

Управление водными ресурсами и экосистемы: Жизнь в изменяющейся среде

Малин Фалкенмарк

**ГЛОБАЛЬНОЕ ВОДНОЕ ПАРТНЕРСТВО
ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ (ТЕС)**

Глобальное Водное Партнерство (GWP), основанное в 1996 году, является международной сетевой структурой, открытой для всех организаций, занимающихся управлением водными ресурсами, среди которых: правительственные ведомства развитых и развивающихся стран, учреждения ООН, двухсторонние и многосторонние банки развития, профессиональные общества, научно-исследовательские институты, неправительственные организации и частный сектор. GWP была образована с целью создания благоприятных условий для интегрированного управления водными ресурсами (ИУВР), обеспечивающего скоординированное развитие и управление водными, земельными и связанными с ними ресурсами, максимизирующими экономические и социальные выгоды без ущерба для устойчивости жизненно важных экосистем.

GWP способствует внедрению ИУВР, создавая условия для свободного обсуждения на глобальном, региональном и национальном уровнях и обеспечивая поддержку заинтересованным организациям в практической реализации принципов ИУВР. Руководство GWP осуществляется Техническим комитетом, состоящим из 12 международно-признанных практиков и ученых, специализирующихся в различных областях управления водными ресурсами. Настоящий комитет, члены которого представляют различные регионы мира, обеспечивает техническую помощь и рекомендации другим управляющим структурам и GWP в целом. Технический комитет занимается разработкой аналитической структуры водохозяйственного сектора и предлагает мероприятия, которые будут способствовать устойчивому управлению водными ресурсами. Технический комитет осуществляет связи с его региональными отделениями, региональными технически консультативными комитетами GWP (РТКК), по всему миру, способствуя внедрению принципов ИУВР в региональном и национальном масштабе. Руководители РТКК участвуют в работе Технического комитета.

Адоптация и выполнение требований ИУВР во всем мире, изменяющих характер производственных отношений, осуществляются международным водохозяйственным сообществом, особенно в отношении инвестиций. Чтобы осуществить изменения такого характера и масштаба, требуются инновационные подходы для решения глобальных, региональных и концептуальных задач и выполнения программ внедрения принципов ИУВР.

Данная серия, опубликованная секретариатом GWP в Стокгольме, подготовлена для распространения статей, написанных по поручению Технического комитета и освещающих концептуальные аспекты. Такие вопросы, как понятия и определения ИУВР, водные ресурсы для продовольственной безопасности, партнерство государственного и частного секторов экономики, вода как экономический товар и ряд других проблем освещены в этих публикациях.

По инициативе РТКК Центральной Азии и Кавказа, настоящая публикация переведена на русский язык к.т.н. Н. И. Горошковым.

Глобальное Водное Партнерство

Использование данной публикации для перепродажи или других коммерческих целей без предварительного письменного разрешения Глобального Водного Партнерства (GWP) запрещено. Фрагменты данного текста могут воспроизводиться при разрешении и соответствующей ссылке на Глобальное Водное Партнерство. Результаты, их интерпретация и выводы, представленные в данной публикации, являются ответственностью автора и могут не совпадать с официальным мнением технического комитета Глобального Водного Партнерства.

© Секретариат GWP– Центральная Азия и Кавказ /Офис IWMI
Узбекистан, 700000, Ташкент, Главпочтамт, п/я 4564
ул. Муртазаева, 6, апартаменты 123
Тел/Факс: +998-712-652555; +998-71-1370445
E-mail: vadim@icwc-aral.uz; i.babaev@cgiar.org
Web-site: gwpcacena.org

Управление водными ресурсами и экосистемы: Жизнь в изменяющейся среде

Малин Фалкенмарк

Профессор Малин Фалкенмарк, член технического комитета GWP с 1998 года, является ведущим ученым Стокгольмского Международного Института Водных Проблем (СМИВП). Она является заслуженным профессором в отставке по прикладной гидрологии и активно участвовала в много дисциплинарных исследованиях в этой области с 1980 года. В настоящее время профессор Фалкенмарк является членом комиссии по экологическому и устойчивому развитию проекта тысячелетия ООН.

Содержание

Преамбула	7
1. Введение	8
2. Основная дилемма	8
3. Как взаимосвязаны экономическая деятельность и экосистемы?	10
4. Зависимость экосистем от воды	16
5. Как сбалансировать экономическую деятельность и защиту экосистем	22
6. Экосистемный контекст ИУВР	35
7. Выводы для ИУВР	39
Термины	42
Список использованной литературы	43

ПРЕАМБУЛА

Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) можно определить как "процесс, поддерживающий скоординированное развитие и управление водными, земельными и связанными с ними ресурсами, в максимальной степени и справедливо обеспечивая экономическое и социальное благосостояние, не ставя под угрозу устойчивость существования жизненно важных экосистем" (GWP TAC Paper 4, 2000 г.).

ИУВР обеспечивает баланс между использованием ресурсов для жизнеобеспечения и сохранением ресурсов для будущих поколений. По определению ИУВР способствует экономическому развитию, экологической устойчивости и социальному равенству.

Водные ресурсы должны использоваться с целью повышения экономического и социального благосостояния, но не ставя под угрозу устойчивое существование жизненно важных экосистем. Основное внимание в статье уделено анализу взаимоотношений общества с водными ресурсами и экосистемами, разъясняя, почему и как жизненно важные экосистемы должны быть защищены, а также показано, как мероприятия по защите экосистем могут наилучшим образом инкорпорироваться в комплексное управление водными ресурсами, ИУВР.

С 70-ых годов, основное внимание было сосредоточено на воздействиях *развития водных ресурсов* на окружающую среду, и были разработаны методы оценки воздействий на окружающую среду (ОВОС) при осуществлении водохозяйственных проектов. В гораздо меньшей степени было уделено внимание оценке экологических воздействий стратегий *управления водными ресурсами*. Часто, вопросы управления водными ресурсами и защиты экосистем решались различными профессиональными сообществами. Фундаментальные различия в их мировоззрениях мешали им работать совместно, даже тогда, когда они имели одни и те же цели. Однако в последние годы были предприняты усилия по их объединению при решении ряда проблем, связанных, прежде всего с водными экосистемами и разработкой критериев обеспечения минимальных расходов воды для их защиты.

Наземные экосистемы традиционно рассматривались как компоненты использования земельных ресурсов, без должного внимания к огромным количествам воды, которую они потребляют при фотосинтезе. Однако на лесных плантациях Южной Африки начаты работы по сокращению потенциальных потоков влаги.

Малин Фолкенмарк, член технического комитета организации «Глобальное водное партнерство» (GWP), подготовила эту статью, чтобы продемонстрировать, что защита экосистем может быть удачно инкорпорирована в ИУВР. Данная статья логично вытекает из доклада, представленного на семинаре GWP в ноябре 1999 года, организованного совместно с отделом экологии систем Стокгольмского университета (GWP, 1999). Выражается особая благодарность доктору Паулю Робертсу, члену технического комитета GWP по Южной Африке за его вклад в инновационные подходы, предпринимаемые в Южной Африке, и профессору Карлу Фолк, отдел экологии систем Стокгольмского университета, за углубленное рассмотрение взаимосвязей водных ресурсов и экосистем, а также экологических перспектив обеспечения средств существования людей.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящей статье, посвященной взаимосвязям между водными ресурсами и экосистемами, в общих чертах рассматривается вопрос, как учитывающие интересы экосистем подходы могут сочетаться с интегрированным управлением водными ресурсами (ИУВР). Анализируется, в какой мере, водные ресурсы вовлечены во взаимосвязи людей с окружающими их экосистемами, разъясняется каким образом люди и экосистемы совместно используют одни и те же водные ресурсы, и показывается, как стабильность экосистем может быть усилена в процессе ИУВР. В статье описываются концептуальные основы комплексного подхода к использованию земельных/водных ресурсов речного бассейна людьми, с учетом требований экосистем. В статье показано, как в рамках ИУВР, перспектива сохранения экосистем сочетается с адекватными перспективами социально-экономического развития, благодаря более широкому и целостному подходу к управлению основными компонентами жизнеобеспечения в речном бассейне.

Основная идея статьи заключается в том, что можно получить выгоды от общей зависимости людей и экосистем от водных ресурсов, благодаря возможностям ИУВР, объединить использование земельных и водных ресурсов и экосистем и способствовать выполнению трех целей управления – двух социальных (социальное равенство и экономическая эффективность) и одной экологической (стабильная окружающая среда)

2. ОСНОВНАЯ ДИЛЕММА

Безопасность жизнеобеспечения людей

Вода, продовольствие и сырье, необходимые для жизни людей, являются продуктами природной среды, окружающей поселения людей. Однако ресурсы не могут использоваться без воздействия на окружающий ландшафт (строительство скважин, каналов и водохранилищ, расчистка естественной растительности для посевов культур, вырубка лесов при заготовке древесины, дренажные системы, планировка земли, и т.д.), что приводит к нарушению местных экосистем. Поскольку все больше продовольствия необходимо производить для удовлетворения нужд растущего населения, сначала удобрения, а позднее и гербициды стали применять для повышения урожаев культур. В засушливых регионах применяется орошение. Эти меры сопровождались побочными экологическими последствиями (эутрофикации, загрязнение водных ресурсов, заболачивание и засоление земель, повышение минерализации воды, и т.д.). Некоторые из них можно предотвратить, в то время как воздействия других трудно избежать. Отходы производства также сопутствуют деятельности людей (коммунальные и промышленные стоки и другие отходы), усиливая воздействие на местные экосистемы. При росте населения эти воздействия усиливаются, наращивая побочные экологические эффекты и вызывая повышенное беспокойство разных слоев населения.

Растущее беспокойство

Основной задачей управления, ориентированного на устойчивость окружающей среды, является поиск оптимального баланса между деятельностью людей и воздействием на окружающую среду. Однако крайне трудно найти решение, предотвращающее всеобщую деградацию окружающей среды. В зонах умеренного климата, несмотря на широкомасштабное строительство инфраструктуры, с целью минимизации загрязнения водных ресурсов, продолжается вымыв сельскохозяйственных химикатов, вызывая эутрофикацию прибрежных

морских вод в региональном масштабе. В других частях мира с засушливым климатом, помимо серьезных проблем с ухудшением качества водных ресурсов, отмечается значительное истощение стока рек в результате крупномасштабного водозабора для орошения. В качестве примера, можно привести реки Колорадо и Желтая, а также реки, питающие Аральское море, и многие другие реки в мире, приходящие в упадок. Еще одной проблемой аридных регионов является крупномасштабное засоление земель и повышение минерализации воды.

В последующие десятилетия, можно предвидеть даже возрастающие изменения ландшафтов в результате роста населения, глобализации экономики, индустриального развития и мероприятий, направленных на борьбу с бедностью и голодом. Все это предопределяет разработку обоснованных подходов к управлению окружающей средой, соответствующим образом учитывающих взаимосвязанные проблемы.

Озабоченность мирового сообщества деградацией окружающей среды впервые была обсуждена более тридцати лет назад на Стокгольмской конференции по вопросам состояния среды, окружающей людей, 1972 год. Фрагментация как имеющихся знаний, так управляющих структур приводит к ограничению сфер действия различных профессиональных групп и использования интеллектуального наследия, накопленного со времен великого французского философа семнадцатого века Декарта. Так физики в основном занимаются физическими явлениями трансформаций ландшафта, химики химическими аспектами, биологи биологическими исследованиями и т.д. И так как мировоззрение различных групп значительно различается, их основной проблемой является налаживание общения как между собой, так и с лицами, принимающими политические решения, чтобы выработать общее понимание проблем среды, окружающей людей.

Практическое решение двух несовместимых задач

Фундаментальной проблемой социально-экономического развития и повышения качества жизни и экономического благосостояния являются неизбежные изменения ландшафтов в результате происходящих процессов. Вследствие протекающих природных процессов, большинство из которых связаны с водой, изменения ландшафта оказывают непреднамеренные побочные воздействия на местные экосистемы. Результатом этого является значительное расхождение интересов, разногласия и даже насилие.

Идея *эко-системного императива*, которой необходимо уделить внимание, уже широко распространена среди водников. Общая зависимость от водных ресурсов как людей, так и экосистем естественно предопределяет необходимость уделять соответствующее внимание экосистемам при управлении водными ресурсами. При этом Декларация 2000, согласованная мировыми лидерами на заседании Организации Объединенных Наций, включает ряд задач жизнеобеспечения людей, тесно увязанных с использованием водных ресурсов, а именно уменьшить вдвое к 2015 году количество населения, страдающего от бедности, голода, болезней и отсутствия надлежащего качества питьевой воды и санитарных условий. Особенно трудным для решения вопросом будет воздействие, оказываемое на различные экосистемы, возрастающим использованием водных ресурсов для удовлетворения потребностей растущего населения в продуктах питания, бытовых условиях и занятости.

Наиболее трудная задача состоит в том, чтобы понять зависимость человечества от системы жизнеобеспечения планеты, без которой мы не имели бы ни продовольствия, ни топлива и древесины, ни живой природы, ни опыления наших посевов и так далее. Вода, посредством ее многочисленных и разнообразных функций, играет различные роли в динамике экосистем и социальных систем. Она является детерминантом и эликсиром жизни наземных экосистем, транспортируя питательные вещества, а также средой обитания водных экосистем. В социальных системах вода обеспечивает фундаментальные социальные функции, поддерживающие существование людей, производство продовольствия и энергии; а также

является транспортной средой и мобильным растворителем; оказывающим непрерывное воздействие регулятором микроклимата и переносчиком энергии в глобальном масштабе и так далее. Поэтому, так как люди и экосистемы зависимы от водных ресурсов, ИУВР предоставляет возможность комплексного подхода к обеспечению человечества средствами существования и защите жизненно важных экосистем.

Для достижения этого, необходимо разработать концепцию *бассейнового подхода*, учитывающего интересы экосистем. Он должен включать мероприятия по защите производственных функций экосистем, на которых базируется общественное благосостояние. При реализации этого подхода необходимо помнить, что существует множество элементов воздействия человека на экосистемы: как прямых, путем изменения режима местных водотоков, так и косвенных, через воздействие на проницаемость почв и растительный покров в зонах формирования стока. Так как экологические функции воды непрерывно нарушаются при экономической деятельности, в результате использования земельных ресурсов, производства биомассы, загрязнения и ухудшения качества водоисточников, ключевой проблемой, с которой придется столкнуться, являются биотические взаимосвязи между циркулирующей пресной водой и экосистемами. Потребуется найти компромиссы между различными водными функциями – задача еще более сложная, чем обычные усилия по снабжению водой населения, промышленности и ирригации.

3. КАК ВЗАИМОСВЯЗАНЫ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И ЭКОСИСТЕМЫ?

Что такое экосистема?

