
УДК (574.63:621.311.25)

Й. И. Узун, А. А. Протасов

КОНЦЕПЦИЯ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ В ПРИЛОЖЕНИИ К ВОДНЫМ ТЕХНОЭКОСИСТЕМАМ

В статье рассмотрена концепция экосистемных услуг в приложении к антропогенным экосистемам, в частности водным техноэкосистемам. Анализ имеющиеся литературных данных показал, что экосистемные услуги, как определенная польза, которую человек получает от функционирования экосистем, рассматривается практически лишь применительно к природным экосистемам. В то же время, значительная часть биосферы уже представляет собой совокупность множества разнообразных сильно измененных или искусственных экосистем. Функционирование экосистем, в особенности техноэкосистем, кроме экосистемных услуг может создавать и определенные проблемы для деятельности человека и его благосостояния. Предлагается понятие «экосистемной антиуслуги», то есть совокупности последствий экосистемных процессов, которые рассматриваются как нежелательные и даже вредные, опасные для человека.

Ключевые слова: экосистемные услуги, экосистемные функции, техноэкосистема, биоразнообразие, антиуслуги.

В наиболее простой трактовке экосистемные услуги (ЭСУ) понимаются как польза, которую человек получает от функционирования экосистем [2]. Более расширенное определение дано в документе «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» [33]: «польза, которую люди получают от экосистем», т. е. предоставление таких услуг, как продукты питания, питьевая вода; регулирующие услуги — регулирование наводнений, засухи, деградации земель, заболеваний; вспомогательные услуги — почвообразование и круговороты биогенных веществ, газов и воды, культурные — рекреационные, духовные, религиозные и другие нематериальные выгоды.

Концепция экосистемных услуг интенсивно развивается в последние десятилетия. Возникшая в начале 1970-х годов как коммуникационное средство довольно узкой направленности для разъяснения обществу его зависимости от природы, в настоящее время она включает экономические аспекты и оказывает помощь лицам, принимающим решения (включая политиков) в вопросах внедрения эффективных мероприятий по охране природы, которые поддерживают благосостояние людей и устойчивое развитие. Огромный шаг был проделан организацией ООН по окружающей среде ЮНЕП (United Nations Environment Programme, UNEP), которая подготовила и опубликовала в 2005 г. «Оценку экосистем на пороге тысячелетия» (Millennium

© Й. И. Узун, А. А. Протасов, 2018

Ecosystem Assessment [33]). В 2010 г. по инициативе ЮНЕП и Конвенции о биоразнообразии (КБР) был подготовлен материал «Экономика экосистем и биоразнообразия» (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, TEEB), где понятие ЭСУ было расширено как «прямой и косвенный вклад экосистем в благосостояние людей и общества».

Истоки введения понятия ЭСУ связывают с необходимостью утилитарного определения полезных функций экосистем, как услуг, в целях повысить интерес общественности к сохранению биоразнообразия [17]. Конференция по КБР, проведенная в 2010 г. в городе Нагоя, Япония, утвердила так называемые целевые задачи Айти в области биоразнообразия [8]. Эти цели как бы изменили приоритет основной задачи «остановить потерю биоразнообразия к 2010 году» на требование сохранять базисные экосистемные качества, блага и услуги, которые человек и общество пользуются в своей обычной жизни и производственной деятельности. В стратегической цели Д записано «Увеличивать пользу от биоразнообразия и экосистемных услуг для всех». Европейский союз внес в свою Стратегию биоразнообразия с 2010 г. эту стратегическую цель и постановил «Поддерживать и восстанавливать экосистемы и их услуги».

Была поставлена задача к 2020 г. картировать и оценить состояние экосистем и их услуги на национальных территориях членов ЕС, оценить их экономическую стоимость. В 2012 г. ЕС учредил специальную Рабочую группу по картированию и оценке экосистем и их услуг (Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services, MAES), которая последовательно разработала концептуальную основу, связывающую биологическое разнообразие, состояние экосистем и ЭСУ с благополучием людей; уточнила типологию экосистем («хабитатов», habitats) [21, 32]. Была принята классификация экосистем «Европейская информационная система природы» (European Nature Information System, EUNIS) и предложена систематизация основных групп ЭСУ по Общей международной классификации (Common International Classification of Ecosystem Services, CICES) [29, 30].

