



## Концепция экосистемных услуг

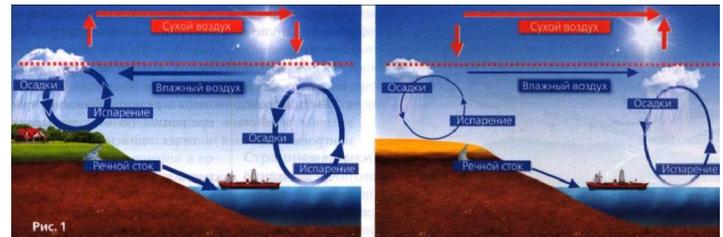
Хорошо развитая растительность, прежде всего леса, благодаря огромной листовой поверхности при достаточном количестве влаги испаряет ее больше, чем открытая водная поверхность. Испарение воды днем охлаждает поверхность и прилежащий слой воздуха. Например, по данным измерений, проведенных во Вьетнаме, в июле дневная температура на высоте 120 см над почвой и на поверхности почвы под пологом леса на несколько градусов ниже, чем на участках, занятых травянистой растительностью, при этом влажность воздуха составляет 85-100% и 55-95% соответственно.

Ночью, напротив, пары воды над растительностью не дают сильно остывать поверхности, что предохраняет ее от заморозков. При массовом осушении болот и сведении лесов эта функция регуляции локального климата утрачивается. Например, после осушения болот на юге полуострова Флорида сельское хозяйство стало нести убытки от... заморозков.

Природная растительность поглощает больше солнечного света (выглядит темнее), над ней формируются восходящие потоки влажного воздуха, который, поднимаясь выше, образует облака. Над полями, наоборот, с высоты опускается сухой воздух, а нижний слой воздуха вместе с испаренной влагой, «затягивается» на территорию с естественной растительностью.

В результате формирования такой локальной атмосферной циркуляции над природной растительностью осадки увеличиваются на 10%, а над полями уменьшаются на 30%. Различия в плотности облаков над природной и сельскохозяйственной зоной хорошо заметны на снимках из космоса. Испарение лесами огромного количества влаги формирует режим циркуляции воздушных масс, увеличивающий поступление влажного воздуха от океана вглубь континента — так называемый биотический насос атмосферной влаги. Влага в воздухе не поднимается на большую высоту, так как из-за охлаждения она конденсируется, формирует облака и выпадает в виде

осадков. Влажный воздух переносится только в приземном слое атмосферы из областей с меньшим испарением в области с большим испарением. Поэтому при наличии леса влажный воздух идет со стороны океана на континент и увеличивает количество осадков, а при уничтожении растительности направление движения воздуха в приземном слое меняется на противоположное, вызывая иссушение климата и сокращение стока рек (рис. 1).



Снег, голая сухая почва и грунт отражают существенную часть солнечного излучения (имеют высокое альbedo). Растительность «стремится» улавливать как можно больше солнечной энергии, которая идет на образование новой биомассы. Наиболее эффективно поглощают солнечную энергию леса за счет многократного отражения света внутри полога. Еще больше энергии могут поглощать влажная почва и пашня (они темнее растительности), но эта энергия идет только на нагревание.

Моделирование показывает, что изменение альbedo при масштабных преобразованиях поверхности Земли может оказывать существенное влияние на климат. Один из гипотетических сценариев выглядит следующим образом: полное исчезновение лесов → увеличение глобального альbedo на 2,6% → снижение средней глобальной температуры с 15,2 °C до 14,1 °C → увеличение площади морского льда → увеличение альbedo еще на 1,6% → дальнейшее охлаждение и рост площади морского льда → ослабление термохалинной циркуляции → постоянный ледовый покров в северных морях → похолодание до 12,3 °C → распространение постоянных ледников на континентах → наступление нового ледникового периода. Гипотетическое изменение среднегодовой

температуры через 800 лет после полного исчезновения лесов представлено на рис.2.

Функции природных экосистем по смягчению последствий экстремальных природных явлений особенно важны в современных условиях, когда одним из основных признаков глобальной дестабилизации биосферы является нарастание числа экстремальных природных явлений и ущерб от них (рис. 3). Среднее ежегодное число зарегистрированных стихийных бедствий, в результате которых населению пострадавших регионов потребовалась внешняя помощь, за последние 20 лет удвоилось — с 200 до 400 (UN OCHA, 2009).

Ключевая роль природной растительности, и в первую очередь лесов, в снижении длительности и высоты паводков является общепризнанной. В 1998—2005 гг. ливневые дожди вызвали затопление многих районов Европы, в 2005 г. только в Альпах ущерб достиг 2 млрд долл. США. 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.