В основном, термин экосистема относится к *взаимодействующим организмам и управляемой солнечной энергией системе, которую они составляют, включая как первичных производителей, так и потребителей и декомпозеров*. Своим сочетанием они служат связующим звеном между потоками энергии, кругооборотом элементов (включая воду) и пространственными и временными образованиями растительности. Экосистема может иметь любой масштаб от глобального до элементарного. В верхней части шкалы, система поддерживающая жизнь на нашей планете - экосистема, подпитываемая солнечной энергией и совместно функционирующая благодаря циркуляции воды, которая играет роль «системы кровообращения». В нижней части шкалы местные биотические системы, такие как экосистемы сенокосных угодий, лесов, озер, рек, и так далее. Эти экосистемы обеспечивают местные сообщества продовольственными культурами, фуражом, топливной древесиной, лесоматериалами, рыбой, мясом, и так далее и о них заботятся местные жители.

В более общем смысле, экосистемы могут рассматриваться как важнейшие и динамичные "факторы производства" для социально-экономического развития (Фолк, 1997 г.). Экосистемы производят большую часть как возобновляемых ресурсов, так и услуг среды, на которых базируется благосостояние общества. Это означает, что использование этих ресурсов и услуг людьми зависит от существования, функционирования и поддержания многофункциональной экосистемы, в которой гидрологические потоки являются «системой кровообращения».

Так как экосистемы во многом зависят от водных ресурсов, важно чтобы взаимосвязи между водой и экосистемами были должным образом определены. Литературные данные о взаимосвязи между гидрологией и экологией, к сожалению, недостаточны. Гидрология была областью деятельности инженеров, с акцентом на социальном использовании речных ресурсов, в то время как экология была областью деятельности биологов с акцентом на изучении взаимосвязей климата/экосистем и анализе сложных экологических систем. В их исследованиях они рассматривали воду как один из экологических факторов наряду с другими, и использовали простые показатели.

Экологи-практики проявляли свой основной интерес к видимым явлениям, происходящим в условиях данного ландшафта, прежде всего к водным экосистемам и водно-болотным угодьям (взтландам). В отношении наземных экосистем, их внимание привлекало взаимодействие воды и растений на поверхности почв и, в частности, так называемая "функция водораздела", обеспечивающая регулирование паводкового стока и способствующая поддержанию стока в засушливые сезоны. В низкоширотных регионах с ограниченными водными ресурсами водный аспект наземных экосистем привлек интерес, подвергая сомнению утверждение, что "леса создают воду." Процесс фотосинтеза не рассматривался до этого детально, несмотря на впечатляющее водопотребление и изменения в формировании стока, которые рассматривались позже, следуя изменениям в водопотреблении в результате изменений растительного покрова.

Растущий интерес в отношении водных ресурсов в экологическом сообществе имеет свой эквивалент в растущем интересе в отношении экосистем в гидрологическом сообществе, и отражен в отчете «Глобальные Водные Акции» (декабрь 2002 г.). При выделении необходимости управления, основанном на поддержании экосистем, данный отчет по существу выдвигает на первый план мероприятия, связанные с водными ресурсами водно-болотных угодий и водными экосистемами и фокусируется на экологических попусках, загрязнении водных ресурсов и масштабах инфраструктурного развития.

К сожалению, термин "экосистема" не отражает прямо аспекты управления водными ресурсами. Если рассматривать водораздел, термин можно дополнительно интерпретировать как:

- 1) система поддержки жизни, от которой зависит благосостояние, ввиду существенных экологических услуг, которые она обеспечивает
- 2) определенные местоположением биологические компоненты ландшафта особой социальной ценности для местных жителей (например, водно-болотные угодья, леса, озера и т.д.).

Люди и экосистемы совместно используют одни и те же водные ресурсы

На водосборной площади осадки распределяются между природой и людьми, а также между наземными и водными системами. Поэтому существует пространство, в котором должен поддерживаться баланс между обществом и природой. Все осадки, выпадающие на территории водосбора, составляют водные ресурсы, используемые совместно всеми зависящими от воды системами (см. рисунок 1). При выпадении на поверхность земли осадки подразделяются на два потока: так называемые, зеленый поток (эвапотранспирации), поддерживающий наземные экосистемы, и голубой поток (поверхностный сток), поддерживающий водные экосистемы и доступный для использования людьми.

Зеленый поток обеспечивает водопотребление лесов, сенокосных угодий и богарного земледелия. Он поддерживает наземные экосистемы в целом и богарное земледелие в частности. Голубой поток, в виде водотоков, движется с возвышенностей к их подножью, с поверхности земли в гидрографическую сеть, где вода становится доступной для социального использования. С помощью водозаборов вода «заготавливается» для обеспечения зависящих от воды видов деятельности и направляется в города и промышленным предприятиям. После использования, вода возвращается в водные системы в виде возвратного стока, сточных вод, содержащих загрязняющие вещества, если очистка сточных вод не производилась. Кроме того, голубой поток расходуется на орошение. При этом часть воды составляет безвозвратное водопотребление – трансформируется в зеленый поток, в то время как избыток воды (не израсходованная часть) формирует возвратный сток голубого потока. Возвратный сток часто

содержит, вымытые из почв сельскохозяйственные химикаты и питательные вещества, вызывающие эвтрофикацию воды рек и прибрежных вод водоемов, в которые они впадают.

Путь к безопасности человека включает трансформации ландшафтов

Как указывалось ранее, люди очень активны в их взаимодействии с голубым потоком: с одной стороны, загрязняя водные ресурсы, и с другой стороны, изменяя сам ландшафт, в особенности растительный покров, а также почвы и водотоки (Фалкенмарк и Микульский, 1994 г.). Растительность может вырубаться (обезлесение местности) или заменяться (развитие сельского хозяйства, лесопосадки) в попытках удовлетворения социальных запросов в продуктах питания, волокне, древесине для топлива и производства. Почвы подвергаются воздействию при изменениях условий на поверхности земли в результате пахоты, дренирования, покрытия асфальтом в городах и т.д. А водотоки подвергаются воздействию в результате строительства скважин и забора подземных вод для сельского и городского водоснабжения, строительства водоводов и каналов для подачи поверхностных вод в города, промышленным предприятиям и оросительным системам, строительства дамб и водохранилищ для накопления воды в паводковые периоды и её расходования в меженный сезон. Водоохранилища могут также использоваться для регулирования стока как для снижения рисков наводнений в низовьях, так и для более надежного водоснабжения в засушливые периоды года.

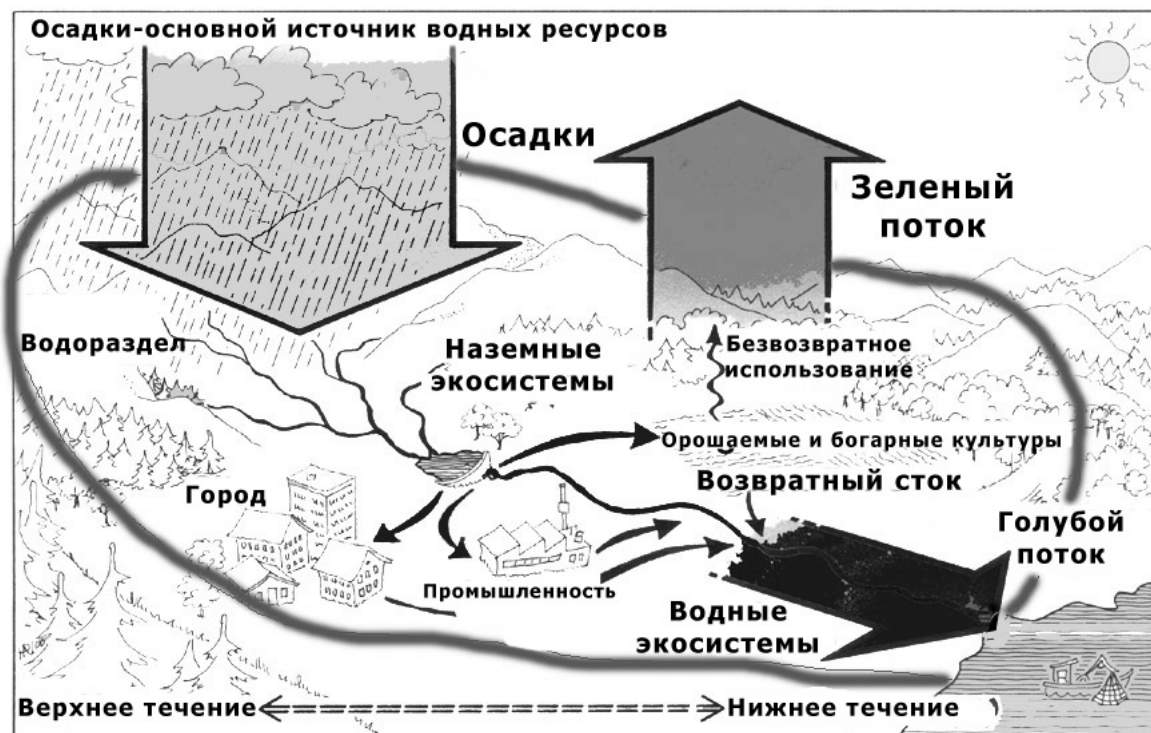


Рисунок 1. Осадки, выпавшие на территории бассейна реки, определяют его водные ресурсы, часть из которых расходуется на создание биомассы растений и испарение с влажной поверхности (зеленый поток), в то время как оставшаяся часть идет на пополнение запасов водоносных горизонтов и стока рек (голубой поток), доступных для социального использования и водных экосистем.

Деятельность людей основана на необходимости удовлетворения жизненных потребностей общества в воде, продуктах питания, лесоматериалах, энергии и жилье. Лидеры общества рассчитывают обеспечить потребности людей, или, по крайней мере, способствовать доступу к этим ресурсам и услугам, важным для ликвидации бедности и благополучия людей (безусловное требование жизнеобеспечения людей) смотрите рисунок 2 (Falkenmark, 1997 г.).

Социальные условия

Природные условия



Рисунок 2. Виды деятельности людей в ландшафтной системе (Falkenmark, 1997г.).

Эти мероприятия включают физическое воздействие как на земельные ресурсы (расчистка и обработка почв, и т.д.), так и перенаправление водных потоков (скважины, трубопроводы, водохранилища). Химические воздействия являются следствием выбросов газов, утилизации твердых отходов, сточных вод и сельскохозяйственных химикатов. По существу, отходы сопутствуют экономической деятельности людей и социально-экономическому развитию (Falkenmark and Lundqvist, 2000 г.). Вследствие природных процессов, происходящих в определенном ландшафте, эти воздействия будут проявляться в непреднамеренных побочных эффектах, в частности, связанных с водными ресурсами. В результате этого может произойти ухудшение качества воздушной среды (например, выпадение кислотных дождей), снизится продуктивность земель (например, уменьшение плодородного слоя почв и образование поверхностных корок) и ухудшится качество воды (например, бактериологическое загрязнение, загрязнение токсичными веществами и нитратами). Если эти явления происходят, возможно разрушение экосистем в результате превышения порога допустимых воздействий: деградация экосистем (наземных и водных) и потеря способности восстановления, то есть способность экосистем справляться с воздействиями, вызванными как природными процессами, так и человеком. Эти побочные воздействия могут подрывать ресурсную базу людей, и поэтому они очень значимы. Важно найти пути достижения комплексного управления водными и земельными ресурсами и

экосистемами, что позволит обеспечить благосостояние людей без неприемлемого воздействия на системы жизнеобеспечения, на которых и базируется это благосостояние.

Но существуют также обратные связи с социальной системой, вследствие воздействий, порождаемых нарушением удовлетворения потребностей людей или неприемлемым уровнем побочных воздействий. Реакция может быть активной или пассивной: пассивная в виде повышения уровня заболеваемости, голода, конфликтов или активная в виде миграции, изменения планов, уменьшения площади земель под паром или импорт продовольствия.

Интересно отметить, что показанные на рисунке 2 различные профессиональные группы концентрируют свои интересы в различных областях: а именно, инженеры (блок 2, в правом верхнем углу), специалисты в охране окружающей среды и экологии (блок 3, в нижнем правом углу), бизнесмены (блок 1, в верхнем правом углу), социологи и политики (блоки 1 и блок 4, в нижнем левом углу). Такая разобщенность по секторам, несомненно, затрудняет контроль побочных экологических воздействий экономической деятельности и обеспечение устойчивого развития.

Изменяющееся мировоззрение

В настоящее время тот факт, что экономическая деятельность всегда сопровождается изменениями ландшафта, все в большей степени воспринимается экологами, вызывая определенный сдвиг в их понимании происходящих процессов. В то время как все в большей степени становится ясным, что человечество должно приспособиться к изменяющимся условиям, концепция устойчивого развития находит подтверждение в потенциале и возможностях социального и экономического развития в перспективе. Текущие подходы все в большей степени учитывают биофизические взаимодействия между водными ресурсами - «кровообращение биосферы» – и экосистемами.

В настоящее время отказываются от традиционной идеи последних десятилетий сохранения «баланса экосистем» по причинам, разъясняемым в примере 1: человечество должно научиться жить в изменяющемся мире. Стабильность является исключением, принимая во внимание резонансные связи между экономической деятельностью и местными экосистемами. Аналогично, идея простого сохранения экосистем уступает место подходам к управлению с учетом требований экосистем.

Пример 1. СОВМЕСТНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ОБЩЕСТВА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Краеугольным камнем при формировании нового мышления являются последние исследования Ван дер Лиува и его коллег деградации земель в Средиземноморском регионе на протяжении 20.000 лет экономической деятельности людей. Исследование охватывает бесплодные земли, засухи и внезапные наводнения в Испании, засоление земель и плохое управление водными ресурсами на юге Греции, совместное воздействие тектонических процессов и экономической деятельности людей на растительный покров на северо-западе Греции, семь тысяч лет экономической деятельности людей в долине реки Рона во Франции. Предлагается изучать не только динамику природных процессов, чтобы объяснить наблюдаемую деградацию земельных ресурсов. Но и ряд социальных процессов, взаимодействующих с окружающей средой, например, *совместную эволюцию социальных и экологических процессов*. Группа исследователей установила, что реакция людей на изменения среды обитания менее отчетлива, чем у других видов, потому что общество должно осознать изменения, прежде чем оно осознано отреагирует на них. Поэтому взаимосвязи имеют резонансный характер, а не причинно-следственный. Исследование также апробировало идею устойчивости в плане продолжения жизни, как мы жили всегда; идея, которая основывается на предположении, что стабильность является естественно, и в человеческих силах, достижимой. Однако изучение долгосрочной перспективы показывает, что это иллюзия. Так как стало ясно, что экономическая деятельность людей стала основным структурирующим фактором динамики экологических систем и раннее сформированное мировоззрение о природе и обществе, как о сбалансированных системах, сейчас уступает место динамичному принципу. Стабильность, вероятно, является исключением в проведенном анализе. Следствием этого является то, что, допуская стабильность и анализируя изменения, необходимо предполагать изменения и анализировать стабильность.