Многие государства начали разрабатывать первые этапы оценки природного капитала и ЭСУ на своих территориях, например Франция [22], Великобритания [40], Польша [34], Венгрия [25, 37], Россия [2], Болгария [19] и др.

Сам термин «экосистемные услуги» был предложен в начале 1980-х годов [27], однако, по мнению А. Н. Загвойской [7], понятие ЭСУ (ecosystem services) впервые было использовано британским ученым Е. Шумахером [36]. Наш анализ показал, что в данной работе автор прямо не использовал этого термина, однако высказывал чрезвычайно конструктивные положения, касающихся концепций природопользования. В частности, он пришел к выводу, что человек, создав свою своеобразную среду обитания, забыл, что «человеческая жизнь является зависимой частью жизни экосистем и многих форм жизни. В конечном счете, мы зависим от воды и деревьев» [36, с. 40].

Классификации ЭСУ. Значительная популярность концепции экосистемных услуг привела к появлению множества их классификаций.

Имеются три наиболее часто упоминаемые международные классификации ЭСУ [2]: классификация доклада «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» [33], использованная для глобальной и субглобальной оценки ЭСУ; классификация международной инициативы «Экономика экосистем и биоразнообразия» ТЕЕВ, которая используется странами — участниками этого проекта для оценки ЭСУ на национальном уровне; классификация CICES Европейского агентства по охране окружающей среды, в большей степени нацеленная на экономическую оценку и учет экосистем на национальном, региональном и локальном уровнях. Все они основаны на ряде видов пользы, которую экосистемы дают человеку, как, например, обеспечение материальными благами и ресурсами, которые непосредственно используются людьми (обеспечивающие ЭСУ, provisioning); различные механизмы регулирования экосистемами показателей окружающей среды, непосредственно значимых для благополучия человека (регулирующие ЭСУ, regulating); нематериальное обеспечение культурных, духовных и научных потребностей людей (культурные ЭСУ, cultural). В классификацию ЭСУ [2] включают, кроме того, информационные ЭСУ — предоставление полезной для человека информации и других нематериальных благ, и рекреационные — создание природных условий для отдыха человека.

В [33] выделено четыре типа услуг: снабжающие, регулирующие, культурные, поддерживающие. Важно отметить выделение последнего типа, подчеркивающего важный факт: воспроизводство услуг той среды, в которой могут быть получены ЭСУ. Эти условия в большей части определяются не усилиями человека, а самими экосистемами. В этот тип включены такие процессы, как почвообразование, формирование пищевых цепей, создание первичной и вторичной биопродукции и т. д. Следует, безусловно, добавить сюда процессы самоочищения вод, связанные с деструкцией органического вещества, процессы биологической фильтрации и биоседиментации, биотурбации донных отложений и др.

Особенно важное значение эти услуги (связанные с фундаментальными экосистемными процессами) имеют в антропогенных экосистемах, где различные факторы человеческой деятельности нарушают естественные процессы. Например, для водных техноэкосистем, в частности водоемов, используемых для охлаждения или других типов технического водопользования, становится важным, как это ни парадоксально с точки зрения специфики водопользования, сохранение и устойчивое функционирование гидробиоценозов, а также сохранение «биоразнообразия». Такая ЭСУ, как получение воды определенного качества (даже для технических нужд) возможна только при взаимодействии с экосистемой, в которой происходят достаточно сбалансированные процессы.

Интенсивная работа MAES в последние годы обнаружила многие несовершенства [28] как в классификации экосистем по EUNIS, так и в классификации набора ЭСУ по классификации CICES. К тому же, идентификация типов экосистем и их специфических услуг усложняется введенными наци-

ональными стандартами типологии, которые следуют из требований Водной Рамочной Директивы (ВРД 2000/60/ЕС).

С нашей точки зрения, классификация ЭСУ должна быть более детализирована. Одним из вариантов может быть субклассификация для экосистем разных биогеомов [15]. Очевидно, что экосистемы морского шельфа и водоемов поверхностного стока могут предоставлять принципиально различные услуги, а относительное значение тех или иных типов услуг будет различным.

