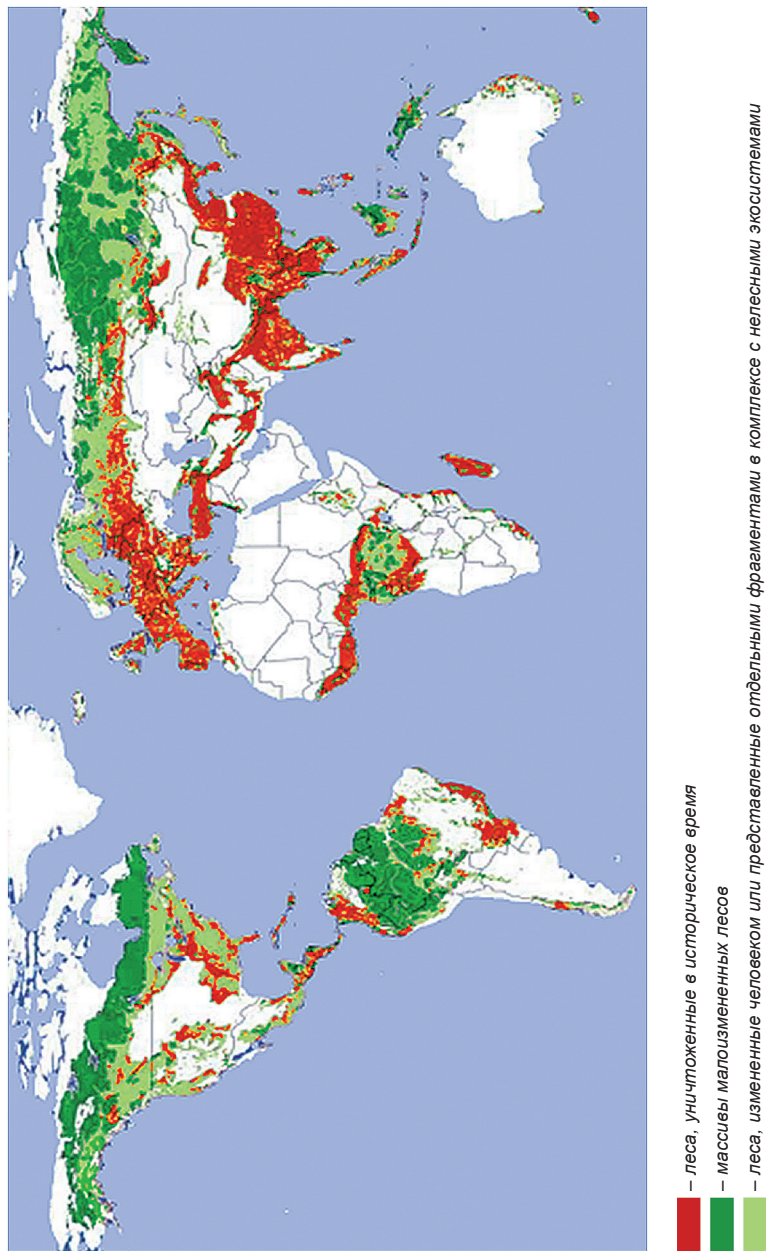


Рис. 11. Сокращение лесного покрова в историческое время (Bryant et al., 1997)

## Лесопользование

Десять тысяч лет назад до начала развития сельского хозяйства леса занимали почти 60% суши. С тех пор человек сократил площадь лесов в два раза — сейчас они занимают 27% (рис. 11).

Большая часть сохранившихся лесов (53%) представлена вторичными древостоями, сформировавшимися на месте вырубок и гарей, 11% лесной площади представлено лесопосадками и полуестественными лесами<sup>6</sup>, и лишь 36% лесов можно считать коренными или малоизмененными (Global Forest Resources Assessment 2005). Следует отметить, что биоразнообразия в лесах, измененных интенсивными рубками, рекреационным прессом и промышленными загрязнениями, и в лесопосадках с упрощенной структурой значительно ниже, и они существенно менее эффективны с точки зрения выполнения экосистемных регулирующих функций, чем ненарушенные природные сообщества, что выражается прежде всего в снижении суммарной активности фотосинтеза и аккумуляции CO<sub>2</sub> в фитопродукции, ослаблении регулирования водного режима.

Россия обладает крупнейшими лесными ресурсами, занимая первое место по площади лесов, составляющей более 20% от общей мировой лесной площади (рис. 12). Следующие за нами Бразилия и

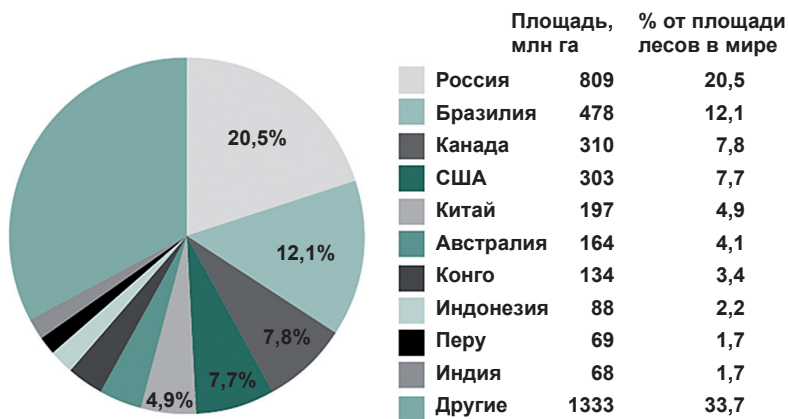


Рис. 12. Десять стран с крупнейшими площадями леса, 2005 г. (Global Forest Resources Assessment 2005)

<sup>6</sup> Комплексы лесопосадок и отдельных участков естественного леса.

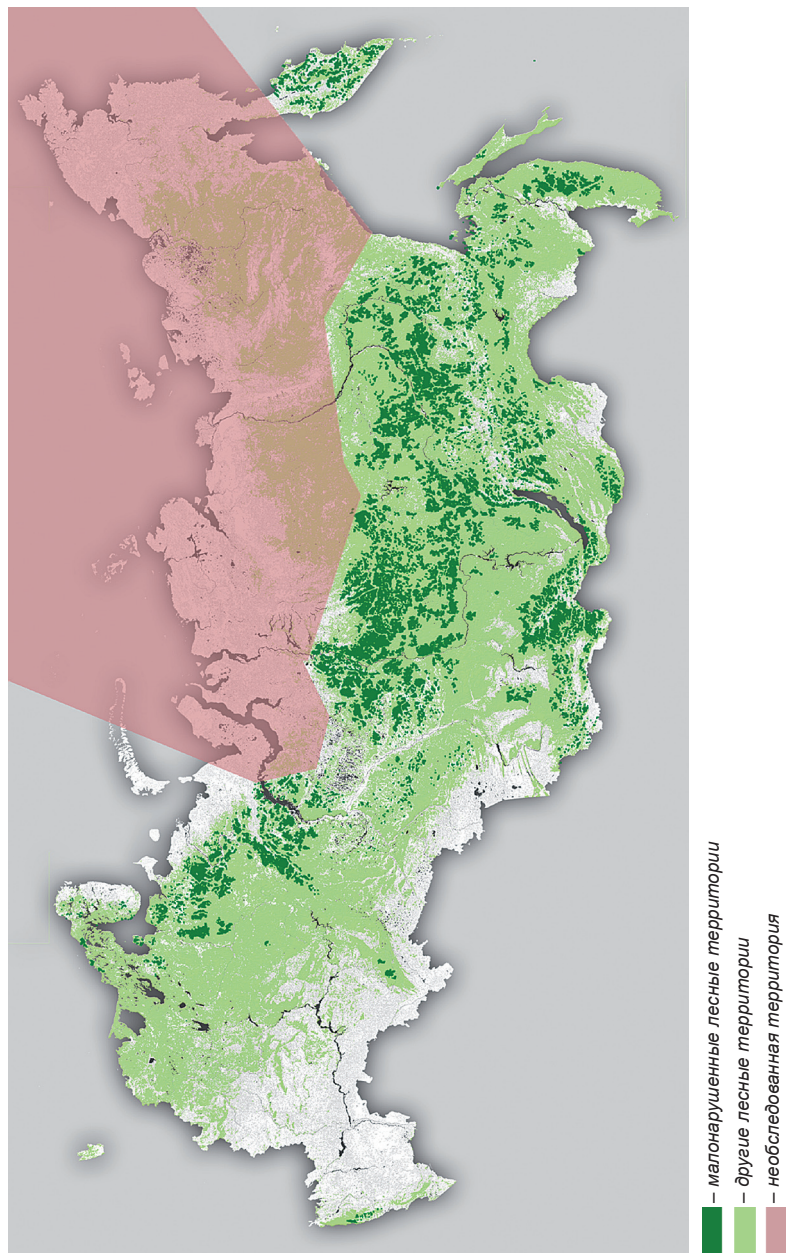


Рис. 13. Малонарушенные леса России (Атлас малонарушенных природных территорий, 2003)

Канада владеют соответственно 12 и 8% лесных площадей (Global Forest Resources Assessment 2005).

Однако огромная площадь лесов в России не может служить основанием для резкого увеличения добычи леса. Надо помнить, что у нас огромные площади заняты малопродуктивными лесами на болотах и вечной мерзлоте. Кроме того, наши леса уже достаточно сильно изменены человеком: коренные и малонарушенные<sup>7</sup> лесные массивы занимают не более 30% общей площади лесов в России (рис. 13) (Атлас малонарушенных природных территорий, 2003), что ниже среднемирового показателя, составляющего 36% (Global Forest Resources Assessment 2005).

Экономическая и экологическая целесообразность планируемого увеличения объема лесозаготовок и освоения новых лесопромысловых районов требует проверки. Эффективность переработки древесины в российской лесопромышленном комплексе крайне низка (добавленная стоимость на кубометр заготовленного леса у нас в несколько раз ниже чем в таких странах, как Финляндия, Швеция, Канада, США, Германия. Сопоставление данных отчета FAO «Global Forest Resources Assessment 2005» об объемах заготовленной древесины и продукции деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной продукции в разных странах показывает, что в России производство пиломатериалов и древесных панелей на каждый кубометр заготовленного леса в 2-4 раза ниже, а бумаги и целлюлозы — в 3-6 раз ниже, чем аналогичные показатели в странах с развитым лесопромышленным комплексом. Целесообразно ли в этих условиях ставить задачу наращивания рубок леса?

Основная ценность лесов России измеряется не кубометрами добытой древесины, а эффективностью их средообразующих функций. Леса России, занимающие практически всю северную часть евразийского континента, являются ценнейшим экологическим ресурсом, стабилизирующим газовый состав атмосферы, водный режим, континентальный и глобальный климат.

Оценка общего состояния мировых лесных ресурсов и уровня их эксплуатации показывает, что, хотя потенциал получения древесины еще далек от критического состояния, возможности расширения экс-

---

<sup>7</sup> К малонарушенным лесным территориям отнесены целостные лесные участки, площадью более 50 тыс. га, не имеющие внутри постоянных поселений и действующих коммуникаций и не затронутые современной интенсивной хозяйственной деятельностью.

плуатации лесов ограничены опасностью деградации их средообразующих функций.

Таким образом, возможности наращивания эксплуатации продукционной функции ресурсов биосферы уже исчерпаны. В современном мире усиливается тенденция смещения «центра тяжести» в производстве биопродукции на создание и использование искусственных высокопродуктивных систем. Это относится к лесной (где наблюдается увеличение площади продуктивных лесопосадок в мире), рыбохозяйственной (где происходит бурное развитие аквакультуры), многим другим отраслям производства, использующим биологические ресурсы (пищевая, фармацевтическая, парфюмерная, текстильная и др.). В последние десятилетия прослеживается явная тенденция к созданию искусственных биокультур ресурсных видов растений, животных, микроорганизмов, заменяющих остатки первобытной «охотничьей» нагрузки человека на природные экосистемы. К традиционным сельскохозяйственным системам добавляются различные виды аквакультуры (включая марикультуру), вермиккультура как часть малоотходного сельского хозяйства, быстрозревающие лесокультуры, производственные культуры микроорганизмов и др.

### *ИНФОРМАЦИОННАЯ И ДУХОВНО-ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИИ*

Эти функции биоразнообразия представляют собой важный фактор культурно-экономического развития человечества. Экономическое значение информационных функций биоразнообразия можно оценить по растущим масштабам объема мирового рынка генетических ресурсов, который сегодня уже сопоставим с объемами мировой торговли лесом и морепродуктами<sup>8</sup>. Сегодня в мире идет настоящая «охота» за природными генетическими ресурсами, использование которых в сельском хозяйстве и промышленности бурно растет благодаря развитию биотехнологий. Появились даже специальные термины «биоразведка» (поиск новых генетических ресурсов) и «биопиратство» (нелегальное

---

<sup>8</sup> В начале 2000-х гг. оборот лекарств и косметической продукции, полученных из природных генетических ресурсов оценивался в 98 млрд долларов (The International Regime for Bioprospecting, 2003). Для сравнения: по данным ФАО мировой экспорт рыбопродукции в 2002 г. составил 58 млрд долларов, мировой экспорт лесной продукции в 2003 г. — 150 млрд долларов (Global Forest Resources Assessment 2005; The state of world fisheries and aquaculture, 2008).



использование генетических ресурсов). Вопросы прав собственности на природные генетические ресурсы оказались в центре споров о разделении прибыли от биотехнологических продуктов, полученных с их использованием. Развивается практика заключения контрактов между биотехнологическими компаниями и администрациями природных территорий, на которых осуществляется поиск новых генетических ресурсов<sup>9</sup> (Калакуцкий, 2001, *The International Regime for Bioprospecting*, 2003).

Ключевое значение в поддержании информационных функций биоразнообразия имеет задача создания биологических коллекций — банков семян, культур тканей и микробиологических объектов, зоологических коллекций, гербариев. Во многих странах имеются государственные программы поддержки биологических коллекций, что свидетельствует о существовании там понимания высокой значимости информационных функций биоразнообразия для развития общества и экономики.

Повышение ценности духовно-эстетической и информационной функций биоразнообразия проявляется также в развитии экологического туризма, объемы ежегодного рынка которого растут быстрее всех остальных форм туризма и сегодня исчисляются десятками миллиардов долларов.

Значение информационных и духовно-эстетических функций в будущем будет только нарастать по мере развития биотехнологий и повышения качества жизни людей.

### *СРЕДООБРАЗУЮЩАЯ ФУНКЦИЯ*

Эти функции являются самыми важными для человечества и биосферы в целом, хотя понимание этого приходит к нам лишь сегодня. В истории нашей планеты именно жизнедеятельность биоты сформировала сегодняшний состав атмосферы, почву и другие условия среды, которые делают возможным существование человека. Только благодаря жизнедеятельности живых организмов у нас есть чистая вода, пригодный для дыхания воздух, плодородные почвы, устойчивый климат.

<sup>9</sup> Например, контракт между фирмой “Diversa” и Иеллоустонским национальным парком, где в 1966 г. из горячего источника была выделена бактерия, использованная для разработки полимеразной цепной реакции (ПЦР), применение которой в биотехнологии и медицине в последствии принесло большие прибыли (Калакуцкий, 2001).

Основными средообразующими функциями природных биосистем являются следующие:

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

Основой современных представлений о механизмах природной регуляции среды, как необходимого условия существования человечества, являются, с одной стороны, концепции биосферы В.И. Вернадского, Геи Дж. Лавлока, биотической регуляции среды (Горшков, 1995; Горшков и др., 1999), а с другой — опыт классических экологических исследований регуляторных механизмов внутри популяций, видов, экологических сообществ и экосистем, позволившие конкретизировать понятия средообразующих функций, поддерживающих и регулирующих экосистемных услуг, и роль биологического разнообразия в их осуществлении. Однако интеграция результатов детальных исследований отдельных сообществ и экосистем с региональными и глобальными моделями требует специальных усилий (Naaem et al., 2007). Это позволит детализировать роль биоты в поддержании баланса биосферных процессов.

Масштабное сокращение площади природных экосистем и уничтожение биологического разнообразия на планете неизбежно ведет к снижению мощности природных регуляторных функций. Как было сказано выше, к сегодняшнему дню человек уничтожил или сильно изменил половину продуктивных экосистем суши — то есть вывел из строя или нарушил работу половины наземной «биосферной машины» по регуляции среды. Если раньше экологический ущерб от антропогенных нарушений экосистем вызывал опасения прежде всего на локальном и региональном уровнях, то сегодня становятся очевидными глобальные последствия этого процесса (Foley et al., 2005).