Чрезмерная эксплуатация природных ресурсов ранними цивилизациями в течение тысячелетий приводила к деградации окружающей среды, иногда настолько серьезной, что являлась причиной гибели цивилизаций. Одним из примеров является расцвет и гибель цивилизации острова Пасхи в Тихом океане. Централизованное и хорошо организованное общество, движимое побуждением продемонстрировать свою власть соседним кланам и возглавляемое лидером, пытавшимся превзойти предыдущего, довело экосистему естественных лесов до почти полного опустынивания. Основной причиной интенсивного обезлесения была заготовка древесины, необходимой для транспортировки огромных каменных статуй от карьеров, удаленных от моря, до платформ на побережье, где они были установлены. Две сотни огромных статуй все еще стоят, в то время как еще семь сотен были оставлены в стадии подготовки в окружении разрушенной экосистемы. Облесение, наиболее вероятно, привело к усилению ветровой деятельности и водной эрозии, значительной деградации почв, которые в силу их естественных свойств, были предрасположены к эрозии.

Источники: van der Leeuw (2000 г.), Redman (1999 г.)

4. ЗАВИСИМОСТЬ ЭКОСИСТЕМ ОТ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Общество - подсистема биосферы, в которой вода является ключевым элементом. Человечество зависит от глобальной экосистемы, обеспечивающей возобновляемые ресурсы и экологические услуги (рисунок 3). Экономическая деятельность людей, направленная на улучшение благосостояния, определяется движущими силами общества и подвержена влиянию институциональной системы, и одновременно создает отходы и другие проблемы, которые воздействуют на функционирование экосистем. В то время как концепция экосистемы определена в экологическом смысле, как взаимодействие групп организмов, живущих в определенной биофизической среде, связующим звеном с гидрологией и управлением водными ресурсами является водная детерминанта отдельной экосистемы, то есть водные характеристики, которые определяют среду обитания, условия роста и т.д.

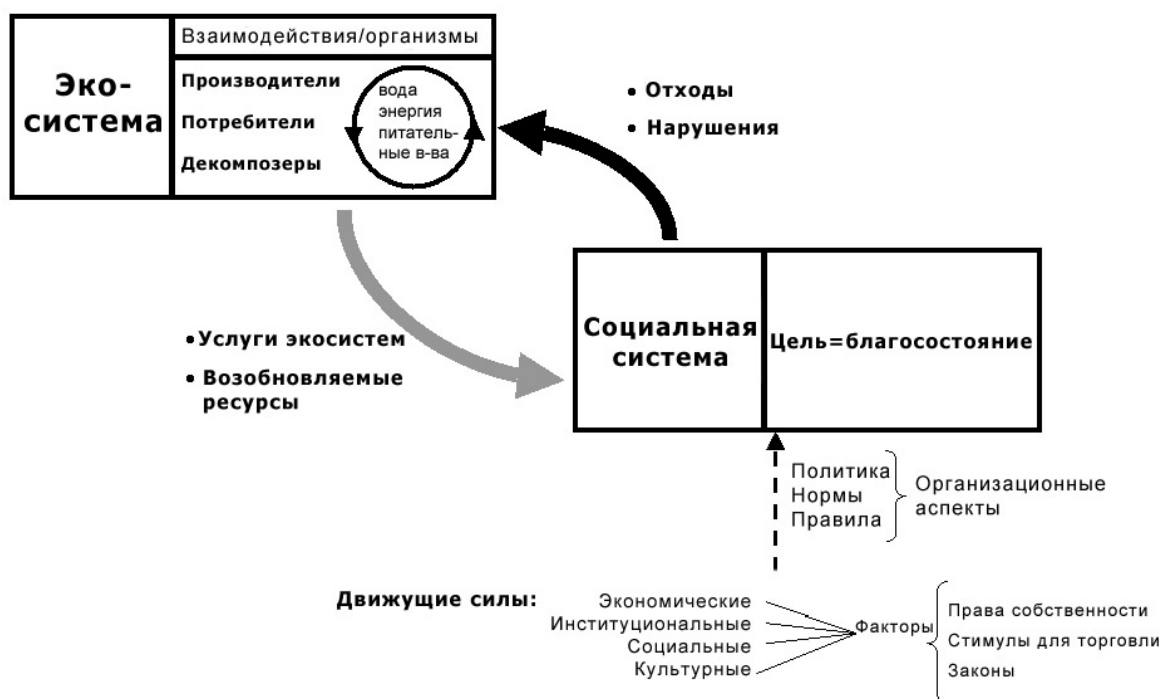


Рисунок 3 Человечество зависит от глобальной экосистемы, обеспечивающей возобновляемые ресурсы и экологические услуги. Экономическая деятельность людей, направленная на улучшение благосостояния, определяется движущими силами общества и подвержена влиянию институциональной системы, и одновременно создает отходы и другие проблемы, которые воздействуют на функционирование экосистем.

Экосистемы обеспечивают экологические «услуги» в виде продукции наземной экосистемы (строительный лес, древесина для топлива, лекарственные растения, производство культур и т.д.) и продукции водных экосистем (рыба, морепродукты, и т.д.). Продуктивность обеих экосистем должна поддерживаться. Другие экологические услуги относятся к жизненно важным процессам для функционирования системы, поддерживающую жизнь (пример 2). В то время как наземные экосистемы, расположенные в верховьях бассейна, участвуют в разделении выпавших осадков на три части – испарение, поверхностный сток и подземный сток, водные экосистемы, расположенные в нижней части долины, испытывают влияние экономической

деятельности в верховьях, которое выражается в ухудшении качества воды и истощении стока, процессы которые подвержены сезонным колебаниям.

Пример 2. НЕКОТОРЫЕ «УСЛУГИ» ЭКОСИСТЕМ, ЗАВИСИМЫЕ ОТ ВОДЫ

Гидрологический цикл

Наиболее успешное обеспечение комплексной роли водных ресурсов в системе жизнеобеспечения должно начинаться с большего внимания к гидрологическим циклам, играющими роль «системы кровообращения» биосферы; то есть применения подхода, основанного на гидрологических циклах, к взаимодействию человека с природными системами. Прежде всего, благодаря её физическим, химическим и биологическим свойствам, вода играет абсолютно фундаментальные балансирующие функции в гидрологическом цикле. Она регулирует изменения в обеспечении солнечной энергией в пространстве и времени, посредством трех основных свойств через взаимно уравновешивающихся процессы:

- физические свойства: испарение и конденсация очень важны для перераспределения энергии на планете;
- химические свойства: кристаллизация и растворение имеют особую значимость для перераспределения растворимых веществ на планете;
- биологические свойства: расщепление молекулы воды является первым этапом процесса фотосинтеза, и затем соединение при процессах дыхания. Выделяющийся водород формирует клетчатку в процессе выделения кислорода.

Ключевые функции и связи

«Услуги» экосистемы имеют решающее значение для функционирования системы жизнеобеспечения. Некоторые экологические услуги очевидны, другие остаются незаметными. При систематизирующем подходе они могут быть структурированы следующим образом:

- физические, такие как абсорбция фосфора в почве, смыв и осаждение ила; перехват осадков; создание условий для инфильтрации дождевой воды в почву
- химические, такие как выделение кислорода и поглощение двуокси углерода в процессе фотосинтеза; денитрификация; освобождение питательных веществ в ходе биохимического разложения; рассеивание семян,
- биологические, такие как фотосинтез, опыление, борьба с вредителями, накопление биомассы, и образование макропор в почве.

Источники: Ripl (1995 г.), Daily (1997 г.), ФАО (2000 г.)

Наземные экосистемы

Наземные экосистемы играют значительную роль в процессе образования стока, так как они потребляют огромные количества «зеленой» воды, фактически две трети выпадающих на поверхность земли осадков, см. пример 3.

При фотосинтезе происходит безвозвратное потребление воды, зависящее от климатических условий. Вода является одним из двух компонентов, используемых при образовании углекислого газа. Процесс начинается с расщепления молекулы воды в ходе биохимической реакции, когда выделенный водород вступает во взаимодействие с углекислым газом, находящимся в воздухе, создавая молекулы сахарозы, которые составляют основной строительный материал для образования биомассы растений (Waterlow et al., Eds, 1998 г.). Однако при раскрытии устьиц листьев для отбора углекислого газа, растение теряет воду в результате диффузии, и затраченная вода возмещается притоком воды в растение из корневой системы.

Ландшафтные экосистемы могут сильно отличаться друг от друга при основном различии между степями и лесами в характере растительности с доминирующими видами, зависящими от климата.

Сенокосные угодья

Сенокосные угодья включают степи, прерии и травянистые саванны. Наибольший интерес в наименее развитых странах представляют наземные экосистемы засушливых земель, характеризующиеся низкой биологической продуктивностью. В тропиках выпадение осадков подчинено существенной сезонной, внутригодовой и многолетней изменчивости, а испарение в атмосферу значительно, при этом покрытие поверхности земли часто не превышает 30 процентов. Распределение растительного покрова довольно сложное, при наличии крупных обнаженных участков (Wainwright et al., 1999 г.). Обводнение обеспечивает контроль роста и развития растений. Вследствие крайней изменчивости условий, растения должны адаптироваться, то есть попытаться минимизировать воздействие изменений климата благодаря запаздывающей реакции, циклам роста, зарослевой или полосчатой структуре и т.д.

Время выпадения, интенсивность, сезонность и т.д. определяют гидрогеологическую судьбу осадков. Даже лишайники могут быть существенным растительным компонентом со способностью впитывать дождевую воду, влагу росы и пары воды. Вследствие открытости поверхности земли и крупных обнаженных участков почвы, твердый сток имеет особое значение на засушливых землях. Покрытие низкорослой растительностью затрудняет обмен в системе почва-растительность-атмосфера, а деградация земной поверхности может воздействовать на обратную связь с атмосферой, в плане изменения характера распределения осадков с подветренной стороны (Savenije, 1995 г.).

Леса и лесистая местность

В лесах и лесистой местности потери воды в результате перехвата осадков листвой могут быть существенными. Но в то же время, они довольно значительно различаются в умеренной и тропической зонах. Эти потери часто сокращаются из-за сезонного состояния крон (Roberts, 1999 г.). Транспирация значительно ниже потенциального испарения и не имеет большого различия для умеренных и тропических лесов. В тропических лесах глубина корневой системы может достигать 15 м, но функция такой глубокой корневой системы не ясна. В засушливых условиях, сжатие корней в течение засушливых периодов может способствовать инфильтрации воды, но могут быть и другие пустоты для фильтрации воды в почве. Почвенная влага подвержена значительной изменчивости за счет разницы в интенсивности инфильтрации и водоотбора корневой системой. Большая часть лесной растительности имеет 50 процентов корней в верхнем 30-и сантиметровом слое. В гумидных лесах боковое распределение корней соответствует по размеру кронам деревьев, а в полуаридных лесах их распространение гораздо значительнее и определяется расстоянием между деревьями в саванне (Eagleson and Segarra, 1985 г.).

Пример 3. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Наземные экосистемы, в основном, подпитываются инфильтрационной водой. В глобальном масштабе они потребляют две трети осадков, выпадающих на континентах:

– сельскохозяйственные земли (включая сорняки и периферию)	6800 км ³ /год
– степи умеренной и тропической зон	15100
– леса умеренной и тропической зон	40000
– болота, топи и болотистая местность	1400
– тундра и пустыни	5700
– другие системы	2000
Все вместе	71000

Эти 71.000 км³/год составляют общий зеленый поток континентов, то есть эвапотранспирацию на континентах. Рисунок 4 демонстрирует распределение водных ресурсов на континентах, показывая важное влияние на голубой поток зеленого потока, расходуемого на безвозвратное водопотребление наземными экосистемами, включая выращивание культур. Он также накладывается пропорционально на относительно небольшое по масштабу водопотребление, которое было центром внимания прошлого управления водными ресурсами и обсуждалось Всемирной водной комиссией. Общий водозабор оценивается в 3900 км³/год, из которых 2600 км³/год составляют безвозвратное водопотребление, а оставшиеся 1300 км³/год составляют возвратный сток.

Источник: Rockström и др., (1999 г.), Cosgrove и Rijsberman (2000 г.)

Водные экосистемы

Системы голубого потока и водные экосистемы, которые в них существуют, предлагают не только выгоды от использования самого водотока, такие как места для отдыха, навигация, растворение загрязнителей и обеспечение мест обитания, например, водно-болотные угодья, но также ресурсы, которые могут быть изъяты для поддержания жизни людей, такие как рыба, водоплавающая птица, ракообразные, меховые шкурки зверьков и т.д. (Postel and Carpenter, 1997 г.).

Водотоки

В водотоках движение воды рассматривается в качестве наиболее важного фактора, влияющего на распределение растительности (Large and Prach, 1999 г.). Места обитания макрофитов в водотоках распределяются фрагментарно, вследствие чередования участков с высокими и низкими скоростями течения воды и за счет разницы в распределении наносов. Но в то же время, эти системы взаимодействуют, в том смысле, что макрофиты могут снижать скорость течения воды и усиливать заиление, тем самым, обеспечивая места обитания для беспозвоночных и рыбы. Изменчивость потока является одним из основных факторов, определяющих распределение видов в речных системах, кроме того, определенный вклад в этот процесс вносит отток грунтовых вод (Wood et al., 2001 г.).

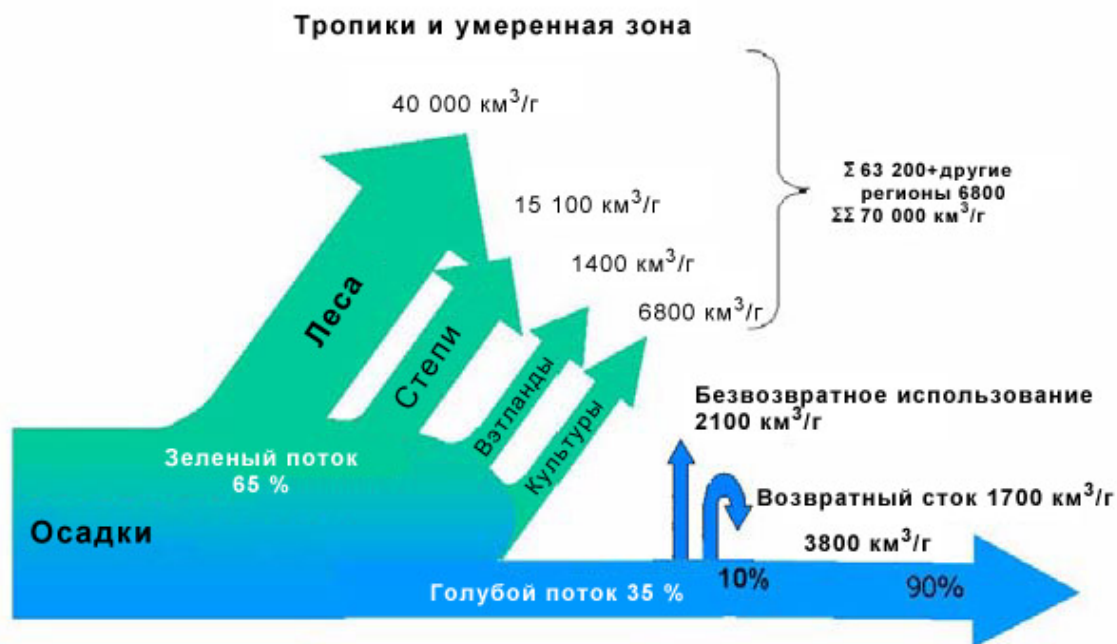


Рисунок 4. Безвозвратное водопотребление наземными экосистемами, показанное в глобальном масштабе (Falkenmark, SIWI семинар 2001г.).