Очевидна недостаточность существующих классификаций ЭСУ. Они не учитывают реальной ситуации, а именно того, что многие ЭСУ человек получает не только, а все более и более не столько от функционирования природных экосистем, а от антропогенных (искусственных) или сильно измененных природных. Около четверти поверхности суши занято именно антропогенно измененными или искусственными экосистемами. Примеры очевидны: основная часть продуктов питания производится вследствие функционирования агроэкосистем. Огромное количество водохранилищ на реках выполняет важнейшую энергетическую функцию, а также функцию накопления воды и регулирования водных ресурсов, обеспечения рыбной продукцией.

В общеэкологическом плане получение значительной части ЭСУ от всего природного капитала связано с более или менее эффективной трансформацией солнечной энергии, а антропогенные экосистемы выступают трансформаторами энергии как поступающей от солнца, так и поставляемой человеком. Эффективность таких услуг во многом зависит от конструктивных особенностей и режима эксплуатации антропогенных экосистем. Однако важно подчеркнуть, что природные факторы могут играть определяющую роль. Так, было показано, что рыбопродуктивность (фундаментальная, основная ЭСУ) таких агроэкосистем, как рыбоводные пруды не может в принципе превышать 2% от первичной продукции в них, которая, в свою очередь, существенно зависит от поступающей солнечной энергии [4].

Экосистемные функции. Концепция ЭСУ тесно связана с концепцией экосистемных функций. Но даже в первом приближении эта связь выглядит неоднозначной. Если ЭСУ рассматривать как некую функцию двухкомпонентной системы: человек (он сам и его антропоэкосистемы) — экосистема (биогеом, «природа»), то экосистемные функции должны рассматриваться в более обширном поле взаимосвязей.

Экосистемные функции нельзя рассматривать сугубо антропоцентрически, например, как «формирование и поддержание параметров окружающей среды, пригодных для жизни человека» [10]. Они должны рассматриваться в контексте биосферных функций живого вещества и биосферного характера экосистем на Земле [6]. Эти функции выполнялись экосистемами в истории биосферы всегда, задолго до появления человека. Всего В. И. Вернадским было выделено девять биосферных функций и если объединить некоторые из них, их спектр выглядел бы таким образом:

- газовая, включая кислородную;
- окислительная (деструкционная, связанная с деструкцией органических веществ), поддерживающая разрушение органических соединений, функция метаболизма и дыхания;
- восстановительная, поддерживающая круговороты веществ в биосфере;
- концентрационная, связанная с биогенным накоплением, аккумулярованием живыми организмами многих химических элементов и соединений.

Так или иначе, в выполнение этих функций включаются все организмы биосферы, и, как отмечал В. И. Вернадский, в принципе, все они могут выполняться микроорганизмами. К этим функциям необходимо добавить диверсификационную и информационную [12]

Создание нового типа экосистем (антропоэкосистем), которые в первом приближении можно классифицировать как урбо-, техно-, и агроэкосистемы, есть неизбежное следствие его существования и развития популяции человека, социума. Но человек в принципе не может отгородиться непроницаемой стеной от внешнего «дикого» мира. Одним из факторов сохранения этой связи, поддержания в «рабочем», благополучном состоянии природных (ненарушенных и малонарушенных человеком) экосистем является, безусловно, сохранение так называемого «биоразнообразия» [3, 10]. Само это понятие получило в настоящее время столь расширенное толкование, что уже утратило свойство точности научного термина, это скорее термин политических деклараций [8].

Стоит еще раз подчеркнуть, что под разнообразием, в том числе биотических и биокосных систем следует понимать двухкомпонентную систему: богатство элементов и их выравненность [1, 11]. Рассмотрение разнообразия как простого многообразия элементов биоты и среды малопродуктивно, уже хотя бы потому, что такое «биоразнообразие» не поддается количественной оценке и чаще всего рассматривается лишь как его часть — богатство элементов. Но даже при достаточно большом богатстве элементов систем малая выравненность, существенное доминирование одного или немногих элементов приводит к снижению разнообразия (видового, таксономического, экоморфного, жизненных стратегий, биоценозов). Здесь можно добавить еще и разнообразие функций и процессов, на которых основаны и ЭСУ, получаемые человеком.