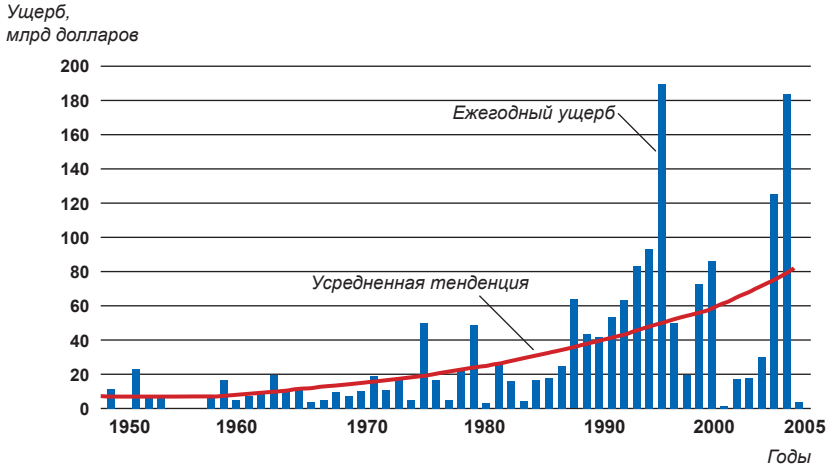


Рис. 14. Рост ущерба от стихийных бедствий в мире (Global environment outlook 4, 2007)

На глобальном уровне нарушение биосферных регуляторных механизмов проявляется в климатических изменениях и устойчивом росте в течение последних десятилетий числа стихийных бедствий и размера нанесенного ими ущерба (рис. 14).

Экстремальные погодные события 2005—2007 гг. явились одной из причин роста в последние 3 года цен на продовольствие и увеличения числа голодающих людей в мире после 15 лет успешной борьбы с голодом, года это число неуклонно снижалось (The state of food and agriculture, 2008). В ближайшем будущем возможности обеспечения населения продовольствием и вероятность развития локальных и глобальных продовольственных кризисов во многом будут определяться климатическими изменениями. Еще несколько лет назад основная часть прогнозов соглашалась с тем, что разные изменения климата в разных регионах приведут к падению сельскохозяйственного производства в одних и росту в других регионах, что даст возможность перераспределения продовольствия (Millennium ecosystem assessment, 2005; Ежегодник ЭП, 2006). Теперь появились прогнозы глобального снижения уровня продовольственной безопасности из-за увеличения частоты сверхжарких периодов, как в тропической, так и в умеренной зонах, что снизит устойчивость сельскохозяйственного производства в мире в целом (Battisti, Naylor, 2009).

В отношении обеспеченности населения водными ресурсами изменения климата также ведут к росту проблем и напряженности. В соответствии с прогнозом Межправительственной группы экспертов по вопросам изменения климата «Изменения климата и вода» (Climate Change and Water, 2008) неравномерность выпадения осадков будет усиливаться и в большинстве регионов, сегодня испытывающих дефицит воды, будет становиться еще суше. Повсеместное усиление неравномерности выпадения осадков во времени (чередование сухих периодов и сильных ливней) также будет усложнять задачу водообеспечения, в особенности в регионах, где снижена водорегулирующая функция природных экосистем.

Специалистами из разных областей науки высказано большое количество гипотез (включая чисто астрономические и геологические) о механизмах колебаний климата Земли. Идут споры о том, что является ведущей причиной современных климатических изменений — деятельность человека или природные процессы. Четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (Изменение климата..., 2007) повысил по сравнению с Третьим докладом вероятность того, что потепление вызвано увеличением концентрации антропогенных парниковых газов, и прежде всего  $\text{CO}_2$ . В проекте Климатической доктрины РФ<sup>10</sup> хозяйственная деятельность человека, и прежде всего выбросы парниковых газов, рассматриваются как важный фактор климатических изменений. Но роль  $\text{CO}_2$  и других парниковых газов в наблюдаемом потеплении остается предметом научных споров (Кондратьев, Демирчян, 2001). Однако, вне зависимости от того, как будет решен этот «большой климатический спор», очевидно, что один из мощнейших факторов, влияющих сегодня на климат — разрушение природных экосистем человеком. Даже если первичным двигателем климатических изменений являются геологические или астрономические факторы, деятельность человека сильнее всего образом модифицирует этот процесс.

Основное внимание общества приковано сегодня к задаче сокращения выбросов углерода в атмосферу в результате сжигания топлива. В то же время в тени остается не менее важный фактор — уничтожение природных экосистем и нерациональное землепользование, в результате чего в атмосферу было выброшено больше углерода, чем

---

<sup>10</sup> [http://www.mnr.gov.ru/files/part/9500\\_project\\_climate\\_doktrine.doc](http://www.mnr.gov.ru/files/part/9500_project_climate_doktrine.doc)

всей промышленностью<sup>11</sup> (Данилов-Данильян и др., 2005; Залиханов и др., 2006). Но еще опаснее то, что, уничтожая природные экосистемы, человек разрушает естественный механизм фиксации атмосферного углерода, который мог бы компенсировать его антропогенные выбросы. Результаты последних исследований свидетельствуют, что функция экосистем по регуляции круговорота углерода существенно ослаблена человеком и способность экосистем поглощать растущие антропогенные выбросы CO<sub>2</sub>, вероятно, близка к пределу (Canadell et al., 2007). Оценки проекта GEF/UNEP/FAO Global Assessment of Land Degradation and Improvement (GLADA) показали, что, несмотря на увеличение с 1981 по 2003 г. суммарных глобальных показателей активности фотосинтеза на суше<sup>12</sup> на 3,8%, происходит расширение территорий, где она устойчиво снижается<sup>13</sup>. Если в 1991 г. снижение биологической продуктивности было зарегистрировано на 15% территории суши, то в начале 2000-х гг. — уже на 24% (Bai et al., 2008).

На региональном уровне разрушение природных механизмов регуляции среды влечет огромный ущерб для экономики стран и подрывает их экологическую безопасность, представляя угрозу для здоровья и жизни людей. Ниже приведены некоторые примеры.

---

<sup>11</sup> За всю историю человечества выбросы углерода в атмосферу из-за разрушения природных экосистем (прежде всего, распахки степей и сведения лесов) составили 180 млрд т, а промышленные выбросы (до 1980 г.) — 160 млрд т (Данилов-Данильян и др., 2005).

<sup>12</sup> Вычисляются на основании NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) или вегетационного индекса — количественного показателя плотности фотосинтетически активной биомассы в определенной точке изображения, вычисляемый на основе разницы интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне. В красной области спектра лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области — зона максимального отражения листьев. Малое отражение в красной области спектра и большое в инфракрасной говорит о высокой фотосинтетической активности растительности.

<sup>13</sup> К 2003 году наиболее сильное снижение продуктивности наблюдалось в следующих регионах: Африка к югу от экватора; Юго-Восточная Азия (Индокитай и Малайский архипелаг); южная часть Китая; северная и центральная части Австралии; степная зона Южной Америки; отдельные районы зоны boreальных лесов Северной Америки и Сибири (Bai et al., 2008). Однако пока обрабатывались эти данные картина успела измениться и к этому списку, видимо, следует прибавить Амазонию, где сильнейшая засуха 2005 г. привела к превращению тропических лесов этого региона из поглотителей углерода в его источник (Phillips et al., 2009).

В 1998—2005 гг. ливневые дожди вызвали затопление многих районов Европы, в 2005 году только в Альпах ущерб достиг 2 млрд. долл. США. Экстремальная погода была не единственной причиной этого. Увеличение ущерба от наводнений в Европе за последнее десятилетие во многом является следствием уничтожения природных экосистем в результате канализации рек, осушения болот, сведения лесов, покрытия больших площадей асфальтом и другими твердыми материалами. (Ежегодник ГЭП, 2006).

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 2004 г.) связано с уничтожением природных водно-болотных экосистем на побережьях, которые снижали силу ветра и подъем 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).

В начале 2000-х гг. лесные и торфяные пожары в Центральном и Северо-Западном Федеральных округах нанесли большой материальный ущерб и вред здоровью населения не только непосредственно в районах пожаров, но и в крупных городах (Москва, Санкт-Петербург и др.). Этот ущерб является результатом утраты из-за разработки торфяных залежей и осушения лесов одной из важнейших средообразующих функций болот и заболоченных лесов — функции регулирования гидрологического режима территорий.

Ежегодный ущерб от сведения лесов в Китае в начале 1990-х гг. составил 12% ВВП, при этом основная часть ущерба была результатом нарушения средообразующих (а не продукционных) функций леса, что привело к катастрофическому уровню ветровой и водной эрозии почв, пыльным бурям, опустыниванию, загрязнению океана масштабными речными выносами грунта и почвы (рис. 15, Yu-Shi et al., 1997). Следует отметить, что в последние годы в Китае выделяются большие средства на восстановление лесов и сегодня 70% мирового прироста площади лесов происходит именно за счет китайских лесопосадок.

Наибольшая скорость сокращения лесов сегодня наблюдается в бассейне Амазонки (Global Forest Resources Assessment 2005), что вызвано ростом спроса на сельскохозяйственную продукцию и биотопливо (в Бразилии оно производится из сахарного тростника). Сведение лесов в этом регионе ведет к деградации их климаторегулирующей функции. Вместо них формируются саванновые сообщества, растет вероят-

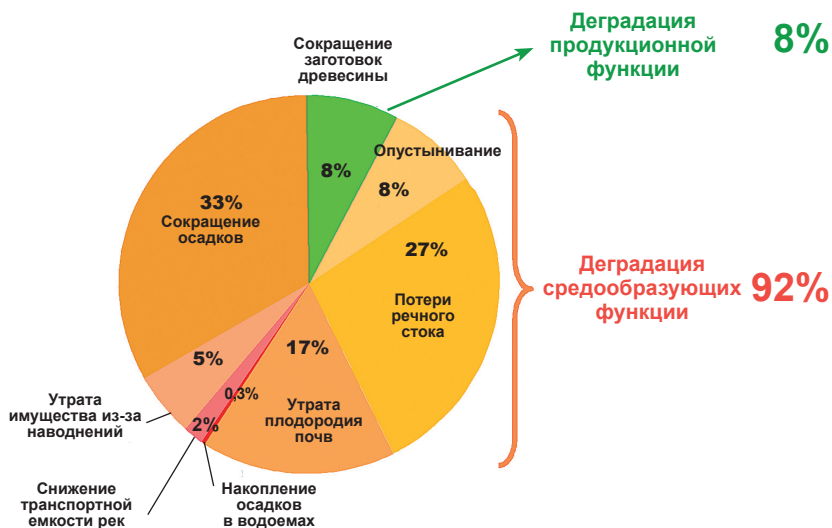


Рис. 15. Ежегодный экономический ущерб от уничтожения лесов, 1992 г. (по данным Yu-Shi et al, 1997)

ность пожаров и экстремальных засух. Засуха 2005-2007 гг. привела к обмелению Амазонки, прекращению судоходства, массовой гибели рыбы. Десятки тысяч людей остались без чистой воды и пищи, возникла опасность эпидемии, регион был объявлен зоной бедствия (РИА «Новости», 2005, <http://www.rian.ru/weather/20051017/41795248.html>). Взаимоусиливающаяся обратная связь «деградация лесов — иссушение климата — увеличение пожаров» приводит к масштабной гибели амазонских лесов, что в ближайшие десятилетия окажет сильное влияние на глобальный климат (Nepstad et al., 2008).

Эти примеры показывают, насколько важна роль лесов в регуляции климата и водного режима. Они удерживают и испаряют огромное количество воды, которая конденсируется и выпадает в этом же регионе в виде осадков (например, в бассейне Амазонке больше половины всей влаги циркулирует в системе «растительность — локальная атмосфера»). Испарение лесами влаги (наряду с изменением альбеда поверхности и скорости ветра) формирует режим циркуляции воздушных масс, осадков и температуры в региональном, континентальном и даже глобальном

масштабах (Горшков, Макарьева, 2006), при этом особенно важную роль леса играют в формировании гидрологического режима обширных равнинных территорий удаленных от океана на сотни и тысячи километров, что российские исследователи понимали еще в начале прошлого века (Берг, 1922). Обезлесение обширных территорий трансформирует глобальную климатическую систему. В частности, моделирование изменений в атмосфере при сведении тропических лесов в разных регионах (Южной Америке, Африке и Юго-Восточно Азии) показало, что вызванные им изменения климата могут ощущаться за многие тысячи километров на других континентах (Avissar, Werth, 2005; Hasler et al., 2009; Gordon et al., 2005).

## НОВОЕ СОСТОЯНИЕ БИОСФЕРЫ И НЕОБХОДИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СТРАТЕГИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Амстердамская декларация 2001 г.<sup>14</sup>, подчеркивает, 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 (1988) еще в первой половине XX века охарактеризовал, как «ноосферу», в силу того, что деятельность человека стала крупнейшей геологическим фактором. В последнее время обсуждается необходимость введения новой геохронологической эпохи — «антропоцена» (Crutzen, Stoermer, 2000)<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Декларация принята на конференции «Вызовы изменяющейся Земли» («Challenges of a Changing Earth: Global Open Science Conference») в июле 2001 г. в Амстердаме участниками четырех международных неправительственных программ: Международной геосферно-биосферной программы (МГБП/IGBP), Международной программы по «человеческим измерениям» глобальных изменений (МПЧИ/INHP), Всемирной программы исследований климата (ВПИК/WCRP), Международной программы DIVERSITAS по проблеме биоразнообразия (<http://www.igbp.net/documents/amsterdam-declaration.pdf>).

<sup>15</sup> В.И. Вернадский (1988) отмечает, что представление о человеке, как о растущей мощной геологической силе, высказывал геолог академик А.П. Павлов (1854-1929), который говорил о наступлении антропогенной эры. Еще ранее о геологической роли человека и наступлении «царства человека» писали Бюффон (1707–1788) и Л. Агассиц (Агассис) (1807–1873).



Качественные изменения системы взаимоотношений «человек — биосфера» совпадают с периодом демографического перехода от гиперболического роста населения к его стабилизации<sup>16</sup> и радикальной перестройки механизмов развития цивилизации. Согласно «принципу демографического императива» (Капица, 1997) считается, что этот переход определяется не ограничением внешних ресурсов, а законами саморазвития человеческой цивилизации. Однако сегодня уже очевидно, что исчерпаемость биосферных ресурсов начинает играть определяющую роль в дальнейшем развитии человечества, поэтому коренные изменения должны произойти также и в сфере отношений человека к природе, его представлениях о ценности природных ресурсов и стратегии их потребления.

Существенным возражением против признания ключевой роли глобальных экологических ограничений в развитии человечества является возможность расширения ресурсной базы человечества за счет новых технологий. Несомненно, что новые технологии будут увеличивать эффективность использования имеющихся ресурсов и создавать новые ресурсы (например, новые источники энергии), обеспечивая все большее число людей. Эту закономерность предлагается по аналогии с «демографическим императивом» назвать «технологическим императивом», который гласит, что «численность людей не может превысить пределы, задаваемые освоенной технологической нишей» (Махов, 2006). Действительно, технологические инновации были во второй половине XX века одним из основных источников экономического роста — использование новых технологий обеспечило от 1/3 до 2/3 роста ВВП стран Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) с 1947 по 1973 г. (Millennium ecosystem assessment, 2005).

Однако, глобальные экологические ограничения на современном этапе развития человечества не снимаются развитием технологий, а, наоборот, во многих случаях усиливаются. В ходе НТР появились новые отрасли, многократно увеличившие потребление ресурсов, например, такие водоемкие отрасли, как атомная энергетика и химия полимеров

---

<sup>16</sup> Пик скорости прироста численности населения (2% в год) был пройден в конце 1960-х гг. Прирост за период 2005—2010, по оценкам, составит 1,17% в год, а к 2045—2050 гг. снизится до 0,36 % (Мировые демографические тенденции, 2009). Ожидается, что пик численности населения Земли будет достигнут в течение XXI века и составит около 10 млрд (Millennium ecosystem assessment, 2005).

(Данилов-Данильян, Лосев, 2008). Наглядным примером может служить увеличение «экологической цены» производства единицы продукции при интенсификации сельскохозяйственного производства. Например, в ряду «экстенсивное хозяйство<sup>17</sup> — интенсивное полеводство — промышленное животноводство — тепличное хозяйство» количество техногенной энергии, затраченной на производство единицы энергии, запасенной в произведенном продовольствии, возрастает в 10 раз на каждом этапе (Жученко, 2008). Современные темпы развития ресурсосберегающих технологий не могут компенсировать усиление давления на природу и рост потребления ресурсов биосферы.