Если биотическая целостность и функции систем обеспечиваются, существование сообществ беспозвоночных может быть защищено (Buffagni, 2001 г.). Требования к местам обитания, такие как проточность, предпочтения в кислородном и температурном режиме могут быть определены для обеспечения как дыхания, так и питания их обитателей (Freistühler и другие, 2001 г.). Таким образом, могут быть определены экологически приемлемые параметры водотоков для воспроизводства придонных беспозвоночных и будущего существования отдельных видов. Динамика периодов паводков и засух оказывает существенное влияние на флору и фауну определенного района (биота), которые приспосабливаются, например, к тому, что максимальный сток возникает только в течение двух месяцев каждый год. Поэтому любые изменения по времени или интенсивности паводка повлияют на биоразнообразие тропических рек.

Например, некоторые виды рыб реки Мегонг мигрируют в места размножения вверх по течению реки в период паводков в муссонный сезон и спускаются вниз по течению реки в засушливые периоды года. При миграции вверх по течению рыба откладывает икру на затопленных в течение сезона дождей участках, а затем в межсезонье скапливается в руслах рек или разливных озерах. Другие виды рыб используют поднятие уровня воды для перемещения на участки болот, затопленных лесов, рисовых полей, заводей, которые играют роль убежищ, мест нагула и нереста (Dudgeon, 2000 г.).

Озера

Экосистема озер в значительной степени связана с объемами и качеством воды, поступающей с водосборной площади (Wetzel, 1999 г.). В основном, озера формируются в понижениях рельефа, которые заполняются водой, поступающей с водосбора. Они динамичны, вследствие вертикального водообмена за счет осадков и испарения. Речной бассейн определяет поступление ионов, формирующих химический состав притекающей воды. В тоже время, качество воды в озере изменяется за счет вертикального водообмена. В озерах, имеющих преобладающее вертикальное поступление воды, концентрация ионов уменьшается за счет

осадков. В озерах, где преобладает расходование воды на испарение, происходит повышение минерализации воды.

Кроме того, характеристики мест обитания озер варьируют в соответствии с ролью горизонтального водообмена, который по своим воздействиям является противоположным вертикальному водообмену. В некоторых озерах доминирует горизонтальный водообмен при незначительном влиянии вертикального водообмена, и поэтому они характеризуются проточностью и достаточно быстрым обновлением водной массы озер. В других озерах с небольшим водосбором преобладает вертикальный водообмен, который делает их зависимыми от климатических условий и уязвимыми при изменениях климата. Большинство горных озер имеют проточность, в то время как Аральское море полностью зависимо от климатических условий. Также биологическое состояние и метаболизм озер тесно связаны с гидрологическими притоками и химической нагрузкой, формирующейся в пределах водосборного бассейна (Wetzel, 1999). Озеро может подвергаться воздействию грунтовых вод, уровень которых повышается в результате изменений землепользования на площади бассейна. Биологически обусловленные потери воды в атмосферу в сочетании с заилением в прибрежной зоне приведет к медленной трансформации мелких озер в наземные экосистемы. Данный процесс превращает мелкие озера в переходные формы ландшафта.

Водно-болотные угодья (вэтланды)

С позиций управления водными ресурсами, водно-болотные угодья наиболее трудный объект для управления из-за их значительного разнообразия с гидрологической точки зрения (Mitsch and Gosselink, 2000). Водно-болотные угодья являются биологическим феноменом, характеризующимся аноксией и низким окислительно-восстановительным потенциалом (Wheeler, 1999), и, в основном, местоположением весьма влажных земель безотносительно от того, какие водные ресурсы обеспечивают влагу водно-болотных угодий. С гидрологических позиций, основное различие может быть сделано между акваторическими водно-болотными угодьями, с одной стороны, которые являются частью водных экосистем (мелководные водоемы), и болотистыми водно-болотными угодьями, с другой стороны, которые, в основном, представляют увлажненные наземные экосистемы. Что является характерной чертой водно-болотных угодий, это то, что земля увлажнена настолько, что обеспечивает условия для произрастания типичной растительности, которая четко отличается от растительности хорошо дренированных земель (Pielou, 1998). *Другими словами, водно-болотные угодья определяются их растительностью, а не гидрологией.*

Водно-болотные угодья формируются там, где плохо дренированные земли накапливают достаточно воды, чтобы быть затопленными или влажными большую часть времени. Они особенно распространены в регионах, где дренажные системы не развиты. Северо-американские водно-болотные угодья, например, являются более продуктивными в плане роста растительности, чем сельскохозяйственные земли или естественные сенокосы (Pielou, 1998). Они являются хранилищами биоразнообразия и незаменимыми местами обитания для огромного числа птиц, которые размножаются здесь или останавливаются для восстановления сил во время перелетов.

Существует несколько типов водно-болотных угодий (Pielou, 1998): верховые болота, низинные болота (фены), марши и избыточно увлажненные территории. Первые два типа известны как торфяники. Разница между ними состоит в том, что вода болот в основном дождевая, застойная и бедна питательными веществами, в то время как вода фенов может поступать за счет фильтрации грунтовых вод или медленно текущих поверхностных вод, богата питательными веществами. Вторая группа вэтландов осушается временами и торф не может сформироваться здесь, так как земля только сезонно затапливается. Такие не торфяные водно-болотные угодья развиваются при теплом и более засушливом климате, чем торфяные болота. Существуют два основных вида: избыточно увлажненные территории и марши,

которые отличаются своей растительностью. Первые зарастают деревьями, последние травянистыми растениями. На избыточно увлажненных территориях уровень грунтовых вод погружается ниже корневой зоны в засушливые периоды, в то время как марши имеют растительность, которая произрастает на постоянно влажных почвах. В промежутке между маршами и сухими землями находятся влажные луга, которые имеют водо-насыщенные почвы на глубине в нескольких сантиметрах ниже поверхности и большее разнообразие растительности.

В соответствии с вышеуказанными различиями, основными водными детерминантами для водно-болотных угодий суши могут быть осадки (болота), боковой приток (фены), затопление поверхности водой (избыточно увлажненные территории и марши) и подпитывание грунтовых вод (фены и влажные луга). Многие водно-болотные угодья образуются в результате того, что инфильтрация осадков ограничивается водонепроницаемыми слоями почвы или грунтов, которые препятствуют нисходящей фильтрации воды осадков.

Водно-болотные угодья могут играть важные гидрологические функции на водосборной площади, такие как подпитывание грунтовых вод, когда уровень грунтовых вод на водно-болотных угодьях понижается, регулирование стока, там где водно-болотные угодья обладают достаточной аккумулирующей емкостью, и изменение качества воды вследствие биохимических реакций в пределах экосистемы водно-болотных угодий (денитрификация, адсорбция фосфора и тяжелых металлов).

5. КАК СБАЛАНСИРОВАТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЛЮДЕЙ И ЗАЩИТУ ЭКОСИСТЕМ

Как пояснялось ранее, изменения ландшафта являются существенными элементами процесса социально-экономического развития, которые имеют тенденцию – вследствие естественных процессов при работах на какой-либо территории – создавать побочные воздействия на водотоки, их русла и качество воды, и как следствие, на водные экосистемы. Большинство этих вызывающих последствия процессов связано с водными ресурсами: часть осадков перехватывается растительностью; функция переноса, контролирующая роль воды как уникального растворителя и как эродирующего агента; и неразрывно связанная с гидрологическими циклами способность создавать цепочные воздействия. Так как экосистемы изменяются в ходе этого общего процесса, модификации ландшафтов часто вступают в конфликт с сохранением существующих экосистем.

Учимся жить в изменяющемся мире

В настоящее время в развивающихся странах, ключевые экологические проблемы тесно связаны с постоянным экономическим развитием и повышением уровня доходов людей (IUCN ROSA, 2002 г.), угрожающим устойчивому использованию природных ресурсов и сохранению биологического разнообразия. При обращении к особым случаям в развивающихся странах, соответствующее внимание должно быть уделено также фундаментальным гидролого-климатическим различиям между тропиками, где эти страны обычно расположены, и зонами с умеренным климатом, в которых находится большинство индустриально-развитых стран (Falkenmark and Chapman, 1989 г.; Ayebotele and Falkenmark, 1992 г.). Здесь основными факторами являются значительно большая изменчивость осадков и более интенсивное испарение.

Три вида деятельности людей угрожающих экосистемам

Связанные с водными ресурсами детерминанты экосистем определяют направления деятельности людей, которые могут привести к разрушению экосистем. Этими детерминантами являются водные потоки, направления движения воды, сезонность стока, уровень грунтовых вод и качество/химический состав воды. Они могут воздействовать прямо или косвенно на связанные с водными ресурсами видами деятельности.

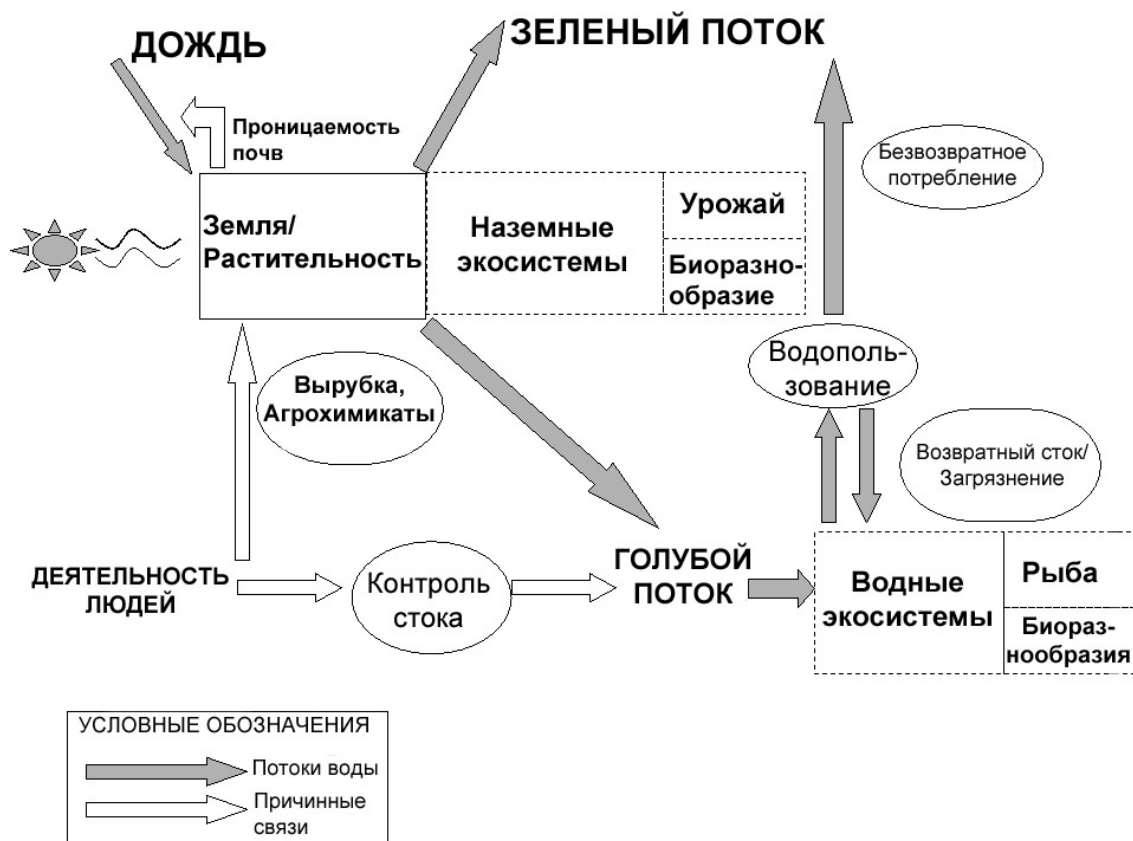


Рисунок 5. Виды деятельности людей в пределах бассейна изменяющие параметры голубого потока как прямо, посредством строительства водорегулирующих сооружений и безвозвратного водопотребления, так и косвенно, через освоение земель и изменение растительного покрова.

Рисунок 5 демонстрирует причинно-следственные связи между изменениями «товаров и услуг» экосистем, с одной стороны, и экономической деятельностью людей в пределах бассейна, связанной с обеспечением продуктами питания, водой и энергией и получением доходов, с другой стороны. Тримя важными водными детерминантами, воздействующими на эти изменения экосистем, являются:

- сооружения для регулирования стока, позволяющие приспосабливать сток к сезонному потреблению воды;
- изменения растительного покрова, влияющего на проницаемость почв и разделение осадков, а значит и формирование поверхностного стока;
- водозаборы и последующие изменения при использовании воды, в плане безвозвратного водопотребления и загрязнения водоисточников, соответственно.

Двумя видами изменений растительного покрова, которые привлекают особое внимание, являются обезлесение (см. пример 4) и засоление земель, приводящее к опустыниванию лесистой местности (см. пример 5). Исчезновение лесов может привести к значительным изменениям в поверхностном стоке (GWP, 1999 г.). Воздействие обезлесения на местный водный баланс детально задокументировано, типичным результатом чего является увеличение интенсивности сезонных и ливневых стоков. В то время как общий сток увеличивается после обезлесения, основным источником этого увеличения является уменьшение транспирации при замене деревьев с более глубокой корневой системой на растительность с мелкой корневой системой. Соответственно, наибольшее увеличение связано с компонентом задержки стока гидрографа водотоков. В тропических лесных экосистемах, водопроницаемость поверхностного слоя почв может ухудшиться вследствие уплотнения при вырубке лесов и утрате макропор почв из-за прекращения биологической деятельности.

Экологи часто утверждают, что леса необходимый «продукт» для водной среды, что они увеличивают осадки и поверхностный сток, уменьшают эрозию почв и остроту паводков, «стерилизуют» водоснабжение и улучшают качество воды. Эти взгляды отражены, например, в отчете Международного союза охраны природы и природных ресурсов (МСОП) «Водные ресурсы и природа, взгляд в будущее» (2000 г), представленном на втором Международном водном форуме.

Пример 4. ЛЕСА И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Понимание, что леса являются «продуктом» необходимым для водной среды происходило из выявления связей между деградацией земельных ресурсов и сокращением лесов, при восстановлении и сохранении земельных ресурсов при большей площади лесов. Этот взгляд ограничивался видимыми явлениями на поверхности земли, не учитывая невидимых процессов в корнеобитаемой зоне. Это вводящее в заблуждение восприятие поддерживалось лесной отраслью и глубоко проникло в общественное сознание, и даже «закреплено в некоторых из наиболее влиятельных политических документах» (Calder, 1999 г.). Калдер тщательно исследовал ряд «базовых положений» по лесам и водным ресурсам при сопоставлении с научными фактами и пришел к следующим выводам:

1. *Леса увеличивают осадки*: осадки образуются из влаги воздуха, которая состоит из влаги, испаряющейся с морской поверхности, и зеленого потока, транспирируемого растительностью и поднимаемого воздушными потоками. Так как возвышенности и горные местности обычно имеют большее количество осадков, чем прилегающие низины, их растительность более лесистая. Вода, испаряемая лесами, подпитывает поток водных паров в атмосферу и возвращается в виде осадков где-то в другом месте. С помощью такой «обратной связи» обезлесение может отражаться в меньшем количестве осадков где-то, куда они относятся ветром.