В США в бассейне реки Миссисипи прибрежные болота и заболоченные леса обладали способностью аккумулировать 60-дневный речной сток. Сейчас, после дренирования и осушения, они способны аккумулировать объем менее 12-дневного речного стока, т.е. произошло сокращение функции по регулированию стока на 80%. После большого наводнения в 1993 г. в США было подсчитано, что вложение 2—3 млрд долл. в восстановление 5,3 млн га водно-болотных угодий и заболоченных лесов в верховьях рек Миссисипи и Миссури может в случае наводнения предотвратить ущерб в 16 млрд долл. Была спроектирована схема охраняемых водно-болотных угодий на реке Миссури и разработана программа по сохранению ее водно-болотных угодий. Цель программы — предотвращение наводнений, улучшение качества воды, повышение рекреационной ценности территорий, сохранение местообитаний для птиц и других животных, предотвращение всплеск численности

москитов, связанных с наводнениями, и тем самым предотвращение распространения болезней, переносчиками которых они являются. Водно-болотные угодья, мангровые заросли и другая естественная растительность на морских побережьях являются важным фактором, смягчающим воздействие ураганов, штормов и цунами. Ущерб, нанесенный Нью-Орлеану ураганом Катрина в 2005 г., мог быть существенно ниже, если бы были сохранены естественные водно-болотные угодья на побережье Мексиканского залива. В 1990-е годы США начинали осуществление стратегии по предупреждению наводнений, которая включала восстановление водно-болотных угодий, однако в начале 2000-х годов федеральные инвестиции в меры по борьбе с наводнениями и восстановлению болот были сокращены. В 1990—2000 гг.

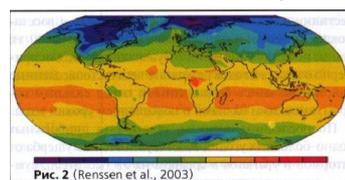


Рис. 2 (Renssen et al., 2003)

темпы исчезновения болот в Луизиане составляли примерно 6 тыс. га в год, в результате чего

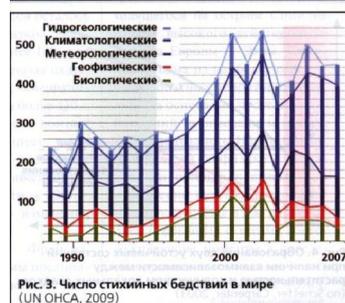


Рис. 3. Число стихийных бедствий в мире (UN OCHA, 2009)

густонаселенные районы оказались беззащитными перед сильным ветром, высокими волнами и повышением уровня воды.

По последним оценкам, утрата 1 га прибрежных водно-болотных угодий ведет к увеличению ущерба от штормов и ураганов в среднем на 33 тыс. долл., суммарная стоимость экосистемных услуг водно-болотных угодий США по защите от ураганов составляет 23 млрд долл. в год.

Разрушение прибрежных экосистем существенно увеличило ущерб от цунами в Индийском океане в 2004 г. В последние годы в ряде тропических стран введены в действие программы по восстановлению мангровых зарослей в целях защиты побережья от ураганов.

Чрезвычайную важность для разработки стратегии природопользования имеет возможность существования нескольких устойчивых состояний системы «биота — климат», которая может быть обусловлена положительными обратными

связями между функциями экосистем и климатическими параметрами. В этих случаях постепенные сдвиги внешних факторов вызывают небольшие изменения в системе, пока она не дойдет до некоторого порога, после чего происходит ее быстрый переход в другое состояние. Такие быстрые трансформации могут быть сопряжены с большим экономическим ущербом и опасностью для людей.

Возможность возникновения нескольких устойчивых состояний можно проиллюстрировать на примере обратной связи между растительностью и количеством осадков. Формирование двух устойчивых состояний возможно при следующих условиях (рис. 4):

количество локальных осадков зависит от некоторого глобального климатического фактора (например, температуры поверхности океана), определяющего их количество в отсутствие растительности;

растительность увеличивает количество локальных осадков;

растительность не может существовать, если количество осадков становится меньше определенного уровня.

Если глобальный климатический параметр определяет очень сухие условия, в которых не может существовать растительность (красная зона на рис. 4), для каждого его значения имеется только одно устойчивое состояние (красная линия в красной зоне). В очень влажных условиях (зеленая зона) также имеется только одно устойчивое состояние — с растительностью (зеленая линия в зеленой зоне).

Однако при средних значениях глобального параметра (белая зона) имеются два устойчивых состояния (красная и зеленая линии в белой зоне). Между ними могут происходить быстрые переходы. Например, при постоянном значении глобального параметра сильная антропогенная деградация растительности может перевести систему из состояния с относительно высоким уровнем локальных осадков в состояние с более сухим локальным климатом.

**Е.Н Буквёшева**  
кандидат биологических наук

**Источник:** Экология и современность.- 2012.-№8.-С.68-70.