Но самым важным является то, что современный научно-технический уровень человечества не позволяет ставить задачу масштабной замены природных механизмов регуляции среды какими-либо искусственными аналогами. Как известно, полностью замкнутую систему жизнеобеспечения даже для одного или нескольких человек 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. Системы жизнеобеспечения в современных космических аппаратах требуют периодического пополнения ресурсами и выведения отходов. Стоимость и сложность полномасштабной замены средообразующих функций природных экосистем искусственными аналогами превышают научно-технические и экономические возможности современной цивилизации.

Сегодня развитие человечества, наряду с демографическим и технологическим императивами, определяется также «экологическим императивом», когда проблема взаимоотношений общества и природы становится фактором, определяющим основные контуры цивилизации (Моисеев, 1994).

Представление о том, что ресурсы планеты не могут поддерживать неограниченный рост населения и его потребностей, сформировалось уже 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 заключал-

---

<sup>17</sup> Ведение сельского хозяйства без существенных капиталовложений, с незначительным применением техники или без нее, без использования искусственных удобрений и пестицидов.

ся лишь в том, где именно находится граница способности биосферы поддерживать определенную численность людей и объемы потребления ими ресурсов, иными словами — какова «емкость биосферы». Современное состояние основных ресурсов биосферы, включая ресурс регуляции среды, показывает, что человечество вплотную подошло к этому рубежу, хотя точных значений «емкости биосферы» мы не знаем. До сих пор нет четких представлений о работе «биосферной машины» жизнеобеспечения человечества. Несмотря на активные исследования в области климата, отсутствуют возможности надежного и однозначного прогноза развития биоты и ее углерод-аккумулирующей функции (Heimann, Reichstein, 2008; Purves, Pacala, 2008). Сегодня скорость разрушения биосферы превышает скорость ее познания. Науке известно только около 10-15% видов живых организмов, и большинство видов, исчезающих с лица Земли из-за действий человека и климатических изменений, остается неизвестными науке.

Темпы изменений биосферы и роста потребления человеком ее ресурсов сегодня настолько высоки, что вопрос о точных значениях «емкости» биосферы можно считать неактуальным. В этих условиях даже при отсутствии точных оценок «емкости биосферы» и прогноза ее развития необходимо принятие радикальных мер, направленных на снижение потребления ресурсов биосферы и восстановление природных экосистем. Эта позиция соответствует принципу предосторожности Рио-де-Жанейрской декларации по окружающей среде и развитию (1992)<sup>18</sup>, который говорит о необходимости применения эффективных мер по охране окружающей среды даже в отсутствие полных научных данных, если имеется угроза серьезного или необратимого ущерба.

Необходимость незамедлительного принципиального изменения стратегии природопользования и перехода от современной социально-экономической модели наращивания потребления ресурсов биосферы к устойчивому взаимодействию с ней подчеркивают многие авторы (Заварзин, 2001, 2003; Осипов, 2003; Свердлов, 2004; Горшков и др., 2006; Данилов-Данильян, 2007; Залиханов и др., 2006; Касимов и др., 2004; Павлов, Букварева, 2007 и другие).

---

<sup>18</sup> <http://www.un.org/russian/document/declarat/riodecl.htm>

## ПРИОРИТЕТ РЕСУРСНОГО ЗНАЧЕНИЯ РЕГУЛЯТОРНЫХ ФУНКЦИЙ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ

Таким образом, человечество стоит перед проблемой истощения природных ресурсов и деградации жизненно-важных для человека экосистемных функций. Это заставляет пересмотреть наши представления о природных ресурсах и приоритеты в их использовании.

Ключевым биосферным ресурсом следует считать всю живую природу Земли (экосистемы, биотические сообщества, виды и популяции), поддерживающую баланс глобальных процессов масс-энергетического обмена и стабильные условия среды на глобальном, региональном и локальном уровнях. Ресурсная роль живой природы определяется, прежде всего, ее средообразующими функциями. При этом основным продуктом, необходимым для существования человека, является благоприятная и стабильная среда — необходимое условие развития экономики и обеспечения достойного качества жизни и здоровья людей. Максимальную пользу, в том числе и в экономическом выражении, человек получает, имея возможность развивать хозяйство в устойчивой окружающей среде. Поэтому основной экономически оправданной формой использования живой природы является сохранение и восстановление ее средообразующих функций, способности к самовоспроизводству и устойчивости к природным и антропогенным изменениям.

Устойчивость природных биосистем и эффективность их функций, в том числе и средообразующих, определяется их разнообразием на популяционном, видовом, ценотическом, экосистемном и биосферном уровнях. Поэтому биосферным ресурсом следует считать все существующее на Земле природное биологическое разнообразие. При оценке средообразующих функций и прогнозе их возможного изменения необходимо учитывать функции как биотических сообществ, так и отдельных видов и популяций.

С экономической точки зрения разрушение биоразнообразия и его функций является потерей основных ресурсных фондов. Оценки скорректированных чистых национальных сбережений показали, что включение потерь, связанных с нарушением природных сообществ, в интегральные экономические показатели существенно изменяет национальный баланс стран, экономика которых сильно зависит от природных ресурсов (Millennium ecosystem assessment, 2005). В стране могут уничтожаться леса, деградировать водные ресурсы и почвы, но

ВВП будет расти — сиюминутная видимость экономического роста будет создаваться за счет разрушения «основного природного капитала», подорывая возможности будущего развития страны.

К сожалению, реально работающие механизмы определения стратегических целей и принятия важнейших решений в области природопользования на национальном и международном уровнях еще крайне далеки от учета ценности средообразующих функций природы. Из-за того, что они не включены в стандартные системы экономических индикаторов, их разрушение не отражается на формальных показателях богатства стран и благосостояния населения. Принципиальная недооценка биоразнообразия и, прежде всего, его средообразующей функции, неизбежно ведет к его уничтожению, потому что проекты утилитарно-коммерческого использования биоресурсов и хозяйственной трансформации природных территорий в данный момент кажутся более выгодными. И этот губительный механизм продолжает действовать, несмотря на то, что «бумеранг уже вернулся» — ущерб, обусловленный уничтожением природных экосистем, стал существенным экономическим фактором.

Только в последние годы начались активные попытки включить ценность средообразующих функций природы в реальную экономику. Растет понимание того, что сохранение природных экосистем может быть экономически выгодным. Средообразующие функции живой природы начинают превращаться в товар, развиваются международные и национальные рынки экосистемных услуг. Наиболее ярким примером может служить Киотский протокол. Сегодня мировой «углеродный рынок» включает комплекс разнообразных механизмов перераспределения финансов от коммерческих структур и стран, которые выбрасывают парниковые газы, в пользу тех, кто способствует сокращению выбросов или поглощению парниковых газов. Объемы углеродного рынка растут быстрыми темпами (рис. 16).

Важнейшим достижением этого процесса является начало развития финансово-экономических механизмов, стимулирующих восстановление и сохранение лесов как природных хранилищ углерода (Программа предотвращения сведения и деградации лесов — Reduce Emission from Deforestation and forest Degradation, REDD). В 2007 г. Всемирный банк объявил об учреждении фонда Forest Carbon Partnership Facility (FCPF), назначение которого — поощрять страны мира в сохранении своих лесов. Прогнозируемые объемы рынка услуг по сохранению ле-

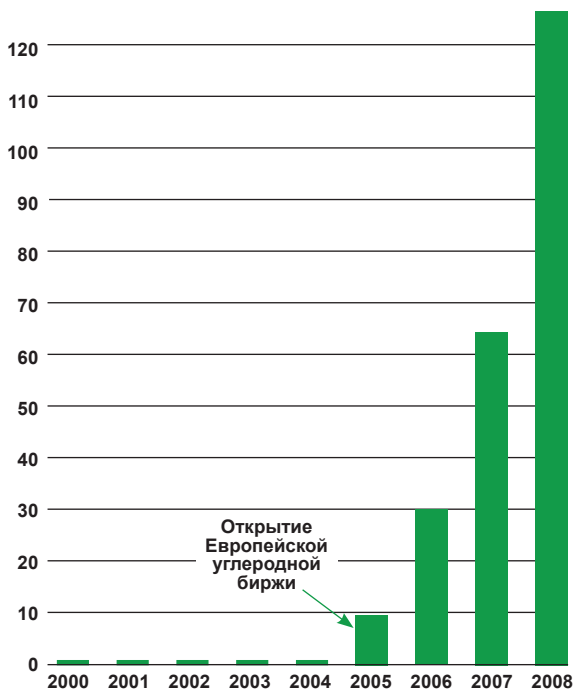


Рис. 16. Рост объема углеродного рынка (по данным: Millennium ecosystem assessment, 2005; Ежегодник ЮНЕП, 2008; State and Trends of the Carbon Market, 2008)

сов по программе REDD сопоставимы с объемами мировой торговли древесиной. Потенциальный рынок услуг по сохранению леса с учетом умеренной цены 10 долларов за тонну углерода и реальных возможностей развивающихся стран по сокращению рубок леса, составляет около 10 млрд. долларов в год, в то время как экспорт лесоматериалов из развивающихся стран в 2006 г. составил 39 млрд. долларов (Miles and Karos, 2008). Для сравнения: по данным Федеральной службы государственной статистики РФ экспорт продукции лесной и целлюлозно-бумажной промышленности из России в 2007 г. составил 12,3 млрд долларов США.

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 Services Getting Started: A Primer, 2008):

- широкую известность получил экономический расчет проекта водообеспечения Нью-Йорка, в котором было показано, что для поддержания приемлемого качества воды дешевле восстановить природные экосистемы на территории водосборного бассейна, чем строить дополнительные очистные сооружения;
- 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 выгодным платить фермерам за сохранение лесов на их землях, вместо строительства заводов по очистке воды;
- после большого наводнения в 1993 г. в США было показано, что вложение 3 млрд долларов в восстановление водорегулирующей функции водно-болотных угодий в верховьях рек Миссисипи и Миссури позволит в случае наводнения предотвратить ущерб в 16 млрд долларов (Postel, 2008).

Существующие примеры оплаты экосистемных функций или «услуг» важны как показатели готовности общества и бизнеса к изменению представлений о реальной ценности живой природы. Однако для преодоления современного экологического кризиса необходимо изменить концептуальные подходы к природопользованию и приоритеты значимости отдельных функций биоразнообразия на уровне государственной и международной политики.

## БИОРАЗНООБРАЗИЕ – ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ЭКОСИСТЕМНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Согласно Конвенции о биологическом разнообразии, понятие биологического разнообразия включает вариабельность живых систем всех иерархических уровней организации от организма до биосферы (рис. 17).

За последние 15 лет исследования роли биоразнообразия в осуществлении экосистемных функций стали одним из наиболее актуальных и быстроразвивающихся направлений экологии. Рост работ в этой области имел лавинообразный характер (рис. 18) (Balvaneira et al., 2006).

В рамках международной программы DIVERSITAS один из главных проектов – «ecoSERVICES» – посвящен изучению экосистемных функций биоразнообразия (Bulte et al., 2005). Наряду с большим числом

### Иерархия экологических систем

**Биосфера:** глобальное разнообразие экосистем; глобальное разнообразие видов

**Комплекс территориально сопряженных экосистем:** разнообразие экосистем

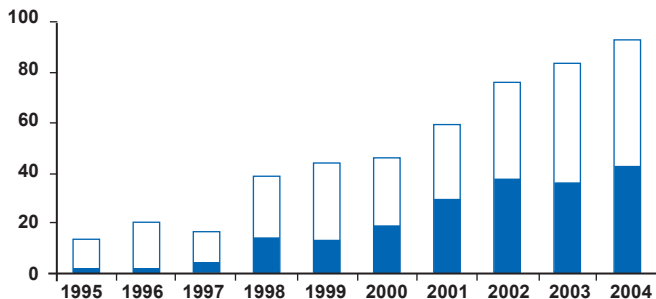
**Экосистема:** разнообразие видов, сообществ и биотопов

**Экологическое сообщество:** разнообразие видов (ценопопуляций) и связи между ними



Рис. 17. Основные уровни биологического разнообразия. Показаны иерархии экологических и популяционно-видовых систем и внутреннее разнообразие на их уровнях





**Рис. 18.** Число публикаций по теме «зависимость экосистемных функций от видового разнообразия (Balvaneira et al., 2006)

отдельных исследований с начала 1990-х годов ведутся масштабные международные экспериментальные проекты по исследованию влияния биоразнообразия на экосистемное функционирование:

- программа долговременных экологических исследований в США (LTER — Long Term Ecological Research) (Tilman, 1999; Symstad et al., 2003);
- проект BIODEPTH (BIODiversity and Ecosystem Processes in Terrestrial Herbaceous Ecosystems) — эксперименты с травянистыми сообществами разных природных зон в восьми странах Европы (Spehn et al., 2005);
- проект Ecotron — изучение искусственных лабораторных сообществ, состоящих из растений и беспозвоночных животных (Naeem et al., 1996).

По результатам этих исследований сделаны следующие основные выводы.

1. Разнообразие видов или их функциональных групп повышает интенсивность экосистемных функций (в качестве показателей используются суммарная биомасса сообщества, интенсивность дыхания, продуктивность) (Schwartz et al., 2000; Symstad et al., 2003; Spehn et al., 2005; Tilman et al., 2001). Для объяснения этой зависимости предложены два механизма:

- эффект выборки, предполагающий, что с ростом числа видов повышается вероятность присутствия в их числе наиболее продуктивных форм;

- комплементарный эффект, основанный на разделении экологических ниш и более полном использовании ресурсов в сообществе с большим числом видов.

2. Зависимость устойчивости сообществ от видового разнообразия оказалась менее очевидной. Однако, несмотря на некоторую противоречивость результатов, сделан предварительный вывод об общей тенденции повышения устойчивости (упругости, надежности) экосистемных функций при более высоком разнообразии (Tilman, 1999; Loreau et al., 2002). Для объяснения этого эффекта были предложены следующие основные механизмы:

- асинхронный и разнонаправленный ответ разных видов на колебания условий среды;
- стабилизация суммарной биомассы сообщества, обусловленная конкуренцией видов из-за которой при увеличении численности какого-либо вида, численность его конкурентов — снижается;
- «арифметический» эффект стабилизации при увеличении суммарной биомассы сообщества: если абсолютные значения амплитуды колебаний сохраняются, то их относительные показатели уменьшаются;
- «страховая» гипотеза (Yachi, Loreau, 1999), подразумевающая, что часть видов функционально дублирует друг друга (так называемые «избыточные» виды), но при изменениях среды некоторые из них могут оказаться более эффективными, обеспечивая стабильность суммарной функции — то есть сообщество как бы «страхует» себя от изменений среды.

В упомянутых выше многочисленных исследованиях рассматривается, как правило, разнообразие видов. Между тем, внутривидовое разнообразие играет не менее важную роль.

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. Новые примеры, подтверждающие эту

важную закономерность, получены в рамках программы Президиума РАН (Научные основы сохранения биоразнообразия России, 2006). В частности, выявлен существенный уровень генетического своеобразие географических форм у ряда видов деревьев семейства сосновых (Динамика популяционных генофондов). 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. 19), 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.

Проведенные исследования продемонстрировали первостепенную роль внутривидового разнообразия в процессах оптимизации экологических функций видов, как в локальных экосистемах, так и на обширном ареале. Внутривидовое разнообразие является основой стабильности и эффективности экологических функций вида в разнообразных и нестабильных условиях среды.