2. *Леса увеличивают поверхностный сток*: поверхностный сток является частью выпавших осадков, оставшейся после испарения воды, перехваченной листовым покровом, и транспирации воды растениями. Обычно испарение и транспирация выше у деревьев, имеющих большую поверхность листового покрова и более глубокие корни, чем однолетние культуры. Поверхностный сток на лесистых территориях ниже чем на территория с более низкорослой растительностью.

3. *Леса регулируют сток*: на что в основном ссылаются, так это роль растительности в определении инфильтрационных свойств почв и стока засушливого периода года, подпитываемого грунтовыми водами. Сток, вытекающий из системы, отвечающей специфическим условиям участка, часто является параллельным процессом. Не является фактом то, что облесение увеличит сток засушливого периода года.

4. *Леса уменьшают эрозию*: параллельными процессами, которые оказывают влияние, являются: интенсивность осадков, формирование поверхностного стока, напорность почвенных вод, связывающие воздействия корней деревьев на устойчивость склонов, технология заготовки леса, приводящая к уплотнению почв и т.д. Суммарные воздействия зависимы как от условий участка, так и видов растительности.

5. *Леса снижают пик паводков*: гидрологические исследования выявили незначительные связи между характером землепользования и ливневыми стоками, особенно на больших водосборах со смешанным растительным покровом, где воздействия нескольких участков водосборной площади накладываются друг на друга, определяя паводковую волну. Действующие параллельные процессы включают высокие инфильтрационные скорости в условиях естественных лесов, дренаж и уплотнение почв в проектах лесопосадок. Недостаточно научных фактов, подтверждающих, что обезлесение вызывает крупные наводнения.

В заключении, можно рекомендовать более критическое отношение к упрощенному восприятию «старой парадигмы» в отношении лесов и водных ресурсов.

Источники: Calder (1999 г.), GWP (1999 г.), Savenije (1995 г.)

Пример 5. ЗАСОЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ В АВСТРАЛИИ – ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЗЕМНОГО ПОКРОВА

Одной из доминирующих экологических проблем Австралии является засоление земель и повышение минерализации воды в источниках. Взаимосвязь между освоением земель и засолением широко признана на протяжении почти века, но проведение соответствующих мероприятий затруднено отсутствием достаточных стимулов у заинтересованных сторон. В течение тысячелетий соли, переносимые ветром с поверхности океана, накапливались на территории водосборов. Накопление солей в течение 10.000 лет при расчетных нормах поступления солей из моря в достаточной мере объясняется концентрацией солей, измеренной в прибрежной зоне. Водный баланс местной эвкалиптовой растительности представляет тесную связь между осадками и зеленым потоком. В результате, отток в грунтовые воды, который способствует промывке солей в почвенном профиле, составляет после покрытия испарения незначительную величину, а уровень грунтовых вод понижается. В таких уязвимых условиях, обезлесение угрожающе приводит к радикальному изменению хорошо сбалансированной системы. Расчистка земель от леса снижает зеленый поток и увеличивает пополнение грунтовых вод и поднятие их уровня. В результате этого минерализованные воды фильтруются в сторону более низко расположенных земель, в некоторых местах даже угрожая запасам питьевой воды в водохранилищах.

Изменение такого развития событий с помощью мер управления земельными ресурсами затруднительно. Посадки на определенных участках пополнения грунтовых вод, кажутся, одним из возможных методов, при котором экономические последствия будут ограниченными. На других площадях, могут быть рекомендованы изменения в составе культур, заменяя культуры с неглубокой корневой системой на культуры с более глубокими корнями, такими как люцерна или лупин. Однако, успешность осуществления этих мероприятий крайне ограничена вследствие отсутствия стимулов у местных бенефициариев. Несмотря на существование как технологий, так и осведомленности о них, проблема засоления не решается, даже учитывая тот факт, что Австралия занимает лидирующую позицию в понимании связей между землепользованием и водными ресурсами, её амбициозной программы и т.д. Для того чтобы решить эту регионального масштаба экологическую проблему австралийской экономики понимание людьми необходимых изменений в землепользовании в плане стремления, мотивации и стимулов местных землепользователей является фундаментальной задачей, требующей решения.

Источник: Calder (1999 г.)

Три суждения

Как следует из взаимодействия людей и экологических явлений в системе жизнеобеспечения, в процессе ИУВР должны быть найдены компромиссы. В этом процессе должно быть уделено внимание такому важному аспекту как взаимодействие регионов верхнего и нижнего течения. (Falkenmark, 1999 г.) В верхней части водосборной площади или бассейна реки осуществляется ряд видов экономической деятельности, воздействующих на водные ресурсы: изменения в землепользовании, трансформация и загрязнение стока, и т.д. Совместно они воздействуют на речной сток, сезонность и качество воды, притекающей в низовья. Пользователи нижнего течения занимаются рядом видов деятельности, зависящих от водных ресурсов и происходящих процессов: таких как прямое водопользование домохозяйств, муниципальных служб, промышленности, орошаемого земледелия и т.д., так и для экологических «услуг» прибрежных водно-болотных угодий, водных и прибрежных экосистем.

Как уже отмечалось, два дополнительных направления должны быть выделены в масштабе экосистемы: с одной стороны, фокусирование на присущих определенным участкам экосистемах, в частности, необходимость их защиты, с другой стороны акцент на устойчивую продуктивность системы жизнеобеспечения всей водосборной площади.

Сохранение долговременной продуктивности системы жизнеобеспечения

Настоящая статья прояснила, что ключевой функцией обеспечения будущих поколений является способность системы жизнеобеспечения воспроизводить продукты питания и биомассу, различные виды экологических услуг при преодолении всех внешних воздействий и изменений. Экологические системы бассейна связаны с потоками воды в верховьях и низовьях. Пресноводные водотоки, производство культур и другие услуги наземных экосистем взаимосвязаны и взаимозависимы. Водные экосистемы низовьев реагируют на суммарное воздействие всех видов деятельности в верховьях. Ключевые вопросы, которые необходимо задать, должны включать, например, в каком количестве водные ресурсы должны быть оставлены в реке и почему? Какие виды загрязнения должны быть предотвращены и почему?

Одним из способов рассмотреть связь между интегрированным управлением водными ресурсами и экологическими услугами водосборной площади является управление бассейнами, как актив, который обеспечивает воду, экологические товары и услуги. Некоторые из этих услуг обеспечивают совместный результат, другие конфликтуют (GWP, 1999 г.). Следовательно, необходимо обеспечить планируемые компромиссы, основываясь на рассмотрении деятельности людей, как части гидрологической среды. Можно даже предвидеть ситуацию, когда землевладельцам должна быть задана задача управления природными ресурсами для общества в целом и оплачивать это. Экологические услуги и водные ресурсы должны управляться интегрировано. Бассейн должен управляться адаптивным способом, чтобы сохранить устойчивость системы жизнеобеспечения при неожиданностях и потрясениях и избежать перехода экосистемы в более уязвимое состояние.

Должны быть разработаны критерии сохранения способности устойчивого воспроизводства жизнеобеспечения. Это означает определение ключевых функций, существенных для производства продукции наземных экосистем социальной и экономической значимости, услуг наземных экосистем экологической значимости, продукции водных экосистем социальной и экономической значимости, услуг водных экосистем важных со всех точек зрения.

Человечество посредством его деятельности стремится изменить нарушенные режимы, в которые вовлечены организмы во времени. Нарушения могут быть довольно серьезными: в следствие природных процессов, антропогенных воздействий, так и их сочетания. Поэтому существует необходимость обеспечения достаточной «эластичности» экосистем при внезапных изменениях в окружающей среде, подобно штормам, пожарам, засухам или непредвиденным загрязнением среды. Экологи говорят об «эластичности», как об устойчивости к нарушениям. Поэтому ключевым вопросом является *обеспечение способности абсорбировать продолжительное изменение без потери динамической способности экосистем поддерживать поставку экологической продукции и услуг*. Из вышесказанного очевидно, что наиболее важным вопросом является как сохранить устойчивость к внешним воздействиям системы жизнеобеспечения бассейна или, более конкретно, ключевые продуктивные функции этой системы. И здесь первостепенной задачей является управление, адаптированное ко всему бассейну, с целью продвинуть развитие системы в таком направлении, при котором будущие опции сохраняются и обеспечиваются. Разрушения экосистем должны быть предотвращены любыми средствами и на более раннем этапе, а земельные и водные ресурсы должны быть сохранены для следующих поколений (см. текстовый блок 6).

Пример 6. Долгосрочная устойчивость к внешним воздействиям на фоне изменений

Существуют два вида устойчивости: социальная устойчивость, то есть защитные возможности общества и его институтов и экологическая устойчивость, то есть защитные возможности экосистем. Устойчивость к внешним воздействиям обеспечивается способностью воспринимать изменения без потери функций и основных свойств при стрессах, и возмещать причиненный ущерб за счет самоорганизационной способности для обновления и реорганизации под влиянием изменений. Если социальная или экологическая системы утрачивают устойчивость к внешним воздействиям, то они становятся уязвимыми при изменениях, которые ранее могли бы быть восприняты. Изменение состояния имеет место, что может вызвать социальные проблемы, вследствие нарушения привычного образа жизни. Если устойчивость к внешним воздействиям уменьшается, то прогрессивно нарастает цепь внешних небольших воздействий, приводящих к катастрофе. Другими словами, снижение устойчивости к внешним воздействиям повышает уязвимость. Например, повышение социальной и экономической уязвимости, в следствие пониженной устойчивости к внешним воздействиям при деградации земель и засухе, может привести к утрате средств существования, напряженным отношениям и конфликтам из-за важных ресурсов, таких как пресная вода и продукты питания.

Золотое правило – не позволять деградационным процессам зайти слишком далеко, то есть подойти слишком близко к полному разрушению экосистемы. Целью управления бассейном должна стать защита основ системы жизнеобеспечения региона. Экосистемы должны быть защищены от медленных изменений, которые могут трансформировать их в другое состояние с меньшей эластичностью/устойчивостью к неизбежным изменениям, происходящим неожиданно. При существующем уровне понимания проблемы, необходимо сфокусироваться на малозаметно изменяющихся факторах, воздействующих на функционирование той или иной экосистемы. Эти факторы включают землепользование, запасы питательных веществ, свойства почв и биомассу многолетних организмов. Так как и землепользование, и свойства почв тесно связаны с состоянием и функциями водных ресурсов, то водный фактор должен быть включен на следующем уровне осмысления, и, прежде всего такие его компоненты как режим стока, зеленый поток и токсичное загрязнение воды.

В то время как устойчивость к внешним воздействиям является буфером для смягчения нарушений, он создается за счет биоразнообразия, которое является страховкой в данном контексте. Биологическое разнообразие также важно для обеспечения перекрывающих друг друга функций, восстанавливающих способность экосистемы производить экологические услуги на достаточном уровне. Потеря биоразнообразия снижает устойчивость экосистем к изменениям и угрожает функционированию системы, как основы экономической деятельности и благосостояния людей. В отдельной экосистеме многие виды могут иметь схожие функции, то есть в определенной степени дублировать друг друга. Поэтому должен поддерживаться минимальный состав организмов, который обеспечивает устойчивые связи между первичными производителями, потребителями и декомпозерами для поддержания посреднических функций между потоком энергии, цикличностью элементов и пространственным и временным составом растительности.

Для того чтобы любая функция экосистемы была устойчивой, пресная вода обеспечивает основу для происходящих процессов – основу, которой в прошлом, в основном, пренебрегали.

Источник: Folke et al., (2002 г.)

Защита местных экосистем

На водосборной площади могут иметься отдельные участки со специфическими биологическими ландшафтными компонентами, которые необходимо защищать, в виду присутствия редких эндемичных видов, ценного биоразнообразия, прекрасного ландшафта или окрестностей реки, особой социальной значимости и т.д. Защита местных экосистем может быть эмоционально и/или экологически мотивирована. Понятие «защита» должно, в основном, означать либо защиту её от риска разрушения, либо от перехода в другое нежелательное состояние, например, прозрачное озеро становится мутным; исчезающий тенистый лес; полуаридные сенокосы превращаются из пастбищ в лесистую местность; саванные экосистемы, которые страдают от уменьшения осадков, вследствие обратной реакции состояния атмосферной влаги на уменьшение подъема влаги при обезлесение (Savenije, 1995 г.). Сигналы о смене состояния могут явствовать о полном разрушении экосистемы, изменении урожайности культур, изменении состава культур, или изменении мутности воды в озере. Гидрологическая цикличность существенна для процесса деградации экосистемы. С одной стороны, она трансформирует нарушения состояния, а с другой стороны, является источником ряда различных нарушений состояния.

Чтобы управлять различными экосистемами, их водные детерминанты должны быть определены (сезонность стока, расходы воды, направления потоков, уровненный режим, характеристики качества/химического состава воды, и т.д.), то есть детерминанты, которые могут воздействовать прямо или косвенно, посредством водозаборов, безвозвратного водопотребления, загрязнения воды, землепользования, влияющего на разделение водных ресурсов, регулирование стока и т.д.

Внутренняя совместимость водосборной площади

Внутри водосборной площади биофизические связи воздействуют на внутреннюю совместимость землепользования, водопользования и защиты экосистем. Что к этому относится, прежде всего, различные связи потоков воды: землепользование воздействует на формирование поверхностного стока, безвозвратное водопотребление воздействует на остающиеся в реке водные ресурсы, сброс загрязняющих веществ воздействует на качество воды, и общие водные ресурсы бассейна связывают возможности пользователей верхнего и нижнего течения. В отношении водных экосистем, будет важно обеспечить приемлемые условия в местах обитания, избегая любого загрязнения воды, которое привело бы к их деградации. Экологические попуски воды должны обеспечиваться как при паводках, так и при обычном режиме стока. Наземные экосистемы имеют особую значимость, вследствие их роли в формировании поверхностного стока. Они также важны для сохранения и обеспечения пополнения грунтовых вод и стока в засушливые периоды года. Чем больше они потребляют воды для транспирации, тем меньшая часть осадков остается для формирования поверхностного стока. Их защита, в основном, связана с наложением ограничений на изменения в землепользовании.