Экосистемные функции, особенно в их антропоцентрическом аспекте тесно связаны с ЭСУ. Следует обратить внимание на то, что средообразующая функция экосистем имеет кумулятивные свойства, а также свойства «удаленного воздействия» или «удаленного эффекта». Эволюционно-историческим примером первого аспекта является кумулятивный эффект всех автотрофных экосистем по созданию кислородной атмосферы Земли в определенный период эволюции биосферы. При этом локальные экосистеме-

мы вносят свой вклад в общий эффект, их роль оказывается важной и для достаточно удаленных групп человеческой популяции. В этом плане бореальные леса Евразии или экосистемы коралловых рифов также важны для европейцев, как и для жителей Сибири или Австралии. Но есть и локальные средообразующие эффекты, это формирование локального ландшафта, режима температуры, влажности. Часто они связаны с теми или иными негативными явлениями, как естественного (например, лесные пожары), так и антропогенного (загрязнения, тепловые сбросы) характера.

Совершенно обосновано многие ученые подчеркивают важность сохранения природных экосистем как для биосферы в целом, так и для человека. Их биосферные функции, абсолютно незаменимы никакими технологиями, во всяком случае, в настоящее время и обозримом будущем. Некоторые же функции незаменимы в принципе. Однако количество и размеры сильно измененных человеком экосистем, а также специфических техно-, урбо-, агроэкосистем постоянно растет. Замена определенной части естественной биосферы этими экосистемами неизбежна, она, собственно, и составляет суть ноосферогенеза [13].

Исходя из общих принципов диверсионологии, ориентация на поддержку, сохранение или восстановление всех функций естественных экосистем на основе их абсолютной заповедности, ненарушенности выглядит стратегической ошибкой. Концепция оптимального разнообразия [3] и модели изменения разнообразия в градиенте условий [11, 24] показывают, что максимум разнообразия характерен для умеренно нарушаемых экосистем, условий средней трофности. В этом аспекте необходима коренная переоценка роли антропогенных экосистем в современной биосфере. Следует отойти от представлений о том, что все антропогенные экосистемы представляют собой лишь более или менее уродливые аналоги естественных. Что собой представляют разные типы антропогенных экосистем и в чем их специфика?

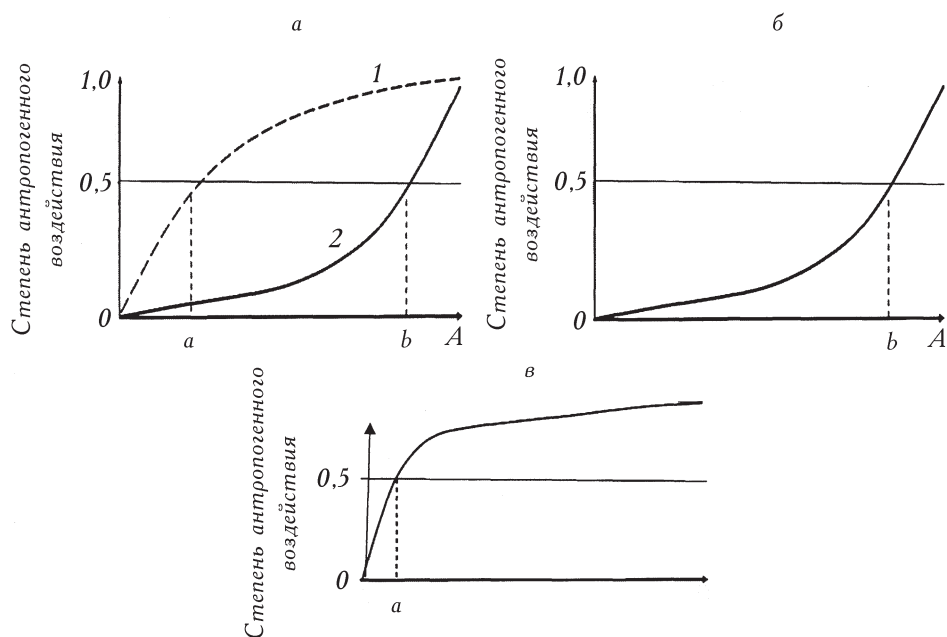
Специфика экосистем — специфика оценок. Автор концепции экосистемы А. Тэнсли рассматривал ее как целостную систему, включающую не только комплекс организмов, но и «комплекс физических факторов, формирующих окружающую среду — факторы местообитания в самом широком смысле» [39]. И, что важно отметить, он рассматривал их основными природными единицами на лике Земли. Однако этот лик с появлением на нем следов активности человека существенно меняется. Стратегия развития получения ЭСУ неизбежно должна быть направлена на сохранение естественных экосистем и рациональное использование антропогенных. Последние, в силу своей зависимости от человека, гораздо более управляемы.