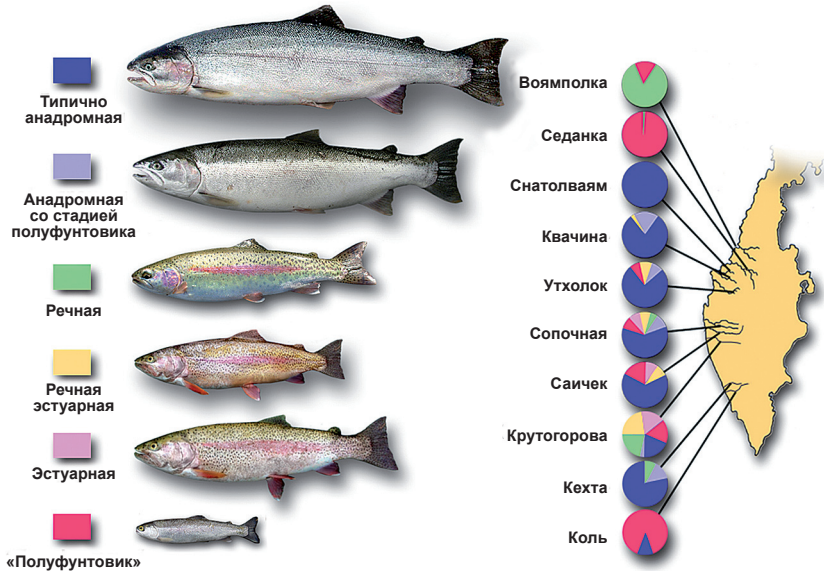


Рис. 19. Комплексы жизненных стратегий микижи в локальных популяциях Западной Камчатки (Стратегия сохранения камчатской микижи, 2007)

В рамках исследований по программе Президиума РАН (Научные основы сохранения биоразнообразия России, 2006), сделаны теоретические обобщения, подчеркивающие ключевую роль взаимосвязи видового, внутривидового и внутривидового разнообразия в обеспечении экосистемных функций. Концепция системы компенсационных механизмов (Чернов, 2005) рассматривает процессы, происходящие в сообществах и биотических системах в стрессовых условиях при обедненном видовом разнообразии. Часть из них можно рассматривать как способы оптимизации и стабилизации экологической функции видов и популяций за счет резервов их внутреннего разнообразия, а именно:

- механизм компенсации плотностью, позволяющий использовать освобождающиеся в стрессовых условиях экологические ниши;
- расширение экологических ниш видов;
- доминирование одного и того же вида в широком спектре сообществ;

- формирование в пределах одной экосистемы комплексов внутривидовых экологических форм.

Еще одной гипотезой может служить принцип оптимального разнообразия биосистем (Букварева, Алещенко, 2005), основанный на том, что жизнеспособность и эффективность биосистем максимальны при некоторых оптимальных значениях их внутреннего разнообразия, к которым близки характеристики ненарушенных природных систем. При этом параметры видового и внутривидового разнообразия представляют собой взаимосвязанную систему, адаптирующуюся к условиям среды как единое целое. В частности, реакцией биосистем на антропогенную или естественную дестабилизацию среды является увеличение внутривидового разнообразия при сокращении числа видов в сообществе.

Говоря о ценности природных экосистем для поддержания биосферной регуляции, следует подчеркнуть, что критериями тут должны быть их средообразующие функции и степень сохранности (ненарушенности человеком), а не формальные показатели видового разнообразия, которые часто используются для выделения природных территорий, которые необходимо сохранить в первую очередь. Долгое время внимание мировой природоохранной общественности было приковано к тропическим странам, где сосредоточено основное видовое разнообразие. Возник даже специальный термин «megadiversity countries». Однако с точки зрения сохранения устойчивости биосферы этот подход неправомерен. По показателям видового разнообразия северные экосистемы несопоставимы с тропическими, но это несколько не умаляет их роль в биосферной регуляции. Природные экосистемы, виды и популяции имеют уровни разнообразия близкие к оптимальным для тех условий, в которых они длительное время развивались. Как отмечалось выше, в более суровых и менее стабильных по сравнению с тропиками условиях Севера, относительно невысокий уровень видового разнообразия компенсируется повышенным внутривидовым и внутривидовым разнообразием, что обеспечивает эффективное выполнение биосферных функций.

Таким образом, сегодня можно сделать вывод, имеющий критическое значение для теории и практики охраны природы: искусственное изменение разнообразия внутри сообществ, видов и популяций ведет к деградации их функций. Поэтому огромную опасность представляет не только полное уничтожение природных экосистем, но также нарушение

их естественной структуры, снижение или неестественное повышение в них биологического разнообразия.

Ключевое значение биоразнообразия для поддержания стабильности окружающей среды и устойчивого развития общества подчеркивают Конвенция о биологическом разнообразии (1992), Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России (2001), доклад «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» (2005). Экологическая доктрина Российской Федерации (2002)<sup>19</sup> в качестве одной из основных задач государственной экологической политики определяет «сохранение и восстановление ландшафтного и биологического разнообразия, достаточного для поддержания способности природных систем к саморегуляции и компенсации последствий антропогенной деятельности».

## ЭКОЛОГОЦЕНТРИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ КАК ОСНОВА ИЗМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПОВ И ЦЕЛЕЙ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Новую концепцию природопользования, которая должна прийти на смену стратегии изъятия ресурсов из природы, можно назвать «экологоцентрической», так как она выдвигает на первый план задачу оценки, сохранения и использования функций живой природы по регуляции среды. В качестве первого шага для начала обсуждения мы предлагаем примерный набросок ее основных положений.

- 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 состояния среды и воздействия человека на среду должна включать характеристики средообразующих функций природных биосистем (экологических сообществ, видов, популяций) и экосистем.

---

<sup>19</sup> Экологическая доктрина Российской Федерации. Одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 августа 2002 г. № 1225.

- 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.
- Продукционная функция должна смещаться на искусственные биопродукционные системы; использование продукционной функции природных экосистем (промысел рыбы и морепродуктов, добыча древесины) возможно лишь при сохранении их структуры и средообразующих функций.

Ресурсная ценность регуляторных механизмов живой природы должна определять принципы и цели природопользования. В отличие от других природных ресурсов, эксплуатация которых требует нарушения или уничтожения природных экосистем, видов и популяций, использование этого ресурса требует их сохранения. Принципиальным является вопрос о том, как эффективность средообразующих функций зависит от уровня нарушенности экосистем и биосистем и в какой степени антропогенно нарушенные системы могут выполнять свои средообразующие функции<sup>20</sup>. Частные аспекты этой проблемы традиционно исследуются в различных научных направлениях (в лесоведении, гидробиологии, почвоведении и др.), но как самостоятельную целостную задачу ее стали рассматривать только в последнее время.

В процессе сукцессионных изменений состава и структуры экосистем максимизируется замкнутость циклов элементов питания и совершенствуются механизмы биоценотической регуляции. Климаксные сообщества обладают наиболее совершенными средообразующими механизмами. Поэтому любая эксплуатация экосистем человеком, связанная с изъятием биомассы, нарушением структуры сообществ или их переводом в более ранние сукцессионные стадии ведет к ослаблению функций по регуляции среды. К аналогичным выводам также можно прийти на основе представлений о роли информации в природных системах (Горшков, 1995; Горшков и др., 1999) и оптимальном разнообразии биосистем (Букварева, Алешенко, 2006). Многочисленными

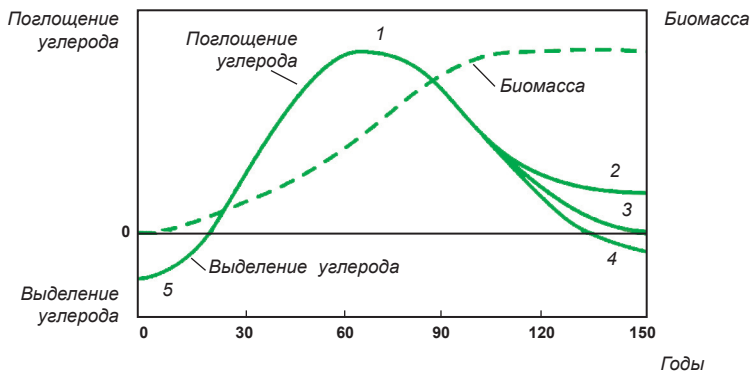
---

<sup>20</sup> Изменение экосистемных функций в результате климатических изменений, включая увеличение числа экстремальных явлений — это отдельная большая тема, которую нет возможности рассматривать в этой публикации.

исследованиями показано, что искусственное сокращение видового разнообразия ведет к снижению большинства показателей экосистемного функционирования (Павлов, Букварева, 2007). Ниже приведено несколько примеров снижения климаторегулирующей и водорегулирующей функций при нарушениях экосистем.

**Нарушения функции регуляции углеродного цикла.** Независимо от окончательного вывода климатологов относительно роли углекислого газа в формировании климата Земли, углеродный баланс экосистем является интегральным показателем их функционирования, так как отражает интенсивность основных процессов, происходящих в живых системах — фотосинтеза и дыхания — и, следовательно, создания биопродукции и ее деструкции.

Запас углерода в экосистеме (в биомассе, мортмассе, почве, торфе или донных осадках) максимален в климаксных сообществах. В то же время скорость аккумуляции углерода максимальна на начальных сукцессионных стадиях, характеризующихся наибольшей продуктивностью (1 на рис. 20). Нарушения экосистем, связанные с антропогенной актив-



**Рис. 20.** Изменения биомассы (пунктирная линия) и функции поглощения углерода (сплошная линия) наземной экосистемой в ходе вторичной сукцессии после вырубki леса (по Canadell et al., 2007a с изменениями). 1 — максимальная скорость поглощения углерода на средних стадиях сукцессии; 2 — стабильное поглощение углерода климаксным сообществом; 3 — переход к нейтральности; 4 — выделение углерода при нарушениях или изменении климата и водного режима; 5 — выделение углерода на начальных стадиях сукцессии сразу после вырубki или пожара.



ностью или дестабилизацией климата, с большой вероятностью снижают активность поглощения углерода и увеличивают его эмиссию, что может превратить экосистему в источник углерода (4 и 5 на рис. 20).

Роль экосистемы как поглотителя или источника углерода определяется соотношением скоростей аккумуляции углерода в ходе фотосинтеза и его выделения в процессе дыхания сообщества. К этим потокам следует прибавить выделение углерода при пожарах, а также изъятие его из экосистем человеком. В наземных экосистемах дыхание почвы составляет больше половины их суммарного дыхания, а запасы углерода в почвах в 3–5 раз больше его запасов в фитомассе. Если учесть, что дыхание экосистем во много раз превосходит объемы всей антропогенной эмиссии, то процессы, происходящие в почве, следует считать ключевым регулятором углеродного цикла, который до сих пор не учитывается в расчетах (Заварзин, Кудеяров, 2006). Нарушения растительности (при вырубках, пожарах, ветровалах и др.), а также дренирование заболоченных экосистем, как правило, ведут к увеличению температуры или уменьшению влажности

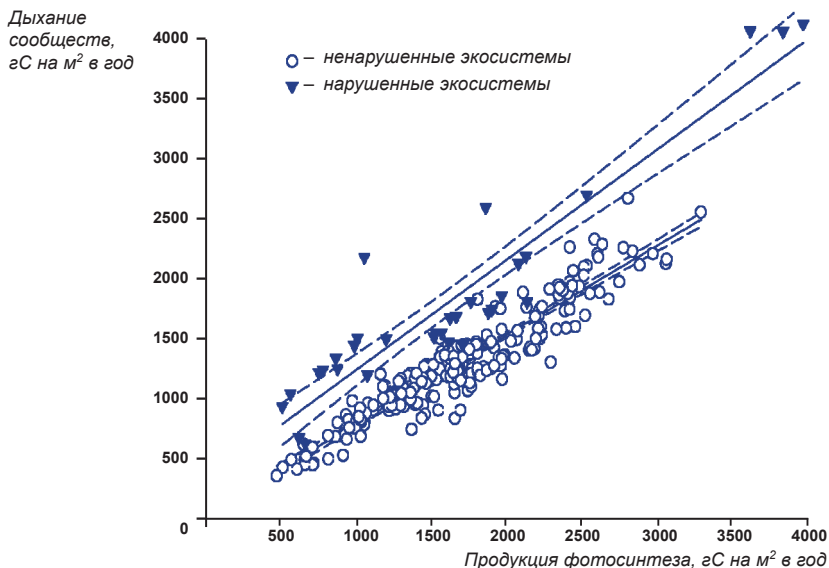


Рис. 21. Соотношение выделения и поглощения углерода при дыхании и фотосинтезе в нарушенных и ненарушенных экосистемах (Valdocchi, 2008)

почвы<sup>21</sup>, что усиливает почвенное дыхание и разложение растительной мортмассы, накапливающейся в наземных экосистемах. Анализ данных о потоках CO<sub>2</sub> между экосистемами и атмосферой, собранных по программе FLUXNET в разных типах экосистем по всему миру, показал наличие достоверного повышения интенсивности дыхания нарушенных экосистем по сравнению с ненарушенными (рис. 21) (Baldocchi, 2008).

Лесные экосистемы после пожаров, рубок или повреждений насекомыми 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 (Kurz et al., 2008)<sup>22</sup>. Послепожарная эмиссия углерода в результате разложения органики на горячих в несколько раз превышает его выбросы непосредственно во время пожара. Так, на охраняемой территории лесного фонда России в период 1990-2002 гг. эти потоки составили 10,2 и 0,9 тС в год соответственно (Замолотчиков и др., 2005).

Наибольшие выбросы углерода происходят при нарушениях болотных и заболоченных экосистем, торфяные отложения которых являются важнейшим резервуаром углерода на суше. Осушение торфяных болот, интенсифицировавшееся в последние годы в тропиках (прежде всего в Юго-Восточной Азии), является сегодня одним из важных источников углерода (Canadell et al., 2007 а).

Стратегия землепользования и интенсивность нарушения наземных экосистем, наряду с воздействием на них климатических изменений, является ключевым фактором, определяющим, какую роль они будут играть — источника или стока углерода, от чего, в свою очередь, зависит динамика содержания парниковых газов в атмосфере (Canadell et al., 2007 а).

**Нарушения функции регуляции гидрологического режима.** Расительность — мощный регулятор водного режима суши, и нарушения, а

---

<sup>21</sup> В местах с избыточным увлажнением может происходить обратный процесс — заболачивание экосистем из-за снижения испарения воды деревьями.

<sup>22</sup> Российские леса продолжают выполнять роль стоков углерода (Замолотчиков и др., 2005; Четвертое национальное сообщение Российской Федерации ..., 2006), так же как и территория России в целом (Заварзин, Кудяров, 2006).

тем более уничтожение природных экосистем является важнейшим фактором деградации водных ресурсов (Данилов-Данильян, Лосев, 2008). Ключевая роль естественной растительности, и в первую очередь лесов, в обеспечении качества воды<sup>23</sup>, предотвращении эрозии почв, снижение длительности и высоты паводков является общепризнанной (Calder et al., 2007), и любые нарушения природных экосистем приводят к снижению этих функций.

Что касается роли природных экосистем в регуляции запаса доступной пресной воды, то она зависит от масштаба рассматриваемой территории. Многие наблюдения показывают, что при частичном или полном уничтожении лесной растительности на небольших территориях (единицы — десятки км<sup>2</sup>) объем стока рек увеличивается, а в результате лесопосадок, наоборот, сокращается (Calder et al., 2007; Da Silva et al., 2008). Это объясняется более сильным потреблением и испарением воды деревьями по сравнению с другой растительностью. Однако при переходе к более крупным территориям (сотни и тысячи км<sup>2</sup>) картина меняется, так как начинает сказываться климаторегулирующая функция леса. На примере бассейна Амазонки показано, что по мере роста обезлесенной площади тенденция увеличения стока рек будет сменяться сокращением осадков, иссушением и потеплением регионального климата (Foley et al., 2007; Nepstad et al., 2008). Из-за 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 начнется необратимый процесс замены лесов травянистыми и саванноподобными сообществами (Liu et al., 2008). Как было отмечено выше, в Китае в начале 1990-х гг. 60% экономического ущерба, вызванного сведением лесов, составляли потери речного стока и сокращение осадков (Yu-shi et al., 1977).

Не менее важна роль болот в формировании гидрологического режима. Верховые болота и заболоченные леса с дождевым питанием являются источником формирования речного и подземного стока на равнинах (Заварзин, Дедыш, 2008). Они рассматриваются, как приоритетные экосистемы для регуляции водного режима и поддержания водных ресурсов (Forests and water, 2008).

---

<sup>23</sup> Программы по сохранению и восстановлению природных экосистем на водосборах для обеспечения населения качественной водой сегодня реализуются во многих странах мира (Payments for ecosystem services..., 2008; Postel, Thompson, 2005).