Общая проблема сводится к нахождению способов развития, отвечающих одновременно как социальным потребностям, так и необходимости защиты экосистем. Социальные потребности, в основном, включают использование ландшафтных компонентов, таких как речная сеть и растительный покров. Вследствие водных функций, вызывающих определенные последствия, побочные эффекты будут неизбежны, нарушая зависящие от воды экосистемы. В то же самое время, полезные функции экосистем в гидрологическом цикле должны учитываться: наземные экосистемы являются водопотребляющими, но могут способствовать пополнению запасов подземных вод, тем самым обеспечивая сток в засушливые периоды года; водные экосистемы зависимы от поверхностного стока и поэтому уязвимы при изменениях речного стока, сезонности и/или качества воды, но в то же время они взаимодействуют с определенными

компонентами загрязняющими воду, частично решая проблемы уменьшения загрязнения водных ресурсов.

В основном, водосбор может быть представлен в виде мозаики частично несовместимых потребностей в земельных и водных ресурсах, поэтому общая проблема заключается в том, чтобы гармонично управлять этой сложной системой для достижения совместимости. Что включает три различных типа регулирования:

- Удовлетворение потребностей общества при минимизации загрязнения водных ресурсов и приемлемом уровне безвозвратного водопотребления;
- Обеспечение минимальных экологических требований в отношении базовых детерминант экосистемы: экологические расходы должны быть обеспечены в реках; а также паводковые расходы и приемлемое качество речной воды;
- Обеспечение сбалансированности водных ресурсов для обеспечения потребностей общества и экосистем в верхнем и нижнем течении (Семинар SIWI, 2001 г.).

Водозабор функционирует как *социально-экогидрологическая система* (Falkenmark and Folke, 2002 г.), в которой планируемые компромиссы должны быть осуществлены. Одновременно, социальная приемлемость этих компромиссов должна быть обеспечена, а их выполнение должно быть обеспечено институционально, законодательно и необходимыми финансами, кроме того, выполнение должно сопровождаться созданием адекватных стимулов и образовательными мерами. Однако эти усилия будут сталкиваться с трудностями, и среди них продолжающиеся изменения в землепользовании и водопользовании, вследствие продолжающегося роста населения, миграции в города и увеличивающихся потребностей. Кроме того, задержки в ответной реакции на изменения будут усложнять эти усилия: задержки в социальном реагировании реакции на события, которые должны быть минимизированы, а также задержки в реагировании экосистем и гидрологического режима, которые должны быть учтены (Meubeck, 2001 г.). И наконец, должны прогнозироваться события, вызывающие начало резких изменений, а именно, воздействия засух, наводнений и аварийных загрязнений водных ресурсов.

Практические подходы

Три ключевых направления должны быть последовательно учтены в разрабатываемой системе управления (сохранять-предотвращать-предвидеть): сохранение связанных с водными ресурсами услуг для населения, предотвращение деградации экосистем и прогнозирование изменений и непостоянства. Соответствующее внимание должно быть уделено тому факту, что водные ресурсы в большой степени вовлечены в управление, исходя из различных ракурсов и посредством многих параллельных функций:

- в виде социальной поддержки: здоровье, социально-экономическая продукция, производство продовольствия/древесины и производство энергии
- в экологических услугах, как наземных, так и водных экосистем
- в экологических угрозах наводнений, засух, болезней
- в функции "тихого разрушителя", посредством двух функций вымыв/переноса (эрозия/отложение наносов и транспортирование растворенных веществ).

Базовый подход должен заключаться в том, чтобы определить минимальные критерии или «нижние пределы» для экосистем и их функций (для наземных и водных экосистем). При балансировании интересов пользователей в верхнем и нижнем течении реки, необходимо начинать с низовьев, и после определения «нижних пределов» для водных экосистем в плане обеспечения экологических попусков воды и минимального качества воды. Затем двигаться вверх по обосновано выбранным участкам водосбора (см. пример 7). При этом особо важным

вопросом является определение детерминант устойчивости к внешним воздействиям, чтобы предотвратить разрушение экосистем.

Учет влияния зеленого потока

Необходимо уделить существенное внимание зеленому потоку. Однако, по практическим причинам, управление должно осуществляться в отношении результирующей ситуации, связанной с зеленым потоком (эвапотранспирацией). Это означает, что влияние зеленого потока на голубые потоки и, между прочим, на изменение формирования стока, должно быть учтено. Необходимо также учесть приток вдоль отдельных участков реки, водопотребление участков, разделение забираемой воды на безвозвратное водопотребление и возвратный сток, увеличение уровня загрязнения и русловое использование. Основным водным ресурсом являются осадки, собираемые на водосборной площади. Вода проходит по водосбору, и на этом пути необходимо учесть «нижние экологические пределы», которые должны быть обеспечены, взаимосвязи верховьев и низовьев бассейна, а также соответствующие критерии устойчивости к внешним воздействиям.

Пример 7. В БАСЕЙНЕ РЕКИ ЖЕЛТАЯ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ПЕРЕХОД К РЕСУРСНО-ОРИЕНТИРОВАННОМУ УПРАВЛЕНИЮ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Министерство водных ресурсов Китая пытается внедрить новые методы управления водными ресурсами реки Желтая. Оно намерено перейти в управлении речным бассейном от существующего управления, основанного на проектных критериях, к ресурсно-ориентированному управлению. Три основных проблемы должны быть решены в границах речного бассейна: наводнения, при которых вода является в большей степени проблемой, чем ресурсом; значительное загрязнение и мутность воды; серьезный дефицит воды при пересыхании низовьев.

Согласно разработанной схеме река Желтая должна управляться, основываясь на минимально допустимых количественных и качественных критериях, начиная с низовьев. Двигаясь вверх по течению от провинции к провинции, определяются приток и отток на каждом участке. «Нижний предел» нижнего течения является минимальным стоком, который необходимо поддерживать в устье реки, чтобы защитить её заповедник водно-болотных угодий и предотвратить исчезновение птиц; а также избежать эрозии, вызываемой морскими водами, и интрузию морской воды в грунтовые воды. Далее каждому участку выделяется расход воды в его верхнем течении и накладывается обязательство обеспечить определенный сток соседям в нижнем течении. В случае если слишком мало водных ресурсов остается на нижней границе провинции, необходимо снизить безвозвратное водопотребление и/или сбросы сточных вод. Это требует интегрированного управления часто тысячами водозаборов вдоль реки, задача, которая должна решаться правительством провинции.

Данный подход разграничивает экологические и природоохранные требования к стоку. Первые относятся к стоку, необходимому для поддержания водных экосистем, вторые к стоку, необходимому для разбавления сбросов сточных вод (с особым вниманием к способности самоочищения) до приемлемого уровня качества для устойчивых экологических систем. И, наконец, идея, заключающаяся в том, что высший приоритет должен быть отдан экологической функции воды, тогда как приоритетные связи всех других видов использования водных ресурсов подлежат дальнейшему обсуждению.

Источник: Wang (2002 г.)

Концепция: рабочая река

Подход к жизни в изменяющихся условиях может быть проиллюстрирован разработками Кооперативного исследовательского центра экологии пресных вод в Канберри (Австралия). Они внедрили концепцию «рабочих рек» (Whittington 2002 г.) и определяют здоровые рабочие реки как «управляемая река, для которой найден устойчивый компромисс, согласованный с обществом, между состоянием природной экосистемы и уровнем использования людьми ... Мы используем наши реки для производства электрической энергии, мы отводим их воды для водоснабжения городов, промышленности и орошения и мы возделываем плодородные поймы Рабочие реки не будут выглядеть аналогично функционирующими, как и изначальные реки. В основном, чем больше работы совершает река, тем менее естественной она становится ... Другой компромисс может быть достигнут между уровнем работы и потерей натуральности, в зависимости от ценности для сообщества, расположенного на любой реке.»

Критическим компонентом данной концепции здоровой рабочей реки является то, что река управляется таким образом, чтобы одновременно обеспечить устойчивый и согласованный уровень работы и здоровье реки.

Резерв водных ресурсов

Основной проблемой руководителей водного хозяйства в будущем является оптимальное развитие водных ресурсов, включая водные ресурсы для соответствующего экологического управления. Новая программа управления водными ресурсами Южной Африки описана в национальном водном кодексе 1998 года. Данный акт аннулирует прежние принципы, основанные на прибрежном водопользовании, и предусматривает периодически пересматриваемые лицензии на водопользование и сроки их действия. Единственным оставшимся положением о водных ресурсах в этом законодательном акте является положение о так называемом водном резерве. Резерв включает водные ресурсы, необходимые для удовлетворения основных нужд людей и для защиты водных экосистем. Данный резерв имеет приоритет в отношении всех других видов водопользования и требования резерва должны удовлетворяться до распределения воды на другие цели. Однако там где вода уже выделена для использования, требования экологического резерва могут удовлетворяться постепенно во времени. Опциями управления являются уменьшение санкций на водопользование для специализированных пользователей с помощью процесса обязательного лицензирования по всему бассейну при интенсивных консультациях с общественностью, развитие дополнительных водных ресурсов или сочетание этих двух подходов. Управление охраны и потребления водных ресурсов также будет играть ключевую роль в снижении/ограничении водопотребления. Резерв для защиты водных экосистем служит для регулирования как количества, так и качества водных ресурсов и изменяется согласно классу управления: природное качество, хорошее, удовлетворительное, плохое и крайне плохое. Последние два класса рассматриваются как не пригодные для устойчивого функционирования экосистем. Определение класса управления, целей, связанных с качеством ресурсов, и размера резерва обычно производится в ходе интегрированной проработки. Процедуры ранжируются от быстрых, использующих методы краткого анализа, до более временно-затратных, использующих методы более детального анализа, которые могут быть гибко использованы в зависимости от требований управления. Они применяются поэтапно, чтобы достичь полного покрытия всех значимых водных ресурсов в соответствии с программой обязательного лицензирования – которая, вероятно, будет продлена на последующие 20 лет. Поэтому создание резерва оттеснило все другие требования управления водными ресурсами в плане установления требований к внутриусловному потоку и ввело новый элемент срочности в отношении необходимости количественного определения требований экологического стока для множества рек Южной Африки. Этим двум потребностям присвоен высший рейтинг

приоритетности. Экологические резервы были определены для каждой реки и составляют до 20 процентов от среднемноголетнего стока (см. пример 8).

Деятельность, приводящая к снижению расходов рек

Закон о водных ресурсах Южной Африки определяет в качестве водопользования любую деятельность на суше, которая уменьшает сток рек, например, коммерческие лесопосадки или выращивание сухолюбивых сельхозкультур, потребляющих больше воды, чем естественная растительность (см. пример 9)

В особо напряженных ситуациях с водными ресурсами даже инвазивная растительность может быть подвергнута управлению, как это показано в примере разработок для Водной программы Южной Африки (см. пример 10).

Пример 8. Резерв водных ресурсов в Южной Африке

Национальный водный акт (1998 г.) определяет резерв, который состоит из двух частей: резерв для основных нужд людей и экологический резерв. Резерв для основных нужд людей обеспечивает потребности отдельных лиц и включает воду для питья, приготовления пищи и личной гигиены, все вместе составляет 25 л/сут/чел. Экологический резерв связан с требованиями на воду для сохранения водных экосистем. Резерв изменяется в зависимости от класса управляемого ресурса. Защита водных ресурсов, в своей основе, связана с их использованием, развитием, охраной, управлением и контролем. Министр должен, согласно Акту, разработать систему для классификации национальных водных ресурсов и определить класс и цели использования качества ресурса. При определении этих целей, должен быть найден баланс между необходимостью охраны и поддержания водных ресурсов, с одной стороны, и с необходимостью их развития и использования, с другой стороны. Имеется положение о предварительной оценке класса и целей использования качества ресурса до формальной классификации, так как она требует затрат определенного времени. Как только класс и цели использования качества ресурса определены, они согласовываются со всеми властями и организациями, которые обладают полномочиями или несут какие-либо обязанности согласно Акту.

Четыре класса качества при управлении водными ресурсами приняты: природное качество, хорошее качество, удовлетворительное качество и плохое или сильно измененное качество. Каждый класс представляет область значений для каждой характеристики. Водные ресурсы, насколько это, возможно, будут управляться в пределах границ их класса управления. Однако, в случае ресурса плохого качества, класс управления может быть установлен как минимальный предел класса удовлетворительного качества, и управление будет направлено на восстановление качества ресурса до этого уровня.

Цели использования качества ресурса дают численные или описательные формулировки биологических, химических и физических свойств, которые характеризуют ресурс по уровню защиты, определенным его классом. Эти свойства включают:

- Количество, характер, время, уровни воды и обеспеченность стока (экологический резерв);
- Качество воды, включая физические, химические, и биологические характеристики воды;
- Характер и условия русловой и прибрежной среды обитания; и
- Характеристики и условия существования водной биоты.

Источник: Др. Paul Roberts, Южная Африка, записка, ноябрь 2002 г.

Пример 9. ЮЖНАЯ АФРИКА: ИЗМЕНЕНИЕ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ - КАК РАСХОДЫ РЕК ВЛИЯЮТ НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В данном случае рассматривается любая деятельность на земле, которая уменьшает сток реки. После консультаций с общественностью, министр публично заявляет какой вид деятельности относится к категории деятельности, уменьшающей сток рек. Будет или нет та или иная деятельность объявлена деятельностью, уменьшающей сток рек, зависит от степени снижения расходов, её продолжительности и характера воздействий на любой соответствующий водоисточник или любого другого водопользователя. В настоящее время в рамках положений Акта практикуется контроль коммерческих лесопосадок, из-за их воздействия на соответствующие водные ресурсы, и они заявлены, как вид деятельности, уменьшающей сток рек (ДУСР), которая регулируется системой лицензирования водопользования ДУСР.

Говоря концептуально, деятельности, приводящие к уменьшению стока рек, определены в общих чертах как сухоходольные сельскохозяйственные культуры (возможно кукуруза или сахарный тростник), использующие больше воды, чем естественная растительность, которая могла бы там произрастать (например, дикий сахарный тростник). Ни одна из этих культур, за исключением коммерческих лесопосадок, не была до сих пор заявлена, но в настоящее время предметом внимания стал сахарный тростник. В Южной Африке коммерческие лесопосадки занимают приблизительно 1% земельных угодий и используют около 3 % среднемноголетнего стока (около 1400 млн. м³/год или 100 мм, в среднем). Система лицензирования водопользования ДУСР заменила разрешительную систему, которая действовала с 1972 года и которая регулировалась Лесным Актом (Акт № 122, 1984 г.). В настоящее время только плантации коммерческих лесопосадок лицензируются. Бывшая разрешительная система действовала в плане определения площадей, пригодных для коммерческих лесопосадок, основываясь на расчетах процента снижения стока, вызываемого посадками деревьев в масштабе основного водосбора, без детального учета воздействий на других водопользователей, например, во время меженного стока или на небольших водосборах. Классификация 1972 года, с градацией 0%, 5% и 10 % уменьшения среднемноголетнего стока (СМС) всего или части основного водосбора определяла решения в отношении площадей, которые подлежали проведению посадок. Данный подход не учитывал меженный период: когда расход рек снижается до сезонного минимума с сопутствующими воздействиями на тех, кто рассчитывал на воду реки. Учитывая различные недостатки, особенно в отношении общественного участия в процессе принятия решений бывшей системы (1972 г.), министр водных ресурсов и лесоводства заявил в январе 1995 года о разработке новой системы и процедур.