Как уже было отмечено выше, боязнь каких-либо, даже самых малых нарушений экосистем имеет скорее эмоциональный характер, нежели подкреплена экологическими предпосылками. Экологическая проблема в ее «инвайронменталистском» аспекте состоит в поисках некоторого оптимума в системе человек — природные экосистемы.

Модель распределения экосистем по градиенту интенсивности антропогенного воздействия, предложенная нами ранее [14], показывает, что существует довольно много вариантов такого распределения (рис. 1, *a*). Здесь должен быть применен один из основных экологических принципов, согласно которому экосистемные процессы требуют поступления энергии извне, причем большая часть ее рассеивается в метаболических процессах. Природные экосистемы обладают важным свойством самоподдержания, саморегуляции [16]. И чем далее экосистемы располагаются от точки 0 (см. рис. 1, *a*), тем более их поддержание (в случае, если их деградация нам безразлична) требует поступления антропогенной энергии. И так до полностью искусственных техноэкосистем (полюс градиента точка А). Эти экосистемы почти полностью зависят от энергии, поступающей от человека. Суть проблем прикладной экологии состоит в том, что эту энергию человек не может черпать «ниоткуда», а получает из той части биосферы, которая функционирует во «вне-антропозависимом режиме». Именно поэтому модель распределения экосистем в градиенте антропогенного воздействия для биосферы в целом может выглядеть только так (рис. 1, *b*). Именно, область *Ob* должна быть существенно больше *bA*. Не исключено, что 24% [10] нарушенных человеком экосистем суши (область *bA*) или около 6% от всего лика Земли приближается к пределу толерантности биосферы в целом и ее устойчивости.

Серьезные выводы можно сделать из некоторых оценок реальной ситуации. Если для водных экосистем Германии [42] распределение водных экосистем выглядит как на рис. 1, *b*, то это значит, что каждый житель этой страны платит тем или иным образом за ту энергию, которая расходуется на поддержание экосистем в обширной области *bc*. Причем, и это важно подчеркнуть, имеет место весьма опасная иллюзия, что источник этой «энергии» находится в одном или нескольких европейских банках. Источник же может быть только в параллельно функционирующей и саморегулирующейся части биосферы (рис. 1, *b*, область *ab*). Пути этих взаимосвязей в настоящем мире сложны, гораздо более сложны, чем в колониальную эпоху, когда промышленно развитые страны напрямую эксплуатировали заморские природные экосистемы и массово вывозили ресурсы. Тем не менее, эти связи существуют, что подтверждается наличием таких моделей, как на рис. 1, *b*, само существование которых возможно только при значительных затратах энергии, поступающей извне.