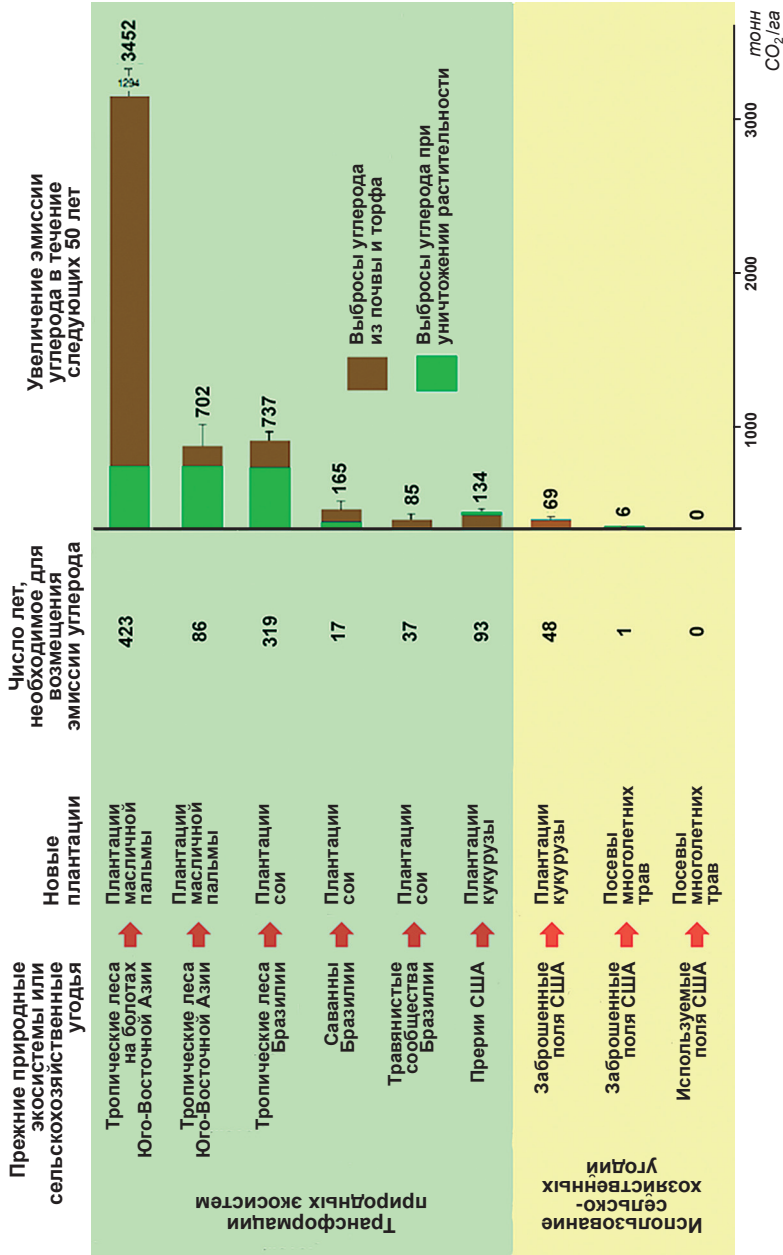


Рис. 22. Выделение углерода при преобразовании природных экосистем в плантации биотоплива (по Faigione et al., 2008, с изменениями)

Средообразующие функции наиболее эффективно реализуются типичными для данной местности природными сообществами. Попытки создания посадок быстрорастущих (и во многих случаях чужеродных для данных регионов) пород деревьев для улавливания углерода, особенно в условиях аридизированного климата оказались непродуктивными и привели к существенному сокращению стока рек (Foley et al., 2005; Jackson et al., 2005; Jackson et al., 2007)<sup>24</sup>. Особенно сильно сокращают речной сток посадки эвкалиптов. В ряде регионов, например, в ЮАР сегодня ведется активная работа по преодолению негативных последствий от распространения чужеродных видов деревьев и восстановлению типичных для этого региона кустарниковых и травяных сообществ (Postel, 2008).

**Плانتации биотоплива и функции экосистем.** Проекты производства биотоплива рассматривается как способ решения климатической проблемы<sup>25</sup>. В последние годы расширяются плантации для выращивания сахарного тростника (прежде всего — в Бразилии), масличной пальмы (прежде всего — в Индонезии) и других биотопливных культур (The state of food and agriculture, 2008). Однако, как выяснилось, масштабное создание плантаций биотоплива на месте природных экосистем лишь увеличивает выбросы углерода в атмосферу. Исследования, проведенные в тропических лесах и саваннах Южной Америки и Юго-Восточной Азии, а также в прериях США, показали, что при переводе природных экосистем в плантации для выращивания биотоплива в атмосферу выделяются большие потоки парниковых газов из почв, торфа и подстилки. Выбросы углекислого газа, в зависимости от типа экосистемы и выращиваемой культуры, могут от 17 до 420 раз превышать его «экономия» от использования выращенного биотоплива. В Амазонии и Малайзии для возмещения этой эмиссии углерода выращенным биотопливом потребуется 300—400 лет (рис. 22) (Fargione et al., 2008). Этот пример показывает, что действия, направленные на решение климатической задачи без учета возможных изменений сре-

<sup>24</sup> Функция улавливания и накопления углерода при этом тоже далеко не всегда улучшалась (Jackson et al., 2007).

<sup>25</sup> Часто более важными факторами в развитии биотопливных проектов является стремление стран обеспечить свою независимость от поставок углеводородов из других стран и резких колебаний цен на мировом нефтяном рынке; а также прямая экономическая выгода, если производство биотоплива обходится дешевле бензина (например, этанол из сахарного тростника в Бразилии).

дообразующих функций экосистем могут привести к прямо противоположному результату.

В России также рассматриваются проекты создания плантаций биотопливных культур и его производства из древесины и торфа (сайт Российской Национальной Биотопливной Ассоциации: [www.bioethanol.ru](http://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 учесть деградацию водорегулирующей роли торфяных экосистем, дополнительные выбросы углерода в атмосферу при разработке торфяных залежей, которые с большой вероятностью могут превысить «углеродную» цену полученного топлива.

**Коррекция целей управления природными биосистемами с учетом их средообразующих функций.** С древнейших времен главной целью воздействия человека на природные биосистемы было получение биопродукции (продовольствия, древесины, шкур, мехов и пр.). Сегодня к ней прибавляется целенаправленное изменение экосистем для интенсификации отдельных средообразующих функций (в первую очередь, связанных с регуляцией климата). Эти воздействия сопровождаются нарушением структуры природных биосистем и поэтому неизбежно изменяют комплекс их функций по регуляции среды в целом. Экологоцентрическая концепция природопользования, основываясь на приоритетной ценности средообразующих функций требует коррекции целей управления природными биосистемами.

При эксплуатации природных биологических ресурсов возникает противоречие между целями получения максимального устойчивого урожая и поддержания средообразующих функций (Букварева, Алещенко, 2006). Стратегии управления биосистемами для достижения этих целей различны. Так, для максимизации изъятия биомассы из экологического сообщества оптимальны ранние и средние стадии сукцессии, имеющие наиболее высокую продуктивность, а для сохранения средообразующих функций, оптимальны ненарушенные климаксные стадии. При эксплуатации отдельных популяций стратегия «максимального устойчивого урожая» направлена на минимизацию биомассы, которая остается в экосистеме (с точки зрения промысловика, «недоиспользование» популяции ведет к «потерям» полезной продукции). Это ведет к сильному сокращению потока энергии, идущего через популяцию и нарушает ее экосистемные функции. Имеется немало примеров нарушения средо-

образующих функций в результате целенаправленной модификации экосистем для увеличения производства продукции (Millennium ecosystem assessment, 2005). Таким образом, при ресурсной эксплуатации природных биосистем с учетом средообразующих функций цель управления должна смещаться с позиции «максимального устойчивого урожая» на оптимальное сочетание задач сохранения средообразующих функций и получения биопродукции.

Одним из основных 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.)<sup>26</sup> (Foley et al., 2005). Однако пока нельзя считать доказанным, что стратегия совмещения функций производства продукции и регулирования среды лучше обеспечивает достижение этих целей, чем стратегии разделения этих функций между ненарушенными природными экосистемами и высокотехнологичными замкнутыми производствами. Пока этот вопрос не решен, «экологически дружественные» варианты хозяйства априори могут приветствоваться только 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.

Новой быстро развивающейся формой преобразования экосистем сегодня являются различные «геоинженерные» проекты, направленные прежде всего на борьбу с глобальным потеплением (удобрение океанов и посадки быстрорастущих деревьев в целях поглощения углерода, укрытие ледников отражающими материалами, увеличение альbedo поверхности Земли за счет выращивания определенных растений или вырубki деревьев и кустарников в снежных регионах и другие). Сегодня уже имеются примеры того, как искусственное усиление отдельной функции без учета изменений всего комплекса средообразующих

---

<sup>26</sup> К высокотехнологичным индустриальным предприятиям по производству биомассы (животноводческим комплексам, тепличным хозяйствам, биотехнологическим заводам) следует предъявлять такие же экологические требования, как и к остальным производствам — минимизации воздействия на окружающую среду, включая занимаемую площадь, потребление энергии и загрязнение среды, добавив к ним возможное влияние на природную среду новейших технологий (нанотехнологий, биотехнологий, геной инженерии).

функций привело лишь к дополнительным экологическим проблемам (например, упомянутые выше «углеродные леса» и плантации биотоплива на месте природных экосистем). Масштабная реализация «геоинженерных» проектов в условиях недостатка знаний о взаимодействии биоты и климата и при отсутствии надежных прогнозов изменения всех средообразующих функций экосистем недопустима, так как может привести к непредсказуемым последствиям.

## ЭКОЛОГОЦЕНТРИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ КАК УСЛОВИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

Россия обладает крупнейшими массивами природных экосистем в мире, в том числе лесов, имеющих особую ценность для поддержания биосферной регуляции (рис. 23). На территории России представлены практически все типы экосистем и сосредоточено основное видовое разнообразие самого большого континентального региона планеты — Северной Евразии (Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России, 2001).

Площадь, тыс. км<sup>2</sup>

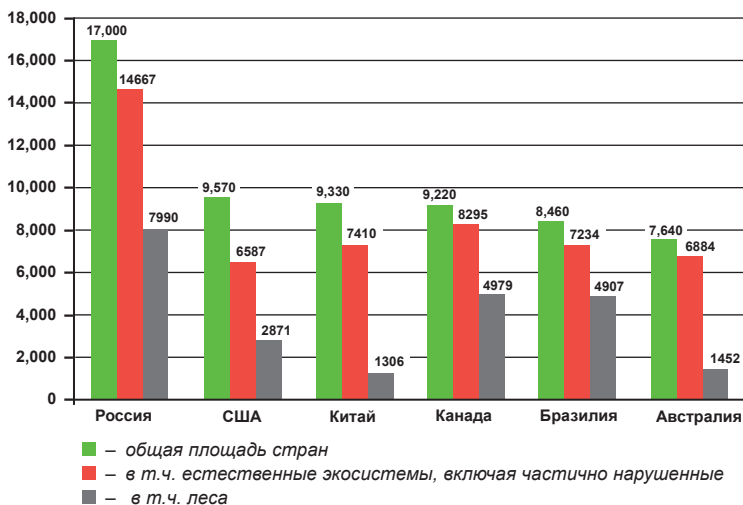


Рис. 23. Общая площадь и доля природных экосистем суши в крупнейших странах мира (по данным: Экономика сохранения биоразнообразия..., 2002)



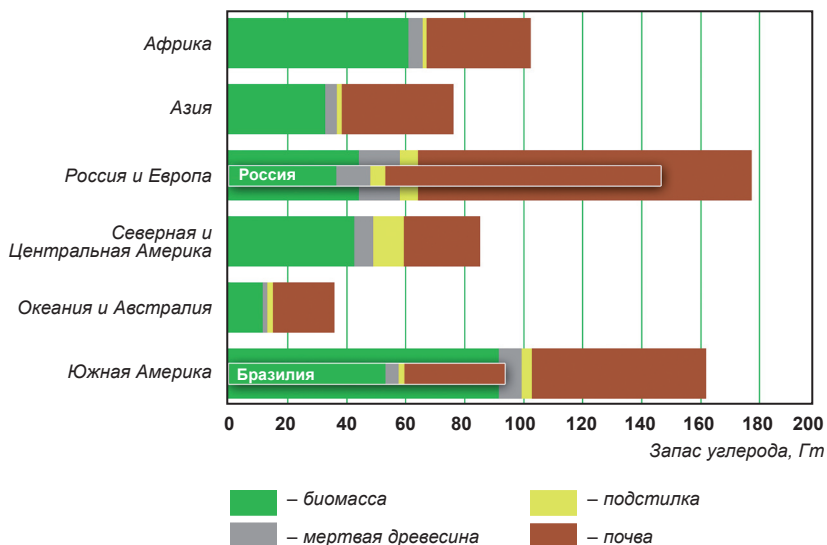


Рис. 24. Запасы углерода по регионам мира (по данным Global Forest Resources Assessment 2005)

Природные экосистемы России играют ключевую роль в поддержании газового баланса атмосферы. Российские леса являются крупнейшими хранилищами углерода (рис. 24).

Запасы углерода в почвах и растительности всех наземных экосистем России составляют 16% от мировых (причем большая часть запасов находится в почвах — 19,7% от мировых, в то время как в растительности — 7,2%) (Заварзин, Кудеяров, 2006). Кроме того, огромные количества углерода сохраняются в торфах, вечной мерзлоте и на арктическом шельфе.

От того, какую функцию будут выполнять российские экосистемы — поглотителей или источников углерода — во многом зависит масштаб будущих климатических изменений (рис. 25).

Водорегулирующие и водозащитные функции экосистем России также имеют мировое значение. Россия обладает крупнейшими в мире ресурсами пресной воды: ее запасы в наших озерах составляют более 20% мировых (Алексеевский, Гладкевич, 2003) объем годового стока

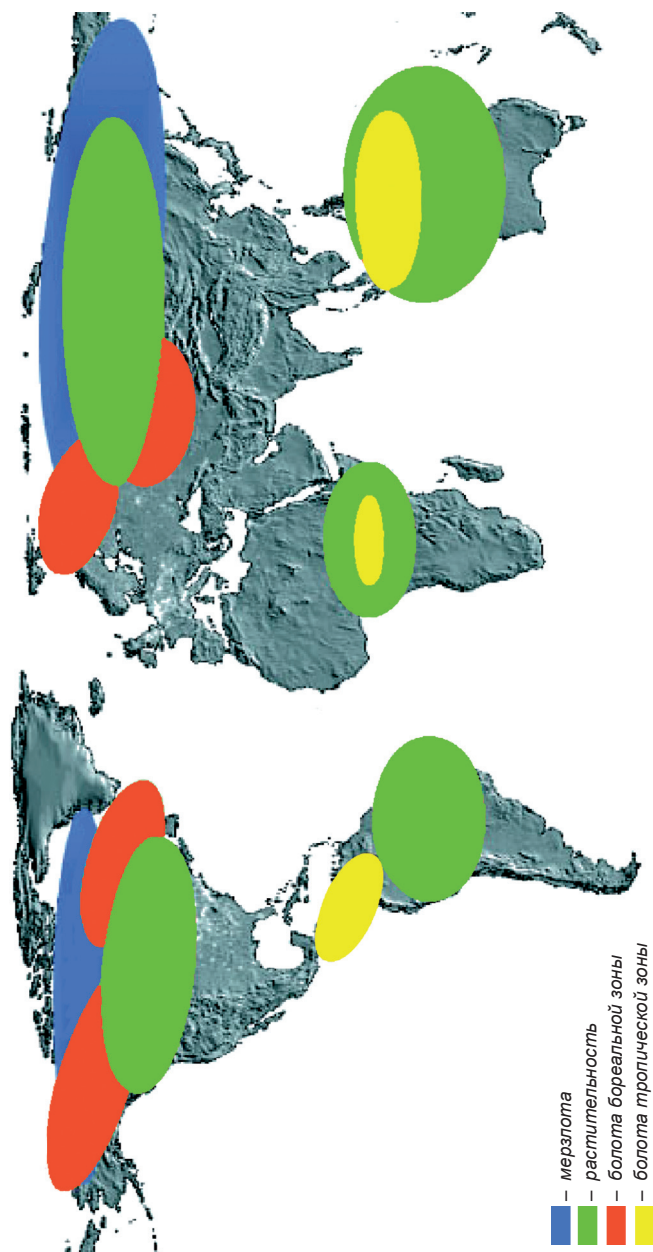


Рис. 25. Глобальные хранилища углерода в наземных экосистемах, функция которых может измениться в условиях климатических сдвигов и антропогенных воздействий (Canadell et al., 2007a)

рек уступает лишь Бразилии<sup>27</sup>. Этого богатства мы можем легко лишиться, если будут разрушены природные экосистемы.

В целом Россия является главным «экологическим донором» планеты, внося самый большой вклад в обеспечение устойчивости биосферы.

Переход к новой концепции природопользования является необходимым условием для решения следующих стратегических задач развития страны.

**Обеспечение достойного места России в формирующейся экологоцентричной системе международных отношений.** Глобальные саммиты и международные конвенции по вопросам окружающей среды и климата становятся важным фактором международной политики. Число стран, участвующих в этих процессах неуклонно растет. В будущем место стран в мире будет в значительной степени определяться их вкладом в биосферную устойчивость. Эффективная экологическая политика позволит России занять в новой мировой системе достойное место, адекватное ее ключевой роли в биосферной регуляции.