Новая система лицензирования водопользования ДУСР подлежит тщательному и постоянному аудиту, как внутреннему, так и внешнему, всех заинтересованных сторон. С 1 октября 1999 года, после вступления в силу главы 4 Национального Водного Акта (№ 36, 1998 г.), экспертный совет по лесоводству (основанный в 1995 году) был преобразован в Оценочно-консультативный комитет по лицензированию видов деятельности, связанных с уменьшением стока рек. При выполнении обычных функций, комитету поручено проводить стратегическую оценку воздействий на окружающую среду (СОВОС), но с участием всех водопользователей, как описано в разделе 21 Национального Водного Акта. СОВОС объединяет три вида оценки, а именно биофизическую, экономическую и социальную.

Источник: Др. Paul Roberts, Южная Африка, записка, ноябрь 2002 г.

Пример 10. ЮЖНАЯ АФРИКА: КОНТРОЛЬ ЭКСПАНСИОНИСТСКОЙ ЗАВЕЗЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Расчеты показывают, что около 10 млн. га земельного фонда Южной Африки заняты экспансионистской завезенной растительностью, которая может вызвать значительное снижение стока на некоторых водосборах, где она стала распространяться. Чанман и др. (2001 г.) подсчитали, что её воздействие на водные ресурсы Южной Африки особенно опасно, при использовании дополнительных 3300 млн. м³/год или 7% поверхностного стока Южной Африки. Проблема уже сейчас очень серьезная, и она усугубится, если не предпринять никаких действий. Площадь её распространения увеличивается до 5 % в год, приводя к удвоению занимаемой территории в течение 15 лет.

Распространение экспансионистской растительности является проблемой управления земельными ресурсами со значительным экологическим контекстом, поэтому её решение должно осуществляться на основе скоординированного многоотраслевого подхода. Программа развития водных ресурсов, совместная программа Министерства охраны природы и туризма, Министерства сельского хозяйства и Министерства Водных ресурсов и лесоводства, нацелена на постепенную повсеместную расчистку территорий от экспансионистской завезенной растительности и выполнение последующих работ с целью не допущения её повторного распространения. Работы данной программы также вносят свой вклад в социальное развитие за счет создания рабочих мест и возможностей для обучения, а также способствует развитию перерабатывающей промышленности, которая будет использовать заготовленную древесину. Программа также обеспечивает прямые экологические выгоды в поддержании и восстановлении местных видов растительности.

Работы по расчистке предусматриваются на государственных землях, а также на частных землях по договоренности с землевладельцами. Где необходимо, положения Акта о сохранении сельскохозяйственных ресурсов используются для реализации последующих работ. В настоящее время программа финансируется, в основном, из специального фонда борьбы с бедностью национального правительства, но планируется затраты на расчистку растительности, что вносит свой вклад в увеличение доступных водных ресурсов, частично финансировать за счет оплаты водных ресурсов водопользователями, как отмечено выше. Контроль и удаление экспансионистской завезенной растительности очень дорогостоящие мероприятия, Чапман и др. подсчитали (2001 г.), что около 60 млн. дол. США потребуется каждый год на протяжении 20 лет, чтобы обеспечить решение проблемы, используя современные методы работ, которые включают как механическую расчистку, так и биологический контроль

Источник: Др. Paul Roberts, Южная Африка, записка, ноябрь 2002 г.

6. ЭКОСИСТЕМНЫЙ КОНТЕКСТ ИУВР

При решении вопроса защиты экосистем в рамках ИУВР необходимо начать с более точного определения:

- ЧТО нужно защищать: ценные компоненты ландшафта, устойчивость систем водосбора к внешним воздействиям
- КАК ЗАЩИЩАТЬ: какие инструменты (наземные = контроль землепользования, водные = экологические попуски воды, не потребляемый резерв, нижний предел качества, межсекторная переброска водных ресурсов), и какие способы использовать для достижения неизбежных компромиссов между несовместимыми аспектами: узаконивая приоритеты, рабочие здоровые реки.

Интегрированный подход, совмещающий управление водными ресурсами, землепользованием и экосистемами

Как следует из приведенных выше рассуждений, управление пресными водами и управление динамикой экосистем должны интегрироваться. Это соответствует поиску способов и средств объединения управления водными ресурсами, землепользованием и экосистемами (наземных и водных) в структуре социально-экогидрологического управления бассейном – при полном учете имеющих место различных политических и этнических дилемм. Так как землепользование и наземные экосистемы связаны с зеленым потоком, в то время как социальные потребности в воде и водные экосистемы с голубым потоком, а голубой и зеленый потоки являются результатом разделения выпадающих осадков, то исходным ресурсом являются осадки, выпадающие на водосборной площади.

Изменения, при которых мы должны научиться жить без уничтожения способности экосистем обеспечивать жизненные потребности, включают две основных категории антропогенных воздействий (см. рисунок 2): изменение водного компонента ландшафта и изменение землепользования/растительности. Оба типа изменений будут создавать связанные с водными ресурсами побочные воздействия на компоненты стока и разделение воды между голубым и зеленым потоками. Каждое из них представляет водные детерминанты экосистем и поэтому будут производить экологические изменения более высокого порядка. Наконец, водные потоки, протекая по ландшафту, вовлекаются в связанные виды деятельности в верхнем и нижнем течении и в жизнь экосистем на водосборной площади. Поэтому необходимо интегрирование земельных и водных ресурсов в бассейновом подходе управления экосистемами (GWP, 2000 г.).

Готовность к изменениям

В развивающихся странах, значительные движущие силы будут производить крупные изменения в использовании и управлении земельными и водными ресурсами. Грядущие изменения могут быть значительными, особенно в плане изменений, происходящих при наращивании производства продуктов питания для населения, которое продолжится и в следующей половине века. Но вследствие гидроклиматических ограничений, эти изменения могут распространиться и на индустриально-развитые страны, которые, как ожидается, могут включиться в виртуальный экспорт воды, то есть производить больше продуктов для экспорта в развивающиеся страны, имеющих дефицит воды (см. пример 11).

Пример 11. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЗЕЛЕНый ПОТОК НУЖЕН ДЛЯ БОРЬБЫ С ГОЛОДОМ

Согласно Декларации Тысячелетия, согласованной мировыми лидерами на генеральной ассамблее ООН, число жителей планеты, страдающих от голода должно быть уменьшено вдвое к 2015 году и далее проблема голода должна быть решена полностью. Соответствующий вопрос состоит в том, до какой степени необходимо увеличить использование зеленого потока, чтобы удовлетворить потребности производства продуктов?

Расчет, выполненный Рокстромом, показывает, что сегодняшнюю диету может обеспечить зеленый поток в размере 600–1800 м³/год, в среднем 1200 м³/год, при пересчете для производства продуктов питания необходим зеленый поток почти в 7000 км³/год. Водные ресурсы, необходимые для производства продуктов питания на уровне принятом ФАО, увеличатся до 1300 м³/год. При прогнозируемом населении земли к 2050 году (9 миллиардов), дополнительные 5600 км³/год должны быть изысканы для производства продуктов питания, чтобы снять вопрос о недостатке питания к 2050 году. Из них, 2200 км³/год необходимы для ликвидации недоедания и остальные 3400 км³/год, чтобы накормить увеличивающееся население. В то время как более совершенное орошение, возможно, даст до 800 км³/год, усилия по развитию системы «урожай-с-каждой капли» зеленого потока оценены в 1500 км³/год. Оставшиеся 3300 км³/год должны быть обеспечены за счет сегодняшнего зеленого потока из резервов пашни, то есть существующего сейчас земельного фонда сенокосов и лесов и включает горизонтальное расширение пахотных земель на эти площади.

На региональном уровне, потребности в воде, чтобы накормить население, - либо посредством развития орошения, либо совершенствуя богарное производство – должны более чем утроиться в странах Африки к югу от Сахары и более чем удвоиться в Азии. Степень удовлетворения этих потребностей за счет соответственно развития орошения или системы «урожай-с-каждой капли», горизонтального расширения производства культур или виртуальной воды при импорте продуктов будет значительно отличаться по регионам. Эти оценки увеличивающихся потребностей в воде, чтобы накормить население земли, четко показывают масштаб будущих проблем интегрированного управления земельными ресурсами/водными ресурсами/экосистемами и необходимость быть хорошо подготовленным к «жизни в изменяющемся мире».

Источник: Rockström (2002 г.)

Водосборная площадь как мозаика экосистем и гидрономических зон

Основываясь на новом видении социально-экологических связей, важно научиться сохранять баланс между социально-экономическим развитием и поддержанием продуктивного потенциала экосистем. Нам необходимо лучше понять мозаику экосистем бассейнов, их поведение, как на них воздействует деятельность людей и как они связаны с потоками воды. Необходимы инструменты и методы, чтобы выявить, количественно определить и оценить зависимость общества от поддерживающих жизнь экосистем. Существует большое разнообразие методов управления, которые можно обосновать экологическими знаниями, включая защиту определенных видов и мест обитания, ограничение изъятия природной продукции, управление мозаичностью ландшафта, и управление всей площадью водосбора. Осуществление этих методов должно поддерживаться социальными механизмами и институтами, а также социальным обучением.

Это предопределяет необходимость лучше понять функции и взаимодействия ландшафтов и, особенно, роль пресной воды в сохранении потенциала системы поддерживать производство продуктов питания и оказание важных экологических услуг в условиях перемен и неопределенности. Мы должны найти пути как увязать безопасность водных ресурсов, безопасность экосистем и продовольственную безопасность, которые тесно связаны посредством гидрологического цикла, но сейчас рассматриваются как отдельные сферы деятельности.

В речном бассейне с его мозаикой экосистем и различными видами социальной деятельности имеются участки с различными гидрологическими, топографическими и гидрогеологическими условиями, для дифференциации которых Международный институт управления водными ресурсами (IWMI) ввел понятие гидроморфических зон (Molden и другие, 2001 г.). Данные зоны выделяются, в основном, основываясь на том, что происходит с голубым потоком после водозабора и использования воды (рис. 6): имеется ли обратный сток и может ли он быть использован пользователями нижнего течения или возвратный сток не может быть повторно использован, так как из-за рельефа местности вода сбрасывается в понижения или имеет плохое качество. Имеются три зоны, в которых сток может использоваться или повторно использоваться ниже по течению:

- Зона водоисточников в верхней части бассейна
- Зона естественного перехвата вод, в которой вода стекает в водную систему самотеком
- Зона регулируемого перехвата, в которой вода перекачивается обратно в систему.

Далее различаются три дополнительные зоны:

- Зона конечного использования, ниже которой нет больше водопользователей
- Застойные зоны в тупиковых системах или депрессии, из которых нет стока
- Экологически чувствительные зоны с особыми требованиями к водным ресурсам для экологических или других экологически важных целей.

Три краеугольных камня ИУВР

В заключение отметим, что необходимо управлять водой текущей вниз по водосбору при одновременном учете требований землепользования/водных ресурсов, экономической деятельности/экосистем, верхнего/нижнего участков бассейна, существующих/будущих поколений при соответствующем внимании к гидроклиматическим и биофизическим особенностям бассейна в увязке с водным балансом и гидрографической сетью бассейна. Управление включает: а) способность добиваться компромиссов; б) определение экологического «нижнего предела» и принципов устойчивости, основанных на понимании что требуется для обеспечения устойчивости к внешним воздействиям и как общество и экосистемы могут адаптироваться к изменениям, и в) определение критериев в отношении прав людей и принципов единства водных ресурсов.

Социальный аспект включает необходимость удовлетворять основные требования людей в плане безопасной воды для домашних нужд и связанных с водообеспечением производства продуктов, а также, имея ввиду несовершенство современных технологий, деятельность, связанную с получением средств от загрязнителей воды. Для обеспечения социальной приемлемости необходимых компромиссов важно найти эффективные способы участия общественности в процессах планирования и принятия решений.

Экологический аспект включает внимание к наземным экосистемам и их участию в формировании местного стока и водным экосистемам и их зависимости от экологических популяций. Определенные особо ценные местные экосистемы должны быть защищены, и поэтому их водные детерминанты должны особо учитываться. Долгосрочную устойчивость к

воздействиям внешних факторов системы в целом необходимо сохранить для выгод следующих поколений.



Рисунок 6. Различные гидрономные зоны водосбора, с демонстрацией, что происходит с водой после использования, может ли она быть повторно использована или нет (Molden и другие 2001г.).

Экономический аспект включает не только экономическое развитие, но также внимание к связи выгоды/затраты, проблемы финансирования, покрытие затрат, чтобы обеспечить эксплуатацию и поддержание водохозяйственной инфраструктуры, стимулы, способствующие выполнению, и руководства согласно ценности водных ресурсов при различных функциях.

Связи водных потоков, которые воздействуют на потенциальную совместимость деятельности людей и перспективы экосистем, объединяются тремя базовыми принципами. Должно быть уделено внимание доступности ресурсов голубого потока: сколько воды можно изъять для социального использования, с учетом необходимых экологических попусков, водные ресурсы для которых должны быть оставлены в реке? Управленческие усилия должны включать готовность к политическим изменениям, при которых бассейн превращается из открытого объекта в закрытый, то есть когда не остается объемов голубой воды для экономического безвозвратного использования.

Концептуальный выбор

Повышение устойчивости жизненно важных экосистем при ИУВР также будет включать значительные изменения в концептуальных подходах. Фокус должен быть смещен с водозаборов на то, что происходит с водой после использования, на водные детерминанты экосистем и их биологические функции (воздействие на паводки, пополнение подземных вод, функции, изменяющие качество воды). Для наведения мостов между экологами и водниками,

необходимо стимулировать более действенное и бережное использование концепции, в большей мере учитывающей требования экосистем.

И, наконец, связи между водными ресурсами и устойчивостью к внешним воздействиям должны быть рассмотрены более тщательно, для того чтобы лучше понять как связанные с водой детерминанты устойчивости, так и участие водных ресурсов в подрыве устойчивости и разрушении экосистем (засоление плодородных земель, уничтожение тенистых лесов, зарастание кустарником саван, эвтрофикация озер и т.д.).

7. ВЫВОДЫ ДЛЯ ИУВР

ИУВР должно обеспечить скоординированное развитие и управление водными, земельными и связанными с ними ресурсами при максимальном повышении экономического и социального благосостояния без компромиссов в отношении жизненно важных экосистем. В этом смысле экосистемный подход может рассматриваться как схожий с ИУВР, но решаемый с других позиций и в меньшей степени ориентированный на экономическую эффективность.