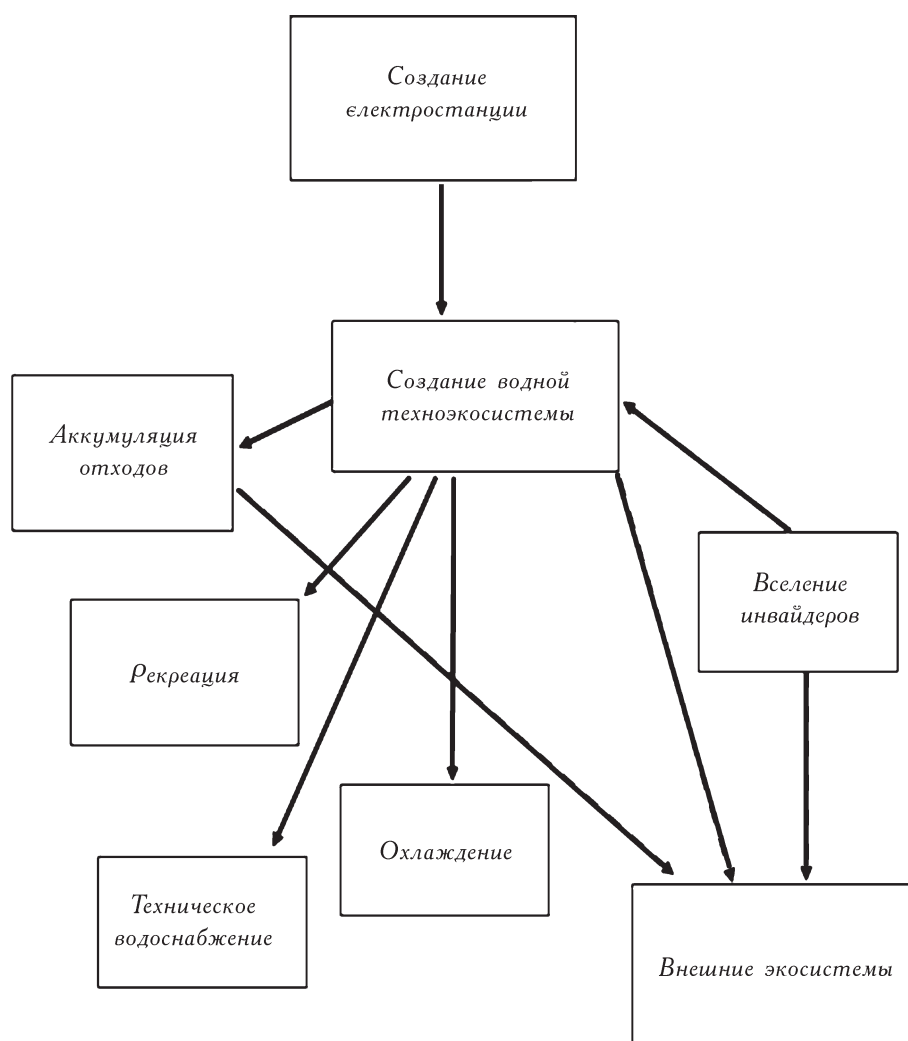
Не вызывает сомнения, что концепция ЭСУ распространяется на весь их спектр — от природных, ненарушенных человеком, до искусственных, им созданных. Все они входят в состав биосферы. Однако характер экосистем в этом широчайшем уже в настоящее время спектре очень разнообразен. Обращает на себя внимание то, что естественные экосистемы значительно более однородны в своей общей «конструкции». Это позволило еще в прошлом веке классифицировать биотическую часть экосистем как ряд биомов [23]. На конвергентном сходстве экосистем основана, по сути, зональность растительного покрова [5, 20]. Большую часть биосферы можно представить как вполне ограниченное число биогеомов, или совокупностей сходных по структуре экосистем [15, 38]. Очевидно, что определенная гетерогенность экосистем влечет за собой и определенную тенденцию формирования ЭСУ. Можно, видимо, говорить об ЭСУ, характерных не только для отдельных



1. а) Модели распределения экосистем в градиенте интенсивности антропогенного воздействия. По оси X — экосистемы, ранжированные по степени нарушенности от природных (0) до антропоэкосистем, техноэкосистем (A) По оси Y — интенсивность антропогенного воздействия, в условных единицах от 0 до 0,5 — минимальная и средняя степень воздействия, от 0,5 до 1,0 — высокая и очень высокая степень воздействия. См. другие пояснения в тексте. б) Модель распределения экосистем биосферы по градиенту антропогенного воздействия. в) Модель распределения водных экосистем на территории Германии по градиенту антропогенного воздействия (по данным [42]).

природных экосистем, а для целых биогеомов. Например, все экосистемы биогермового биогеома [38] выполняют важнейшую биосферную функцию сохранения огромного таксономического разнообразия, предоставляют услуги по утилизации CO_2 , услуги эстетические, рекреационные, а также, более локально — сырьевые. Определенным образом сходны ЭСУ и всех лесных или степных экосистем.