**Активное участие в международных рынках экосистемных услуг.** Как сказано выше, эти рынки сегодня развиваются бурными темпами и уже видны признаки усиления конкуренции. Например, приоритетное распространение финансового механизма REDD, стимулирующего сохранение лесов как природных хранилищ углерода (см. выше) прежде всего в развивающихся странах, может привести к перемещению этой услуги в тропические леса, в то время как бореальные леса, в том числе российские, начнут подвергаться более сильной эксплуатации (Miles, Karos, 2008). В результате страны, активно участвующие в рынках экосистемных услуг, будут получать прибыль, сохраняя свои природные ресурсы, а страны, выпавшие из этого процесса, будут усиливать эксплуатацию своих ресурсов, ухудшая качество среды и подрывая основы своей экологической безопасности. Активное включение России в международные рынки экосистемных услуг возможно лишь при наличии эффективной национальной экологической политики.

---

<sup>27</sup> По данным Второго доклада ООН о состоянии водных ресурсов мира (Water, a shared responsibility, 2006), суммарные возобновимые ресурсы пресной воды из всех источников (суммарный сток) составляют по странам: Бразилия — 8,2 км<sup>3</sup>/год; Россия — 4,5 км<sup>3</sup>/год; США — 3,0 км<sup>3</sup>/год; Канада — 2,9 км<sup>3</sup>/год; Китай и Индонезия — по 2,8 км<sup>3</sup>/год.

**Переход страны к инновационному развитию.** В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 г. эффективная экологическая политика рассматривается как важный механизм, стимулирующий развитие ресурсосберегающих и высокотехнологичных производств, однако в отношении природных экосистем задачи не сформулированы. Разработка новых принципов природопользования, учитывающих ценность средообразующих функций экосистем, должна быть ключевым звеном формирования современной экологической политики России.

**Обеспечение экологической безопасности и здоровья населения, повышение качества жизни людей.** Стабильность условий окружающей среды — основа экологической безопасности как с точки зрения сохранения здоровья людей, так и с точки зрения минимизации экономического ущерба. Как сказано выше, основной механизм стабилизации условий среды — нормальное функционирование природных экосистем. В настоящее время в Российской Федерации не существует оформленных в единый документ основ государственной политики в области экологической безопасности (разные аспекты экологической безопасности рассматриваются в «Экологической доктрине РФ», «Основах государственной политики» в области химической и биологической, а также ядерной и радиационной безопасности). Вероятно, задача разработки основ единой государственной политики в области экологической безопасности уже назрела. При разработке этого документа необходимо учесть ключевую роль средообразующих функций природных экосистем в стабилизации условий среды.

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

Эколого-центрическая концепция природопользования должна стать поворотным моментом общественного осознания того, что природные системы регуляции биосферных процессов, сформированные современным биологическим разнообразием, представляют ключевой природный ресурс, обеспечивающий возможность существования человека в настоящем и будущем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев С.С., Пичугин М.Ю., Самусенок В.П. Разнообразие арктических гольцов Забайкалья по меристическим признакам, их положение в комплексе *Salvelinus alpinus* и проблема происхождения симпатрических форм // Вопросы ихтиологии. Т. 40. № 3. 2000. С. 293–311.
2. Алексеевский Н.И., Гладкевич Г.И. Водные ресурсы в мире и в России за 100 лет // Россия в окружающем мире: 2003. Аналитический ежегодник. М.: Изд-во МНЭПУ, 2003. С. 114–145.
3. Атлас малонарушенных лесных территорий России. М.: МСОЭС; Вашингтон: World Resources Institute. 2003. 185 с.
4. Берг Л.С. Климат и жизнь. М.: Госиздат, 1922.
5. Букварева Е.Н., Алещенко Г.М. Принцип оптимального разнообразия биосистем // Успехи современной биологии. Т. 125. Вып. 4. 2005. С. 337–348.
6. Букварева 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.
7. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Философские мысли натуралиста. М.: Наука, 1988. С. 503–512.
8. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. М.: ВИНТИ, 1995. 472 с.
9. Горшков В.В., Горшков В.Г., Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., Макарьева А.М. Биотическая регуляция окружающей среды // Экология. № 2. 1999. С. 105–113.
10. Горшков В.Г., Макарьева А.М., Лосев К.С. В повестке дня — стратегия выживания человечества // Вестник РАН. Т. 76. № 4. 2006. С. 309–314.
11. 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; Препринт, 2006. 49 с.
12. Данилов-Данильян В.И. Вода — стратегический фактор развития экономики России // Вестник РАН. Т. 77. № 2. 2007. С. 108–114.
13. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., Рейф И.Е. Перед главным вызовом цивилизации. Взгляд из России. М.: ИНФРА-М, 2005. 224 с.
14. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды и ее дефицит: экологический аспект // Глобальные экологические проблемы России / Отв. ред. Ф.Т. Яншина. М.: Наука, 2008. С. 5–27.

15. Дгебуадзе Ю.Ю. Экологические закономерности изменчивости роста рыб. // М.: Наука, 2001. 276 с.
16. Динамика популяционных генофондов при антропогенных воздействиях / Ред. Ю.П. Алтухов. М.: Наука, 2004. 619 с.
17. Ежегодник ГЭП (Глобальная экологическая перспектива). Обзор изменений состояния окружающей среды. Программа ООН по окружающей среде (UNEP). 2006. 83 с.
18. Ежегодник ЮНЕП Обзор изменений состояния окружающей среды. Программа ООН по окружающей среде (UNEP). 2008. 51 с.
19. Живая Планета. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF). 2008. 47 с.
20. Жученко А.А. Эколого-генетические основы продовольственной безопасности России. М.: РБОФ «Знание» им. С.И.Вавилова, 2008. 103 с.
21. Заварзин Г.А. Становление биосферы // Вестник РАН. Т. 71. № 11. 2001. С. 988–997.
22. Заварзин Г.А. Антипод ноосферы // Вестник РАН. Т. 73. № 7. 2003. С. 627–636.
23. Заварзин Г.А., Дедыш С.Н. Микробные процессы в болотных экосистемах: изменение природных вод под влиянием деятельности микроорганизмов // Изменение окружающей среды и климата. Природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Т. 4 / Отв. ред. Г.А. Заварзин, В.Н. Кудеяров. Пушино; М.: ИФХ и БППРАН; ИФЗ РАН, 2008. С. 80–96.
24. Заварзин Г.А., Кудеяров В.Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник РАН. Т. 76. № 1. 2006. С. 14–29.
25. Залиханов М.Ч., Лосев К.С., Шелехов А.М. Естественные экосистемы – важнейший природный ресурс человечества // Вестник РАН. Т. 76. № 7. 2006. С. 612–614.
26. Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н., Честных О.В. Динамика пучков и потоков углерода на территории лесного фонда России // Экология. № 5. 2005. С. 323–333.
27. Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство. Специальный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). 2000. 23 с.
28. Изменение климата, 2007. Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад МГЭИК. Ред.: Пачаури Р.К., Райзингер А. и основная группа авторов. Женева: МГЭИК, 2007. 104 с.
29. Калакуцкий Л. В. Доступ к генетическим ресурсам // Вестник РАН. Т. 71. № 5. 2001. С. 396-404.

30. Капица С.П. Теория роста населения Земли. Очерк принципа демографического императива. М.: Московский Физико-технический ин-т, 1997. 82 с.
31. Касимов Н.С., Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С. Концепция устойчивого развития: восприятие в России // Вестник РАН. Т. 74. № 1. 2004. С. 28–36.
32. Кондратьев К.Я., Демирчян К.С. Климат Земли и «протокол Киото» // Вестник РАН. Т. 71. № 11. 2001. С. 1002–1009.
33. Красная книга Российской Федерации. Животные. М.: АСТ, 2001.
34. Махов С.А. Устойчивое развитие с точки зрения технологического императива. // Препринт Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. 2006. <http://www.keldysh.ru>
35. Мировые демографические тенденции. Доклад Генерального секретаря ООН. Экономический и Социальный Совет ООН, Комиссия по народонаселению и развитию. 2009. 28 с.
36. Моисеев Н.Н. Нравственность и феномен эволюции. Экологический императив и этика XXI века // Общественные науки и современность. № 6. 1994. С. 131–139.
37. Национальная стратегия сохранения биоразнообразия России. Москва. 2001.
38. Научные основы сохранения биоразнообразия России. Основные результаты // Программа фундаментальных исследований Президиума РАН. М.: КМК, 2006. 161 с.
39. Осипов В.И. Реформы глазами эколога // Вестник РАН. Т. 73. № 12. 2003. С. 1061–1078.
40. Павлов Д.С., Савваитова К.А., Груздева М.А., Максимов С.В., Медников Б.М., Пичугин М.Ю., Савоскул С.П., Чеботарева Ю.В. Разнообразие рыб Таймыра: Систематика, экология, структура видов как основа биоразнообразия в высоких широтах, современное состояние в условиях антропогенного воздействия. М.: Наука, 1999. 207 с.
41. Павлов Д.С., Савваитова К.А., Кузищин К.В., Груздева М.А., Павлов С.Д., Медников Б.М., Максимов С.В. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии. М: Научный мир, 2001. 200 с.
42. Павлов Д.С., Букварева Е.Н. Биоразнообразие, экосистемные функции и жизнеобеспечение человечества // Вестник РАН. Т. 77. № 11. 2007. С. 974–986.
43. Румак В.С., Софронов Г.А., Павлов Д.С. Тропическая токсикология — востребованное направление тропической медицины (основные результаты исследований Тропического центра). М.: Бюро Отделения профилактической медицины РАМН, 2008. 19 с.

44. Свердлов В.Д. Возвращение преподобного Томаса Мальтуса // Вестник РАН. Т. 74. № 9. 2004. С. 802– 812.
45. Стратегия сохранения камчатской микижи. М.: КМК. 2007. 33 с.
46. Ходоревская Р.П., Рубан Г.И., Павлов Д.С. Поведение, миграции, распределение и запасы осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 242 с.
47. Чернов Ю.И. Видовое разнообразие и компенсационные явления в сообществах и биотических системах // Зоологический журнал. Т. 84. № 10. 2005. С. 1221–1238.
48. Четвертое 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. 163 с.
49. Экономика сохранения биоразнообразия / Ред. Тишков А.А. М.: Проект ГЭФ «Сохранение биоразнообразия Российской Федерации»; Институт экономики природопользования, 2002. 604 с.
50. Avissar R., Werth D. Global hydroclimatological teleconnections resulting from tropical deforestation // Journal of Hydrometeorology. V. 6. № 2. 2005. P. 134–145.
51. 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. 59 p.
52. Baldocchi D. «Breathing» of the terrestrial biosphere: lessons learned from a global network of carbon dioxide flux measurement systems // Australian Journal of Botany. V. 56. 2008. P. 1–26.
53. Balvanera P., Pfisterer A.B., Buchmann N., Jing-Shen He, Nakashizuka T., Raffaelli D., Schmid B. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services // Ecology Letters. V.9. 2006. P. 1146–1156.
54. Battisti D.S., Naylor R.L. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat // Science. V. 323. 2009. P. 240–244.
55. BP workbook of historical statistical data from 1965–2007 (<http://www.bp.com>)
56. Bryant D., Nielsen D., Tanglely L. Last frontier forests: Ecosystems and economies on the edge. World Resources Institute. 1997. 42 p.
57. Bulte E., Hector A., Larigauderie A. EcoSERVICES: Assessing the impacts of biodiversity changes on ecosystem functioning and services. DIVERSITAS Report No. 3. 2005. 40 p.



58. Calder I., Hofer T., Vermont S., Warren P. Towards a new understanding of forests and water // *Unasylva*. V. 58. № 229. 2007. P. 3–10.
59. Canadell J.P., Pataki D.E., Gifford R., Houghton R.A., Luo Y., Raupach M.R., Smith P., Steffen W. Saturation of the terrestrial carbon sink // *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*. Global Change — The IGBP Series. Eds: Canadell J.G. et al. Springer. 2007a. P. 59–78.
60. Canadell J.G., Le Quere C., Raupach M.R., Field C.B., Buitenhuis E.T., Ciais P., Conway T.J., Gillett N.P., Houghton R.A., Marland G. Contributions to accelerating atmospheric CO<sub>2</sub> growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. V. 104. 2007b. P. 18866–18870.
61. 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. 210 p.
62. Crutzen P.J., Stoermer E.F. The «Anthropocene» // *IGBP Newsletter*. № 41. 2000. P. 17–18.
63. Da Silva R.R., Werth D., Avissar R. Regional impacts of future land-cover changes on the Amazon basin wet-season climate // *Journal of Climate*. V. 21. № 6. 2008. P. 1153–1170.
64. Dgebuadze Yu.Yu., Kiyashko V.I., Osipov V.V. Life-history variation in invasive populations of Caspian Kilka, *Clupeonella cultriventris* (Clupeidae, Pisces) in the Volga River Basin // Rabitsch W.F., Essl F., Klingenstein F. (Eds.): *Biological Invasions — from Ecology to Conservation*. // *NEOBIOTA* 7: 2008. P. 153–159.
65. Fargione J., Hill J., Tilman D., Polasky S., Hawthorne P. Land clearing and the biofuel carbon debt // *Science*. V. 319. № 5867. 2008. P. 1235–1238.
66. 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. Global consequences of land use // *Science*. V. 309. 2005. P. 570–574.
67. 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. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon basin // *Frontiers in Ecology and the Environment*. V. 5. № 1. 2007. P. 25–32.
68. *Forests and water*. Rome: FAO, 2008. 78 p.
69. Friedlingstein P., Solomon S. Contributions of past and present human generations to committed warming caused by carbon dioxide // *Proceedings*

- of the National Academy of Sciences of the USA. V. 102. № 31. 2005. P. 10832–10836.
70. Global Biodiversity Outlook 2. Secretariat of the Convention on Biological Diversity Montreal. 2006. 81 p.
  71. Global Environment Outlook 4. Environment for development. United Nations Environment Programme – UNEP. 2007. 540 p.
  72. Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards sustainable forest management. Rome: FAO. 2006. 320 p.
  73. Gordon L.J., Steffen W., Jonsson B.F., Folke C., Falkenmark M., Johannessen A. Human modification of global water vapor flows from the land surface // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. V. 102. № 21. 2005. P. 7612–7617.
  74. Hasler N., Werth D., Avissar R. Effects of tropical deforestation on global hydroclimate: a multimodel ensemble analysis // Journal of Climate. V. 22. № 5. 2009. P. 1124–1141.
  75. Heimann M., Reichstein M. Terrestrial ecosystem carbon dynamics and climate feedbacks // Nature. V. 451. 2008. P. 289–292.
  76. Humanitarian implications of climate change: mapping emerging trends and risk hotspots. CARE International. 2008. 28 p. (<http://www.careclimatechange.org>)
  77. Jackson R.B., Carpenter S.R., Dahm C.N., McKnight D.M., Naiman R.J., Postel S.L., Running S.W. Water in a changing world // Ecological Applications. V. 11. 2001. P. 1027–1045.
  78. Jackson R.B., Jobbagy 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. Trading water for carbon with biological carbon sequestration // Science. V. 310. 2005. P. 1944–1947.
  79. Jackson R.B., Farley K.A., Hoffmann W.A., Jobbágy E.G., McCulley R.L. 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.
  80. 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. V.105. № 5. 2008. P. 1551–1555.
  81. Liu J., Li S., Ouyang Z., Tam C., Chen X. Ecological and socioeconomic effects of China's policies for ecosystem services // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. V. 105. № 28. 2008. P. 9477–9482.