Охрана экосистем

Ключевым вопросом здесь является: как лица, принимающие политические решения, трактуют определение ИУВР: «без компромиссов в отношении жизненно важных экосистем»? Вопрос, на который необходимо ответить в отношении двух дополнительных перспектив экосистем, рассматриваемых в данном сообщении:

- *Биологические компоненты ландшафтов, особой местной значимости:* к ним относятся особый присущий данной местности лес, озеро, саванна, водно-болотные угодья, участки реки и так далее с большим биоразнообразием и/или социальной ценности. Их устойчивость зависит от сохранения взаимодействия системообразующих организмов, которые должны быть идентифицированы наряду с водными детерминантами их специфических сред обитания (для водных экосистем - качество речной воды, мутность воды, экологические попуски, сезонность стока и его предельные изменения; для наземных экосистем - осадки, суммарное испарение, уровень и качество грунтовых вод, влажность почвы). Уместный вопрос - как защитить наиболее важные детерминанты и до какой степени это является реалистичным.
- *Водосбор, как экосистема:* Здесь основным вопросом является сохранение долгосрочной продуктивности и ключевых экологических услуг, а именно: опыления, денитрификации, сохранения паводковых вод, влажности почвы, пополнения подземных вод. Данная задача включает идентификацию основных экосистем особой экологической ценности на водосборе, которые обеспечивают важные экологические услуги. Лежащие в основе ключевые процессы должны быть защищены и быть достаточно эластичными/устойчивыми к изменениям среды, включая пожары, чрезвычайные засухи, сбросы загрязняющих веществ и так далее.

Наведение мостов

Концепция экосистемы должна быть усилена, быть более понятной и настойчиво внедряться в умы менеджеров водохозяйственного сектора. В этом отношении есть проблема в расширении и консолидации сотрудничества между экологическим сообществом и водным сообществом. В настоящее время мосты между ними наведены и нуждаются в усилении, а практические пути достижения общей цели, сохранение систем жизнеобеспечения, должны быть найдены.

Экологические *минимальные требования* или "предельные значения" и принципы устойчивости должны быть определены, основываясь на понимании того, что потребуются адекватная устойчивость к внешним воздействиям. Уровень социальной устойчивости увязывается с целями Декларации Тысячелетия, например, и должен быть определен политиками, в то время как уровень экологической устойчивости должен быть определен научным сообществом.

Целая область знаний нуждается в дальнейшем развитии с точки зрения водной перспективы. Это гарантирует дальнейшие *исследования* (возможно в рамках программы ПОМОЩИ ЮНЕСКО/Всемирной метеорологической организации), сфокусированные на необходимых методических инструментах для использования в практических случаях и объединении их с «GWP ToolBox» для ИУВР (методический справочник по внедрению принципов ИУВР).

Картирование жизненно важных экосистем в различных регионах необходимо, являясь средством для лучшей защиты. Благодаря такому анализу, будет установлена тесная связь между управлением водными ресурсами и управлением экосистемами, и мечты будут отделены от реальных действий. Определение путей решения конкретных ситуаций на национальном уровне должно руководствоваться точными *оценками и прогнозами* какие конкретные участки экосистем защищать, каковы ключевые угрозы этим экосистемам и в какой степени и с помощью каких действий эти угрозы можно смягчить или полностью избежать. Экосистемы верхних участков бассейна преимущественно будут более легкими для защиты, потому что угрозы более ограничены, в то время как вниз по течению реки водные экосистемы защитить намного труднее, так как они подвергаются суммарным воздействиям экономической деятельности людей в верхней части водосбора. В некоторых случаях местное восстановление возможно, в других случаях, при таких критических детерминантах, типа наводнений, нет.

Достаточно широкое понимание

Необходимо разработать общую концепцию, включающую связи, определяемые водными ресурсами, между наземными экосистемами, городскими территориями и водными экосистемами. Такая концепция будет основой для углубленного диалога между бенефициариями, экологами и менеджерами водохозяйственного сектора, включая также принципы солидарности в отношении водных ресурсов.

Уровень понимания и знаний экологических проблем широкой общественностью весьма низок, и принятие политических решений, опирающихся на неинформированное общественное мнение без знания существенных фактов и функций экосистем связано с большими рисками. Много "мифов" относительно функций наземных и водных экосистем распространилось за эти годы среди общественности и практиков. Представление о функции лесов в отношении водных ресурсов является одним из ярких примеров. Поэтому важно реализовать информационные кампании и образовательные программы для общественности в ходе распространения знаний.

Ключевые связи между водопользованием и экосистемами

Два вида экономической деятельности людей, связанных с водными ресурсами, нуждаются в особом рассмотрении:

- Утилизация отходов
- Увеличение объемов продовольствия.

Природа перерабатывает отходы и повторно вводит их в жизненный кругооборот. Люди производят собственные отходы при всех видах их деятельности, фактически они производят больше отходов, чем полезных продуктов. Согласно имеющимся технологиям, положениям и способам их применения, отходы можно удалять в водоемы, в воздух или складировать на

земле при различной степени переработки. Разработка четкой стратегии в области *утилизации отходов* - важный шаг к осуществлению экосистемного подхода в рамках ИУВР.

Выращивание продуктов питания – основной безвозвратный потребитель воды. Существуют способы импортирования *"виртуальной" воды*, поставляя продовольствие из богатых в отношении водных ресурсов регионов, десоленизации солоноватой или морской воды или повторного использования соответственным образом очищенных сточных вод для ирригации. Существуют также способы ведения богарного земледелия, при которых защита от ущерба периодов засух основывается на накоплении дождевой воды. Некоторые из этих мер, которые могут значительно уменьшить *проблемы нехватки воды* и защитить водные экосистемы, являются капиталоемкими и требуют значительных инвестиций и эксплуатационных расходов. Воздействие на социальную структуру страны должно быть тщательно оценено.

Организации

Организации создаются, отвечая потребностям людей и их пониманию. Существующие водные организации в значительной степени основываются на предположении неограниченности водных ресурсов и неограниченных возможностях для утилизации отходов и не учитывают системных связей. Они сосредотачиваются на индивидуальных потребностях, не учитывая внешние факторы. Учет требований экосистем в комплексном управлении водных ресурсов потребует гибкой, отвечающей условиям, адаптивной и времени затратной работы, управления внешними факторами, а также системного планирования.

Должна быть развита основа для достижения *компромиссов* при принятии решений и рассмотрении вопросов на политическом уровне, чтобы принимать трудные решения, требуемые для того, чтобы сбалансировать требования развития и экосистем, действуя в рамках структуры ИУВР. Способность определения экологических "нижних пределов" и достижения компромиссов между социальным, экологическим и экономическим использованием воды зависит от гибкости, эластичности/адаптируемости социальных/политических организаций и учреждений. Также требуется "новый" системный подход и организационное планирование управления водными ресурсами, которые интегрирует экологические перспективы. Эти усилия должны быть отражены в законодательстве, стратегических подходах и институциональной структуре, связанных с водными ресурсами. Легитимные компромиссы требуют *подходов, учитывающих общественное участие*, и активного вовлечения всех соответствующих бенефициариев.

Политика обеспечивает компромиссы и балансы. *Выигрышные решения* не всегда могут быть достигнуты. Изменения неизбежны, но необходимо искать такие пути, которые гарантируют экологическую устойчивость значимых экосистем. Подходы ИУВР могут способствовать достижению этого, но окончательное определение социальной устойчивости - вопрос политических решений.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Биоразнообразие: Относится к уникальности и изменчивости всему существованию с особым акцентом на генах, видах, ландшафтах или экосистемах.

Экосистема: Динамичный комплекс организмов и связанная с ними неживая окружающая среда, взаимодействующие в единой экологической системе, составленная из первичных производителей, потребителей и декомпозеров.

Эластичность: Относится к способности экосистемы приспосабливаться к изменением при сохранении своей структуры и функций.

Устойчивость к внешним воздействиям: Относится к способности экологической или социальной системы приспосабливаться к изменениям, стрессам и воздействиям, не изменяя своих структурных особенностей и функций. Экологическая устойчивость относится к способности природных экосистем, социальная устойчивость к способности сообщества людей преодолевать последствия изменений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Ayebotele, N.B. and Falkenmark, M. 1992. Freshwater resources. In: *ICSU, An agenda of science for environment and development into the 21st century*. Ed. J.C.I. Dooge et al.. Cambridge University Press.
- Buffagni, A. 2001. The use of benthic invertebrate production for the definition of ecologically acceptable flows in mountain rivers. In: *Hydro-ecology: Linking hydrology and aquatic ecology*. Ed. M.C. Acreman. IAHS Publication 266. IAHS Press, Wallingford, UK.
- Calder, I.R. 1999. *The blue revolution. Land use and integrated water resources management*. EarthScan, London, UK.
- Chapman et al. 2001. Scenario planning: Understanding and managing biological invasions in South Africa. In: *The great reshuffling: Human dimensions of invasive alien species*. Ed. J.A. McNeely. IUCN, Gland, Switzerland.
- Cosgrove, W.J. and Rijsberman, F.R. 2000. *World Water Vision – Making water everybody's business*. EarthScan, London, UK.
- Daily, G. 1997. *Nature's services – Human dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington DC, USA.
- Dudgeon, D. 2000. Large-scale hydrological changes in tropical Asia: prospects for riverine biodiversity. *Bioscience*, 50(9): 793–805.
- Eagleson, P.E. and Segarra, R.I. 1985. Water-limited equilibrium of savanna vegetation systems. *Water Resources Research*, 10: 1483–1493.
- Falkenmark, M. 1997. Society's interaction with the water cycle: A conceptual framework for a more holistic approach. *Hydrological Sciences*, 42: 451–466.
- Falkenmark, M. 1999. Forward to the future: A conceptual framework for water dependence. Volvo Environment Prize Lecture 1998. *Ambio*, 28(4): 356–361.
- Falkenmark, M. and Chapman, T. 1989. *Comparative hydrology: An ecological approach to land and water resources*. UNESCO.
- Falkenmark, M. and Mikulski, Z. 1994. The key role of water in the landscape system. Conceptualisation to address growing human landscape pressures. *GeoJournal* 33(4): 355–363.
- Falkenmark, M. and Lundqvist, J. 2000. Editorial: Towards hydrosolidarity. Focus on the upstream-downstream conflicts of interest. *Water International*, 25(2): 168–171.
- Falkenmark, M. and Folke, C. 2002. The ethics of socio-ecohydrological catchment management: towards hydrosolidarity. *Hydrology and Earth System Sciences*, 6(1): 1–9.
- FAO 2000. *New dimensions in water security*. Ed. J. Lundqvist, AGL/MISC/25/2000, FAO, Rome.
- Folke, C. 1997. Ecosystem approaches to the management and allocation of critical resources. In: *Successes, limitations and frontiers in ecosystem science*. Ed. P.M. Groffman and M.L. Pace. Cary Conference, Institute of Ecosystem Studies. Millbrook and Springer Verlag, New York, USA.

- Folke, C. et al. 2002. *Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations*. ICSU Series on Science for Sustainable Development 3, Paris, France.
- Freistühler, E., Giers, A., Schultz, G.A. and Bauer, H.J. 2001. A technique to predict the hydro-ecological effects in an ecological assessment of water projects. In: *Hydro-ecology: Linking hydrology and aquatic ecology*. Ed. M.C. Acreman. IAHS Publication 266. IAHS Press, Wallingford, UK.
- GWP 1999. *How to bring ecological services into integrated water resource management*. Seminar Stockholm 15–17 November. Beijer International Institute of Ecological Economics, Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm, Sweden.
- GWP 2000. *Towards water security: A framework for action*. Global Water Partnership, Stockholm, Sweden.
- GWP 2000. *Integrated Water Resources Management*. TAC Background Paper 4. Global Water Partnership, Stockholm, Sweden.
- IUCN 2000. *Vision for Water and Nature*. A World strategy for conservation and sustainable management of water resources in the 21st century. IUCN, Gland, Switzerland.
- IUCN-ROSA 2002. Regional Office for Southern Africa Water Programme. Addressing environmental challenges in water resources management in Southern Africa. Draft Programme Framework.
- Large, A.R.G. and Prach, K. 1999. In: *Ecohydrology*. Ed. A.J.Baird and R.L.Wilby. Routledge, London, UK.
- Meybeck, M. 2001. Global alteration of riverine geochemistry under human pressure. In: *Understanding the earth system: compartments, processes and interactions*. Ed. Ehlers and Eraft. Springer, Heidelberg, Germany.
- Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G. 2000. *Wetlands*. John Wiley and Sons Inc.
- Molden, D.J., Sakthivadivel, R. and Keller, J. 2001. *Hydronomic zones for developing water conservation strategies*. IWMI Research Report 56. IWMI, Colombo, Sri Lanka.
- Pielou, E.C. 1998. *Fresh water*. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Postel, S. and Carpenter, S. 1997. Freshwater ecosystem services. In: *Nature's services*. Ed. G.C. Daily. Island Press, Washington DC, USA.
- Redman, C.L. 1999. *Human impact on ancient environments*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA.
- Ripl, W. 1995. Management of water cycle and energy flow for ecosystem control. The energy-transport reaction (ETR) model. *Ecological Modelling*, 78: 61–76.
- Roberts, J. 1999. Plants and water in forests and woodlands. In: *Ecohydrology*. Ed. A.J.Baird and R.L.Wilby. Routledge, London, UK.
- Rockström, J. 2002. Water for food and nature in savannahs. Vapour shift in rainfed agriculture. Manuscript.

Rockström, J., Gordon, L., Falkenmark, M., Folke, C. and Engwall, M. 1999. Humanity's dependence on water vapour flows for terrestrial ecosystem services and food production. *Conservation Ecology*, August. On line.

Savenije, H.H.G. 1995. New definitions for moisture recycling and the relationships with land-use changes in the Sahel. *Journal of Hydrology*, 167: 57–78.

SIWI Seminar 2001. *Water security for cities, food and environment – Towards catchment hydrosolidarity*. Stockholm International Water Institute. Stockholm, Sweden.

UNEP 2002. *Global Environment Outlook*. 3. United Nations Environment Program, Nairobi, Kenya.

van der Leeuw, S.E. 2001. Land degradation as a socio-natural process. In: *The way the wind blows: climate, history and human action*. Ed. R.J.McIntosh, I.A.Tainter&S.K.McIntosh. Columbia University Press, New York, USA.

Wainwright, J., Mulligan, M. and Thornes, J. 1999. Plants and water in drylands In: *Ecohydrology*. Ed. A.J.Baird and R.L.Wilby. Routledge, London, UK.

Wang, S. 2002. *Resource-oriented water management: Towards harmonious co-existence between Man and Nature*. China Water Power Press, China.

Waterlow, J.C. et al. eds. 1998. *Feeding a world population of more than eight billion people. A challenge to science*. Oxford University Press, UK.

Wetzel, R.G. 1999. Plants and water in and adjacent to lakes. In: *Ecohydrology*. Ed. A.J.Baird and R.L.Wilby. Routledge, London, UK.

Wheeler, B.D. 1999. Water and plants in freshwater wetlands. In: *Ecohydrology*. Ed. A.J.Baird and R.L.Wilby. Routledge, London, UK.

Whittington, J. 2002, Working rivers. *Watershed*. Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, Canberra, Australia.

Wood, P.J. et al. 2001. Hydro-ecological variability within a groundwater dominated stream. In: *Hydro-ecology: Linking hydrology and aquatic ecology*. Ed. M.C.Acreman. IAHS Publication 266. IAHS Press. Wallingford, UK.