Иное дело — антропогенные экосистемы. Их функции и услуги мало поддаются типизации и классификации. Создавая крупный технический объект, человек неизбежно включает, более или менее удачно «вписывает» его в определенный участок, фрагмент биосферы. Не только уничтожает или сильно изменяет прежде существующие экосистемы, место которых занял данный объект, но и создает новую систему взаимосвязей, в которую входят как антропогенные элементы, так и биокосные природные системы. Как определенные сложности, так и преимущества имеет то, что человек может рассчитывать на получение вполне определенных ЭСУ от техноэкосистем, которые в значительной мере им самим спроектированы и созданы. Рассмотрим на примере техноэкосистемы тепловой или атомной электростанции этот комплекс системных отношений и связей (рис. 2).



2. Схема системных связей, экосистемных услуг при создании и эксплуатации техноэкосистемы тепловой или атомной электростанции (водный блок).

Создание технического объекта всегда сопровождается созданием разномасштабных антропогенных экосистем либо сильной трансформацией природных. Это связано, в частности, с необходимостью обеспечения водными ресурсами, охлаждения, аккумуляции отходов. Для техноэкосистем тепловых и атомных электростанций более показательной является обратная система водоснабжения, в частности с прудом-охладителем. Последний представляет собой водный объект, используемый для охлаждения циркуляционных вод, но в то же время и вполне развитую водную экосистему [18].

При создании водной техноэкосистемы энергетической станции происходит либо использование естественного водного объекта, например, озера или системы озер (пример — Конинские озера в Польше), существенная

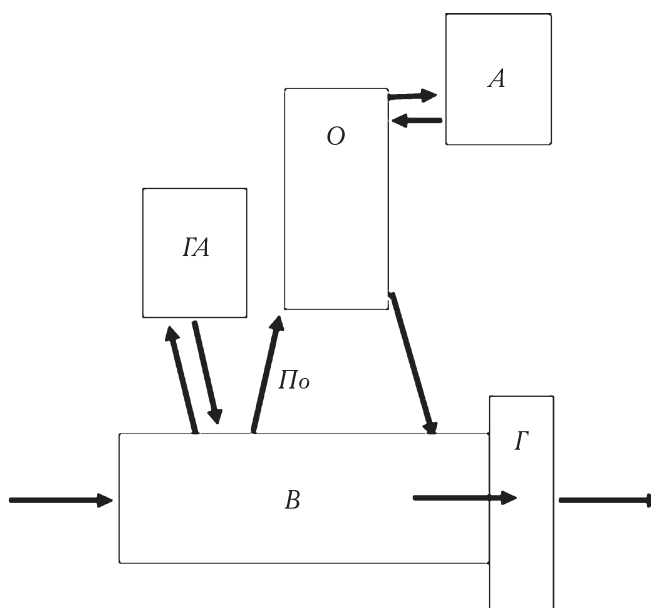
трансформация естественного водного объекта (оз. Белое в Беларуси) или создание искусственного водоема (например, охладители Криворожской ТЭС, Чернобыльской АЭС). При эксплуатации водоема-охладителя, системы каналов, а по сути — эксплуатации техноэкосистемы, ЭСУ могут быть получены по нескольким направлениям. В первую очередь важна функция охлаждения, для чего, собственно, водоем и создавался. Кроме того, вода используется для нужд химводоподготовки, технического, пожарного водоснабжения и др. Рыбная продукция и продукция других гидробионтов может быть получена как при эксплуатации естественных популяций, так и путем организации аквакультуры. Такая экосистема со своеобразным термическим режимом может предоставлять услуги по рекреации, занятий спортом, любительским рыболовством. При этом многие техноэкосистемы ТЭС и АЭС используются для накопления и трансформации различного рода отходов.

Но здесь важно подчеркнуть, что, кроме ЭСУ, речь может идти и о различных антиуслугах (disservice). Необходимость введения такого понятия можно объяснить многими примерами. Функционирование техноэкосистемы в режиме постоянного техногенного влияния часто приводит к существенному смещению баланса продукционно-деструкционных процессов, гиперпродукции тех или иных популяций, например, планктонных водорослей, нитчатых водорослей, высших водных растений, некоторых беспозвоночных. Антиуслуга представляет собой также комплекс биологических помех в работе оборудования, например обрастание дрейссеной. Еще один пример антиуслуги, уже с «точки зрения» других экосистем, это использование некоторыми инвазивными видами техноэкосистем энергетических станций как рефугиумов и «трамплинов» для дальнейшего расширения своего ареала.