82. Loreau M., Downing A., Emmerson M.C., Gonzalez A., Hughes J., Inchausti P., Joshi J., Norberg J., Sala O. A new look at the relationship between diversity and stability // Loreau M., Naeem S., Inchausti P. (ed.). Biodiversity and ecosystem functioning: synthesis and perspectives. Oxford University Press. 2002. P. 79–91.
83. Luck G., Daily G., Ehrlich P. Population diversity and ecosystem services // Trends in Ecology and Evolution. V. 18. № 7. 2003. P. 331–336.
84. Meinshausen M., Meinshausen N., Hare W., Raper S.C.B., Frieler K., Knutti R., Frame D.J., Allen M.R. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2C° // Nature. V. 458. 2009. P. 1158–1162.
85. Miles L., Kapos V. Reducing Greenhouse Gas Emissions from Deforestation and Forest Degradation: Global Land-Use Implications // Science. V. 320. 2008. P. 1454–1455.
86. Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human wellbeing: synthesis. Washington: Island Press. 2005. 138 p.
87. Montgomery D.R. Soil erosion and agricultural sustainability // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. V. 104. N. 33. 2007. P. 13268–13272.
88. Naeem S., Hakansson K., Lawton J.H., Crawley M.J., Thompson L.J. Biodiversity and plant productivity in a model assemblage of plant species // Oikos. V. 76. 1996. P. 259–64.
89. Naeem S., Colwell R., Diaz S., Hughes J., Jouseau C., Lavorel S., Morin P., Petchey O., Wright J. Predicting the ecosystem consequences of biodiversity loss: the Biomege framework // Terrestrial ecosystems in a changing world. Global Change – The IGBP Series. Eds: Canadell J.G. et al. Springer. 2007. P. 113–126.
90. 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, V. 363, №. 1498. 2008. P. 1737–1746.
91. Payments for ecosystem services getting started: a primer. Forest Trends, The Katoomba Group, UNEP. 2008. 74 p. (<http://www.unep.org>)
92. Phillips O.L., Aragao L., Lewis S.L. et al. Drought sensitivity of the Amazon rainforest // Science. V. 323. 2009. P. 1344–1347.
93. 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.
94. Postel S. The forgotten infrastructure: safeguarding freshwater ecosystems // Journal of International Affairs. V. 61. № 2. 2008. P. 75–90.

95. Purves D., Pacala S. Predictive models of forest dynamics // *Science*. V. 320. 2008. P. 1452–1453.
96. Schwartz M.W., Brigham C.A., Hoeksema J.D., Lyons K.G., Mills M.H., van Mantgem P.J. Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation biology // *Oecologia*. V. 122. 2000. P. 297–305.
97. Spehn E.M., Hector A., Joshi J. et al. Ecosystem effects of biodiversity manipulations in European grasslands // *Ecological Monographs*. V. 75. 2005. P. 37–63.
98. State and Trends of the Carbon Market. 2008. (<http://wbcarbonfinance.org>)
99. Symstad A.J., Chapin III F.S., Wall D.H., Gross K.L., Huenneke L.F., Mittelbach G.G., Peters D.P.C., Tilman G.D. Long-term and large-scale perspectives on the relationship between biodiversity and ecosystem functioning // *BioScience*. V. 53. 2003. P. 89–98.
100. The International Regime for Bioprospecting. Existing Policies and Emerging Issues for Antarctica. United Nations University Institute of Advanced Studies (UNU/IAS). 2003. ([http://www.ias.unu.edu/binaries/UNUIAS\\_AntarcticaReport.pdf](http://www.ias.unu.edu/binaries/UNUIAS_AntarcticaReport.pdf))
101. The state of food and agriculture. Biofuels: prospects, risks and opportunities. Rome: FAO. 2008. 128 p.
102. The state of world fisheries and aquaculture. Rome: FAO. 2008. 176 p.
103. Tilman D. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles // *Ecology*. V. 80. 1999. P. 1455–1474.
104. Tilman D., Knops J., Wedin D., Reich P. Experimental and observational studies of diversity, productivity and stability // Eds: Kinzig A.P., Pacala S.W., Tilman D. *The Functional Consequences of Biodiversity: Empirical Progress and Theoretical Extensions*. Princeton University Press. 2001. P. 42–70.
105. 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.
106. Water, a shared responsibility. The United Nations World Water Development Report 2. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2006. 2006. 584 p.
107. World Energy Outlook. International Energy Agency. 2008. 15 p.
108. Worm B., Barbier E.B., Beaumont N., Duffy J.E., Folke C., Halpern B.S., Jackson J.B.C., Lotze H.K., Micheli F., Palumbi S.R., Sala E., Selkoe K.A., Stachowicz J.J., Watson R. Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services // *Science*. V. 314. 2006. P. 787–790.

109. Yachi S., Loreau M. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: the insurance hypothesis // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. V. 96. 1999. P. 1463–1468.
110. 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>).

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ — ГЛОБАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

**Ю.Ю. ДГЕБУАДЗЕ**

Проблема биологических инвазий чужеродных видов стала в последние 50 лет одним из ключевых экологических вызовов человечеству. Это осознали не только ведущие ученые и специалисты в области охраны окружающей среды, но и политики. В 1992 г. в Рио-де-Жанейро руководителями многих стран была подписана Конвенция о биологическом разнообразии, в Статье 8 (h) которой было сказано, что страны-участники обязаны «предотвращать интродукции, контролировать или уничтожать те чужеродные виды, которые угрожают экосистемам, местообитаниям или видам» (Конвенция о биологическом разнообразии, 1992). Кроме того, страны, подписавшие Конвенцию, обязаны были разработать Национальную Стратегию и План действий по сохранению биоразнообразия. В Российской Федерации эти документы были подготовлены коллективом экспертов и консультантов под руководством академика РАН Д.С. Павлова и приняты на Национальном Форуме по сохранению живой природы России, который состоялся в Москве, в июне 2001 года (Национальная стратегия ..., 2001).

Проблема чужеродных видов отражена в целом ряде разделов Национальной Стратегии сохранения биоразнообразия России. В частности, «контроль и регулирование саморасселения и акклиматизации чужеродных видов» определен как один из биологических принципов сохранения биоразнообразия. В разделе «Социально-экономические механизмы реализации Стратегии» указывается на необходимость разработки и принятия законов о предотвращении проникновения в страну чужеродных видов. В подразделе «Научные исследования» обозначено направление: «Анализ влияния чужеродных видов на биоразнообразие, роль инвазий в динамике биоразнообразия». Интродукция чужеродных видов, саморасселение инвазийных видов, распространение болезней животных и растений признаны в Стратегии одними из основных угроз для видового разнообразия России, особенно в морских, прибрежных, пресноводных экосистемах, почвенной биоте, а также, на

урбанизированных территориях. В Стратегии отмечается, что инвазии чужеродных видов являются одним из результатов антропогенных воздействий на экосистемы лесов, лесостепей, степей, гор и арктические экосистемы России. Соблюдение принципа предосторожности и строгий контроль за использованием чужеродных видов и живых измененных (генно-инженерно-модифицированных) организмов признано одним из приоритетных мер для сохранения разнообразия экосистем сельских местностей. В качестве одного из основных направлений действий по хозяйственным и иным структурам Стратегия предлагает «развитие системы карантинного контроля для предотвращения проникновения из-за рубежа чужеродных видов живых организмов с сельскохозяйственными и другими грузами, с балластными водами судов (Национальная стратегия ..., 2001).

Анализ периодических изданий АН СССР и РАН, проведенный в конце 1990-х годов показал, что на территории РФ обнаружено более 500 видов чужеродных животных (Масляков, 2003). Безусловно, реальное число вселенцев гораздо больше, если принять во внимание общее снижение интенсивности полевых исследований биоразнообразия, которое наметилось в последней декаде XX столетия.

Многолетняя активность государственных организаций и частных лиц по преднамеренной интродукции организмов имела серьезные последствия для естественного разнообразия. Так, например, число чужеродных видов млекопитающих (распространение этой группы животных в значительной степени связано с искусственным расселением) для некоторых областей РФ достигает 11 (Масляков, 2003). Анализ же разнообразия в 37 биосферных резерватах РФ показал, что в них натурализовался 61 вид млекопитающих (Хляп, Бобров, 2007). Всего же для России отмечено 62 чужеродных вида млекопитающих (Бобров и др., 2008).

Следует отметить, что работы по проблемам видов-вселенцев до недавнего времени были не так хорошо развиты в РФ. В частности, довольно трудно входила в обиход ученых и практиков связанная с этой проблемой терминология. В последнее время процессы, связанные с появлением и воздействиями на сообщества чужеродных видов принято именовать биологическими инвазиями. Под биологическими инвазиями понимаются все случаи проникновения живых организмов в экосистемы, расположенные за пределами их первоначального (обыч-

но, естественного) ареала. Таким образом, к биологическим инвазиям относятся вселения чужеродных видов, произошедшие в результате:

- естественных перемещений, связанных с флуктуациями численности и климатическими изменениями;
- интродукции и реинтродукции важных в хозяйственном отношении («полезных») организмов (растений, насекомых, рыб, птиц, млекопитающих);
- случайных заносов с балластными водами, с импортной сельскохозяйственной продукцией, с «полезными» интродуцентами, багажом, домашними животными, декоративными растениями и т.п.

Биологические инвазии, всегда оказывали существенное воздействие на экосистемы России (ранее СССР). Особенно заметными эти воздействия стали во второй половине XX-го столетия, когда расширения ареалов и проникновение живых организмов в новые сообщества происходит на фоне общих климатических и антропогенных изменений. Во многих случаях виды-вселенцы, вступая в контакты с популяциями видов-аборигенов существенно преобразуют структуру биоценозов.

В настоящее время наука располагает целым рядом подробно описанных примеров расширения ареалов и резкого увеличения численности в результате инвазий с глобальными экологическими, экономическими, а иногда, и социальными последствиями.

Если попытаться посмотреть на проблему биологических инвазий в плане их влияния на аборигенные виды, то совершенно очевидными представляются следующие формы воздействия чужеродных видов как лимитирующих факторов.

1. Чужеродные виды могут существенно изменить среду обитания аборигенных видов (особенно в случаях, когда виды являются «ключевыми видами» сообщества) путем изменения структуры и функции экосистемы.
2. Чужеродные виды могут стать конкурентами аборигенных видов и способствовать их вытеснению.
3. Чужеродные виды могут стать хищниками по отношению к аборигенным видам и также способствовать их вытеснению.
4. Чужеродные виды могут или переносить или сами вызывать заболевания или зараженность паразитами аборигенных видов.



В качестве иллюстрации воздействия видов-вселенцев на среду обитания аборигенных видов может служить распространение североамериканской ондатры (*Ondatra zibethica*) в Евразии. Попав в Европу в 1905 г. к концу века ондатра стала голарктическим видом с исключительно высокой численностью. В настоящее время ондатра является важным фактором формирования продуктивности и биологического разнообразия водно-болотных угодий России. В результате деятельности ондатры происходит смена пород в древостое пойменных лесных биогеоценозов, снижается для птиц и возрастает для насекомоядных и амфибий защитная и репродуктивная функция среды, ускоряется процесс выветривания и вовлечения первичных материалов в геологический и биотический круговорот, повышается степень биологической активности почв (Булахов, Куренная, 1993; Красовский, Чашухин, 1993; Чашухин, 2007).

Гораздо большее воздействие на местообитания происходит в результате средообразующей деятельности другого «ключевого вида — речного бобра (*Castor fiber*). К началу XX-го века этот вид был почти уничтожен на территории России. После интенсивной реинтродукции, начатой в СССР в 20-е годы прошлого века и саморасселения речной бобр во многих районах достиг сравнительно высокой численности. В настоящее время речному бобру практически вернули его первоначальный ареал. В случае речного бобра, учитывая большие масштабы преобразований экосистем, произошедших в результате климатических и антропогенных воздействий, а также то, что многие из этих преобразований необратимы, следует признать, что реинтродукции — восстановление ранее исчезнувших популяций в местах их естественного обитания — фактически являются инвазиями. «Старый» вид является чужеродным в ранее родной, но измененной экосистеме. Расселение речного бобра привело к серьезным последствиям для экосистем малых рек, что хорошо показано для бассейна верховьев Волги (Завьялов и др., 2005; Экосистема малой реки..., 2007).

Было установлено, что речной бобр как типичный ключевой вид сильно трансформирует экосистемы малых рек и прибрежных лесов. После его появления наблюдалось быстрое существенное изменение локального разнообразия гидробионтов малых рек заповедника, вызванное прежде всего строительством бобрами плотин на малых реках и загрязнением вод древесиной. Оказалось, что в ходе сукцессионных изменений в освоенных бобрами реках разнообразие, биомасса и

численность рыб в начале сильно падают, а затем постепенно возрастают; аналогичные показатели для зообентоса демонстрировали постепенное падения, а зоопланктона — постепенное увеличение.

Известно, что речной бобр предпочитает водоемы с мало изменяющимся в течение года уровнем воды и мягколиственной древесной растительностью по берегам. Есть все основания полагать, что широкое распространение и наращивание численности речного бобра в Евразии связано с тем, что хвойные леса, которые он избегает, в значительной степени вырублены и их место заняли мягколиственные породы. Фактически речной бобр не возвращен в свой ареал, а интродуцирован в новую среду, где помимо изобилия корма практически отсутствуют и виды регулирующие его численность. Показательно в этой связи распространение речного бобра в Костромской области, в районе коренного Кологривского леса. В пределах оставшихся никогда не рубленных 900 га этого леса берут начало несколько малых рек. Речной бобр начинает встречаться в этих реках только после их выхода из Кологривского леса, на вырубках. В частности, такое распределение речного бобра наблюдается на р. Вонюх (Дгебуадзе, 2000).

Проведение специальных мероприятий по сохранению и восстановлению редких видов часто подразумевает работы по так называемой реакклиматизации и восстановлению местообитаний. Случай с речным бобром указывает на то, что эта деятельность требует соблюдения особой осторожности, т.к., как правило, экосистемы, в которые вселяется реакклиматизант, сильно трансформированы и последствия вселений могут быть не предсказуемыми. Практически, в большинстве случаев речь идет не об реакклиматизации, а о новом вселении. Восстановление же местообитаний и экосистем, нарушенных ключевыми, средообразующими видами, очень сложный и дорогостоящий процесс. При этом, восстановление многих экосистем вообще вряд ли возможно, т.к. биологические системы, в отличие от, например, физических не могут обратимо переходить из одного состояния в другое. В частности, таким переходам препятствуют глобальные климатические изменения.

Примеров, подтверждающих непосредственное влияние чужеродных видов на местные может быть приведено очень много. Останемся лишь на некоторых, также наблюдающихся на территории нашей страны.

Брюхоногий моллюск рапана (*Rapana thomassiana*), питающийся беспозвоночными животными хищник был завезен с балластными водами на судах из Японского моря в Черное (Гудауты, Абхазия). В результате первой вспышки численности рапаны произошло существенное обеднение богатых устричных банок на побережье Гудауты (Чухчин, 1961). В короткий срок рапана распространилась по всему черноморскому побережью. Повторная вспышка численности рапаны произошла в 90-е годы и была связана с использованием хищником другого пищевого ресурса — двустворчатого моллюска *Mytilus galloprovincialis*. К концу 90-х годов, на участке между Геленджиком и Туапсе, на глубине 20 м рапана доминировала и ее численность составляла 20 экз./м<sup>2</sup>, а биомасса 1136,3 г/м<sup>2</sup> (Кучерук и др., 2002).

Катастрофические последствия для конкурентов и жертв имело проникновение с балластными водами в Азово-Черноморский бассейн в 80-е годы гребневика *Mnemiopsis leidyi*. Этот вид ранее населял восточное побережье Северной Америки. За короткий срок гребневик достиг исключительно высокой численности, как в Черном, так и в Азовском море, его биомасса оценивалась в 10-12 кг/м<sup>3</sup> (Виноградов и др., 1989). Гребневик потребляет до 80% продукции зоопланктона, а также икру и личинок рыб. В результате уловы рыбы на Черном море снизились с 650 до 90 тыс. т в год (Зайцев, 1998), а в Азовском на 100–110 тыс. т. Воздействие гребневика на экосистему, безусловно, отрицательно скажется на состоянии популяций краснокнижных азовской белуги (*Huso huso maeoticus*) и азово-черноморской шемаи (*Chalcalburnus chalcoides mento*), а также 7 редких видов бычков. В последние годы отмечено проникновение гребневика и в Каспийское море.

Опыты по акклиматизации домашнего и дикого северного оленей (*Rangifer tarandus*) проводились в нашей стране давно, преимущественно в северо-восточных районах страны. Одной из таких интродукций был завоз северных оленей на остров Врангеля, в начале 20-х годов, при заселении острова человеком. Точных данных о числе интродуцированных оленей нет, но они хорошо акклиматизировались, обладают крупными размерами и ведут полувольный образ жизни. Остров Врангеля — это единственное место гнездовой белого гуся в нашей стране. Через несколько лет после вселения на остров оленей стало наблюдаться уменьшение количества гнездящихся белых гусей. По материалам Главохоты РСФСР, только с 1960 по 1973 г. численность гнездящихся белых гусей снизилась с 400 000 пар до 6000. Основной

причиной уменьшения численности белых гусей является акклиматизированный северный олень, который поедает яйца и птенцов белых гусей и частично вытаптывает места их гнездовий.

Примером того, как под влиянием паразита-вселенца промысловый вид превращается в редкий исчезающий вид является случай с осетровой рыбой шипом *Acipenser nudiventris* в Аральском море. В результате вселения в море в начале тридцатых годов сосальщика *Nitzschia sturionis* (он был завезен вместе с акклиматизированной в море севрюгой *Acipenser stellatus*) запасы шипа были существенно подорваны (Никольский, 1971).

Еще одним примером, иллюстрирующим изменение паразитологической ситуации из-за вселения чужеродного вида, может быть, случай с енотовидной собакой. Обитатель Приморского и Хабаровского краев Российской Федерации енотовидная собака (*Nuclereutes procyonoides*), была интродуцирована в Европейской части СССР, на Кавказе и в Сибири. Почти всюду, за исключением Сибири и севера Европейской части СССР, натурализация вида прошла успешно. Однако вскоре стали наблюдаться негативные последствия интродукции енотовидной собаки. Наиболее ощутимый вред она нанесла птицам, гнездящимся на земле. Особенно чувствителен вред енотовидной собаки в плавнях, где известны многочисленные случаи разорения гнезд, поедания яиц и птенцов водоплавающей и болотной дичи. В частности, ущерб нанесен популяциям птиц на побережье Азовского моря и в дельте Волги (Астраханский заповедник) (Насимович, 1984). В отдельных местах она уничтожает до 90% выводков водоплавающих птиц. Кроме того, оказалось, что енотовидная собака является хранителем и переносчиком таких заболеваний, как бешенство, зудневая чесотка хищных, трихинеллез, описторхоз (Гептнер, 1963; Колесников, 2001).

Безусловно, список случаев, в которых инвазии чужеродных видов прямо или косвенно воздействуют на отдельные виды и экосистемы, расположенные на территории России можно было бы продолжить. Важно подчеркнуть те специфические особенности, которыми обладает наша страна в отношении инвазий чужеродных видов. Основными из них являются следующие:

1. Большая территория России при отсутствии внутреннего контроля способствуют переносу организмов за пределы их естественного ареала.

2. История России (особенно новейшая) насыщена войнами континентального и регионального характера, сопровождавшихся интенсивными перевозками военных и гражданских грузов и перемещениями большого количества людей (военных и беженцев) между странами, участвующими в конфликтах.
3. Длительное время и в большом объеме в России (СССР) осуществлялась политика по преднамеренной интродукции («акклиматизации») организмов с целью повышения продуктивности экосистем и увеличения ассортимента, получаемых из них продуктов.
4. Относительно высокая активность по строительству сооружений (дорог, каналов, мостов, тоннелей), которые служат путями для расселения организмов.
5. Относительно высокая активность по созданию новых местобитаний для организмов (агроценозов, водохранилищ, мегаполисов и т.д.).
6. Относительно высокий уровень торговых перевозок, включающих обмен сельскохозяйственной продукцией, древесиной, жидким топливом и т.д., что способствует обмену живыми организмами, в частности посредством балластных вод судов.
7. Относительно слабый контроль за переносом вселенцев через государственную границу.
8. Незаразвитое законодательство в отношении проведения интродукций и заноса организмов из других стран.
9. Слабое развитие информационного обеспечения мониторинга чужеродных видов (мало баз данных, сайтов в Интернете, совещаний, печатной продукции, фильмов, CD и т.д.).
10. Слабое финансирование исследований по проблеме видов-вселенцев. Почти полное отсутствие специализированных учреждений (институтов, лабораторий, исследовательских групп) по проблеме биологических инвазий. Почти полное отсутствие фондов, которые могли бы поддержать подобные исследования.
11. Слабое развитие системы образования и просвещения в области биологических инвазий (необходимо: организация специальных курсов; издание учебных пособий, популярных книг, брошюр и плакатов; съемка документальных фильмов; создание обучающих компьютерных программ и игр и т.д.).

12. Сравнительно широкая распространенность среди населения увлечений, связанных с домашним содержанием и разведением экзотических растений и животных.

Приведенные положения в значительной степени определяют и стратегию в отношении проблемы биологических инвазий. Особо следует подчеркнуть экономическую проблему, крайне важную для нас, если принять во внимание общее положение в стране. По оценкам западных специалистов, например, только одно проникновение гребневика в Азовское и Черное моря принесло России ущерб в объеме нескольких миллиардов долларов США.

Кроме того, не следует забывать и о политических аспектах. Проблеме биологических инвазий посвящаются специальные решения Конгресса (1990) и Указ президента США (1999 г), вопросам завоза чужеродных видов с торговыми грузами все больше внимания уделяют правительства европейских стран. Наша страна, если не хочет остаться в торговой изоляции, должна всерьез обратить внимание на эту проблему.

За последние годы в результате активности, прежде всего, специалистов Российской академии наук, ВУЗов, учреждений карантинной службы, рыбного хозяйства и охраняемых природных территорий теоретическим и прикладным вопросам, связанным с проблемой вселения чужеродных видов на территорию РФ, уделяется исключительно большое внимание. За короткий срок в рамках ряда проектов (включая ФЦНТП Федерального Агентства по науке и инновациям, программ Президиума РАН и Российского фонда фундаментальных исследований) удалось выявить основные транзитные пути инвазий, создать базы данных по чужеродным видам, оценить их воздействие на аборигенные экосистемы, разработать систему мониторинга на основных инвазионных путях.

Следует особо отметить первые шаги по инвентаризации чужеродных видов России с представлением результатов в доступной для исследователей и представителей регулирующих организаций форме. Созданы базы данных по основным группам организмов и для регионов (бассейны Балтийского моря, Волги). Из общедоступных интернет-ресурсов по проблеме чужеродных видов следует отметить создание проблемно-ориентированного портала «Чужеродные виды на территории России» (сайт Института проблем экологии и эволюции

им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН): <http://www.sevin.ru>). Основные цели и задачи интернет-портала включают: информирование населения, законодательных органов и научного сообщества о проблемах инвазий чужеродных организмов; координация деятельности различных специалистов и организаций в рамках одного из научных центров по изучению инвазий; создание единого информационного пространства по проблеме инвазий чужеродных видов на территории и акватории России (Павлов и др., 2006). С 2008 г. стал выходить электронный журнал «Российский журнал биологических инвазий» (см. сайт ИПЭЭ РАН).

Значительный прогресс в последние годы достигнут и в области моделирования инвазионного процесса. При использовании в качестве прототипа зоопланктонные сообщества и конкретные параметры реальных видов зоопланктеров удалось показать, что предсказание успеха внедрения чужеродных видов возможно только при учете наиболее важных факторов (наличия избыточного пищевого ресурса, хищничества и эксплуатационной конкуренции), влияющих на исход конкуренции между аборигенными видами и вселенцами. Модели свидетельствуют, что простой зависимости биоразнообразия сообщества и его устойчивости к вселениям не существует, а предсказание результата инвазионного процесса требует в каждом конкретном случае проведения тщательного биологического и математического анализа ситуации (Фенева, Будаев, 2003; Дгебуадзе и др., 2006; Павлов и др., 2006; Фенева и др., 2006; Dgebuadze, Feniova, 2009).

Большую роль в развитии исследований по биологическим инвазиям чужеродных видов сыграли всероссийские и международные конференции, организованные в последние годы. Многие из этих конференций завершились изданием тематических сборников (Видывселенцы ..., 2000; Инвазии чужеродных видов ..., 2001; Экологическая безопасность и инвазии ..., 2002). Кроме того, были опубликованы коллективные монографии, в которых в значительной мере отразились результаты исследований российских ученых по данной тематике (Алимов и др., 2004; *Invasive aquatic species ...*, 2002; *Aquatic invasions ...*, 2004).

Однако многое еще предстоит сделать, т.к. поле для исследований инвазионного процесса постоянно расширяется. В связи с этим можно определить следующие перспективы работ по инвазиям чужеродных видов:

- (1) изучение старых и выявление новых инвазионных коридоров на территории России;
- (2) исследование морфологической и генетической изменчивости чужеродных видов и видов-аборигенов, подвергшихся инвазиям;
- (3) изучение уязвимости экосистем к инвазиям чужеродных видов;
- (4) изучение экологических параметров видов, ставших успешными вселенцами;
- (5) экспериментальное и модельное исследование трофических отношений (конкуренция, взаимоотношение хищник-жертва, паразит-хозяин) чужеродного вида в экосистеме-реципиенте;
- (6) разработка научных основ для прогноза и оценки риска новых инвазий чужеродных видов;
- (7) изучение старых и выявление новых для РФ особенно опасных и вредных чужеродных видов с целью определения приоритетных мишеней, для осуществления за ними контроля;
- (8) разработка технологий способов борьбы, регулирования и использования чужеродных видов и ее апробация на конкретных экосистемах.

В настоящее время довольно остро стоит задача координации всех исследовательских групп, занимающихся проблемами инвазий чужеродных видов как в рамках организаций Российской академии наук, так и других ведомств. Определенную роль в процессе такой координации может сыграть секция «Инвазий чужеродных видов» Комиссии Российской академии наук по сохранению биоразнообразия, созданная в 2002 году. За годы работы члены Секции организовали две международные конференции и один круглый стол; издано два сборника научных статей. Начата публикация книг из серии «Чужеродные виды России». Опубликованы первые две монографии из этой серии (Чашухин, 2007; Бобров и др., 2008).

В ближайшей перспективе необходимо разработать Национальную Стратегию России по чужеродным видам. Создание такой Стратегии должно стать важным этапом в организации управления и контроля инвазионным процессом на территории страны.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов и др., Биологически инвазии в водных и наземных экосистемах / Под ред. А.Ф. Алимова, Н.Г. Богуцкой. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 436 с.
2. Бобров В.В., Варшавский А.А., Хляп Л.А. Чужеродные виды млекопитающих в экосистемах России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 232 с.
3. Булахов В.Л., Куренная М.И., Влияние трофической и роющей деятельности на береговые экосистемы. // Ондатра: морфология, систематика, экология. М.: Наука, 1993. С. 467–472.
4. Виды-вселенцы в европейских морях России. Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2000. 312 с.
5. Виноградов М.Е., Шушкина Э.А., Мусаева Э.И., Сорокин П.Ю. Новый вселенец в Черное море — гребневик *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) (Ctenophora; Lobata) // Океанология. Т. 29. № 2. 1989. С. 293–299.
6. Гептнер В.Г. Каковы же пути обогащения фауны? // Охота и охотничье хозяйство. № 2. 1963. С. 21–26.
7. Дгебуадзе Ю.Ю. Экология инвазий и популяционных контактов животных: общие подходы // Виды-вселенцы в европейских морях России. Апатиты, 2000. С. 35–50.
8. Дгебуадзе Ю.Ю., Фенева И.Ю., Будаев С.В. Роль хищничества и конкуренции в инвазионных процессах на примере зоопланктонных сообществ // Биология внутренних вод. № 1. 2006. С. 67–73.
9. Завьялов Н.А., Крылов А.В., Бобров А.А., Иванов В.К., Дгебуадзе Ю.Ю. Влияние речного бобра на экосистемы малых рек. М.: Наука, 2005. 186 с.
10. Зайцев Ю.П. Морские гидробиологические исследования Национальной академии наук Украины в 90-е годы XX столетия. Шельф и приморские водоемы Черного моря // Гидробиол. журн. Т. 34. Вып. 6. 1998. С. 3–21.
11. Инвазии чужеродных видов в Голарктике / Под ред. Д.С. Павлова и др. Материалы российско-американского симпозиума по инвазийным видам, Борок, Ярославской обл., Россия, 27–31 августа 2001 г. Борок, 2003. 571 с.
12. Колесников В.В. Енотовидная собака // Акклиматизация и биотехния в системе управления популяциями охотничьих животных. Киров, 2001. С. 128–133.
13. Конвенция о биологическом разнообразии. 1992. (Интернет: <http://biodiv.org>).

14. Красовский Л.И., Чашухин В.А. Влияние ондатры на водную растительность // Ондатра: морфология, систематика, экология. М.: Наука, 1993. С. 472–475.
15. Кучерук Н.В., Басин А.Б., Котов А.В., Чикина М.В. Макрозообентос рыхлых грунтов Северокавказского побережья Черного моря: многолетняя динамика сообществ // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. М.: Наука, 2002. С. 289–297.
16. Масляков В.Ю. База данных «виды-интродуценты Северной Евразии» (структура, содержание, источники информации) // Инвазии чужеродных видов в Голарктике / Под ред. Д.С. Павлова и др.: Материалы российско-американского симпозиума по инвазийным видам, Борок, Ярославской обл., Россия, 27–31 августа 2001 г. Борок, 2003. С. 49–63.
17. Насимович А.А. Экологические аспекты акклиматизации енотовидной собаки в европейской части СССР // Бюл. Моск. общества Испытателей природы. Отд. Биол. Т. 89. Вып. 4. 1984. С. 8–19.
18. Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России. М. 2001. 76 с.
19. Никольский Г.В. Частная ихтиология. М.: Высшая школа, 1971. 472 с.
20. Павлов Д.С., Стриганова Б.Р., Петросян В.Г., Дгебуадзе Ю.Ю., Рожнов В.В., Павлов А.В., Бессонов С.А. WEB-ориентированные информационные системы по биоразнообразию и биоресурсам Российской Федерации // Материалы международной конференции «Информационные системы и WEB-порталы по разнообразию видов и экосистем». 28 ноября – 1 декабря 2006 г. Борок; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. С. 157–163.
21. Павлов Д.С., Фенева И.Ю., Будаев С.В., Дгебуадзе Ю.Ю. Роль биотических взаимоотношений в инвазионных процессах на примере зоопланктонных сообществ: Доклады академии наук. 408. № 1. 2006. С. 139–141.
22. Фенева И.Ю., Будаев С.В. Моделирование инвазионных процессов в условиях эксплуатационной конкуренции // Инвазии чужеродных видов в Голарктике / Под ред. Д.С. Павлова и др. Материалы российско-американского симпозиума по инвазийным видам, Борок, Ярославской обл., Россия, 27–31 августа 2001 г. Борок, 2003. С. 35–48.
23. Фенева И.Ю., Будаев С.В., Дгебуадзе Ю.Ю. Имитационное моделирование стратегий выживания ветвистоусых ракообразных в условиях дефицита пищи // Экология. № 1. 2006. С. 32–38.
24. Хляп Л.А., Бобров В.В. Разнообразие чужеродных млекопитающих наземных экосистем России // Тез. докл. междунар. конф. 5–8 июня 2007 г. Ростов-на-Дону, 2007. С. 319–320.
25. Чашухин В.А. Ондатра: причины и следствия биологической инвазии. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 133 с.

- 
26. Чухчин В.Д. Рапана (*Rapana bezoar*) на Гудаутской устричной банке // Тр. Севастоп. биол. станции. Т. 14. 1961. С. 180–189.
  27. Экологическая безопасность и инвазии чужеродных видов / Под ред. Ю.Ю. Дгебуадзе и др. М.: МСОП-ИПЭЭ РАН, 2002. 118 с.
  28. Экосистема малой реки в изменяющихся условиях среды. // Товарищество научных изданий КМК. М. 2007. 372 с.
  29. Aquatic invasions in the Black, Caspian, and Mediterranean Seas / H. Dumont, T.A. Shiganova, U. Niermann (eds.). The Netherlands. Kluwer Academic Publishers. 2004. 313 pp.
  30. Dgebuadze Yu.Yu., Feniova I.Yu. Stochastic and deterministic mechanisms structuring aquatic communities invaded by alien species. Biological invasions: Towards a Synthesis. Neobiota: 8. 2009. P. 61–74.
  31. Invasive aquatic species of Europe. Distribution, impacts and management / E. Leppakoski et. al. (eds.). Netherlands: Kluwer Ac. Publ. 2002. 583 p.

**Д.С. Павлов, Б.Р. Стриганова, Е.Н. Букварева, Ю.Ю. Дгебуадзе**  
Сохранение биологического разнообразия  
как условие устойчивого развития

Замечания и предложения присылать по адресу:  
Институт устойчивого развития/Центр экологической политики России  
119334, Москва, ул. Вавилова, 26  
Тел.: (495) 952-2423, (495) 952-3007  
E-mail: [ecopolicy@ecopolicy.ru](mailto:ecopolicy@ecopolicy.ru)

Компьютерная верстка: Ольга Кокорева  
Выпускающий редактор: Сергей Дмитриев  
Корректоры: Илья Трофимов,  
Татьяна Шифрина

Подписано в печать . Формат 60×84/16.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 4,88.  
Тираж 500 экз. Заказ №

ООО «Типография ЛЕВКО»