Еще большие масштабы взаимодействия техноэкосистем и человека можно отметить при создании так называемых энергокомплексов (ЭК). В качестве примера может быть взят Южно-Украинский ЭК. Вся сложная техноэкосистема состоит из довольно большого количества элементов (рис. 3). Система водоснабжения АЭС (А) использует в качестве охлаждающего водоема-охладитель (О), искусственный водоем, который пополняется из Александровского водохранилища (В) по трубопроводам подкачки (По). Поскольку в охладителе повышается минерализация, существует периодическая продувка, т.е. сброс вод в водохранилище, которое в свою очередь выполняет роль нижнего водоема для гидроаккумулирующей электростанции (ГА) и напорного объема для гидроэлектростанции (Г). Кроме того, водохранилище используется для нужд сельского хозяйства и как источник водоснабжения.

Этот пример позволяет рассмотреть несколько аспектов. Поскольку все водные объекты связаны гидравлически, вся система должна рассматриваться как единая техноэкосистема. В таком случае может быть поставлен вопрос об экосистемной целостной функции и целостных ЭСУ. Целостные функции имеют, видимо, определенную иерархию. Первостепенной выступает функция обеспечения водными ресурсами нужд энергетических станций (А, ГА, Г). Второй выступает функция водоснабжения населенных пунк-

тов и сельскохозяйственных объектов. Третьей может рассматриваться буферная, поскольку объекты ЭК получают и за счет процессов самоочищения перерабатывают, накапливают (иммобилизуют) различные отходы. Четвертой может выступать ресурсная функция — разведение и вылов рыбы и других пресноводных и околоводных организмов. Следует упомянуть также регуляторную, связанную с изменениями речного стока.



3. Схема Южно-Украинского энергокомплекса. Пояснения в тексте.

Ранжирование ЭСУ выглядит вполне конструктивно, однако неизбежный конфликт интересов потребителей услуг вряд ли может быть разрешен на основе лишь этого ранжирования. Для решения вопроса о приоритетах очевиден путь выражения ЭСУ в одних единицах. Именно поэтому монетизация, оценка экономическая, выражение в денежных единицах, предлагалась как основной принцип оценок, появилось понятие «экологические товары» [17, 35]. Однако сложно спорить с другой точкой зрения тех ученых, которые утверждают, что ценность природы бесконечна и не может иметь человеческого денежного выражения [41]. В приведенном выше примере техноэкосистемы энергокомплекса при его создании был практически уничтожен уникальный ландшафт порожистых участков р. Южный Буг, под угрозой оказались исторические и археологические памятники, виды животных и растений из Красной книги. Можно ли это восполнить экологическими услугами в области энергетики и водного хозяйства? Вопрос обсуждается в течение многих лет [9]. Вероятно, в этом случае конструктивным является использование понятия «антиуслуга», тогда возможны оценки балансовых сравнений экосистемных услуг и антиуслуг.

Некоторые авторы [26, 31, 37] критически относились к дискурсу ЭСУ как фокусированному только на позитивные аспекты природы и окружающей среды, игнорируя некоторые негативные или даже опасные аспекты, так называемых «не-услуги», «антиуслуги» экосистем («ecosystem disservices»). Мы, однако, утверждаем, что нужно всегда учитывать существование «антиуслуг» и принимать их в виду при оценках экономической стоимости ЭСУ в целом. Важно всегда иметь в виду постоянное существование такого

Основные экосистемные услуги и антиуслуги, получаемые от техноэкосистем (согласно номенклатуре CICES и классификации экосистем по EUNIS) с нашими добавлениями и изменениями (коды представлены по EUNIS)

Услуги и антиуслуги	J5.311-312	J5.313	J5.314	J5.315	J5.41	J5.42
	Водоемы-охладители энергетических станций (ТЕЦ и АЕЦ)	Водоемы-охладители промышленности	Водоохранилища	Каналы транспортные	Каналы ирригационные	Каналы дренажные
Экосистемные услуги						
R4. Продукция диких животных			+			
R6. Продукция разводимых животных	+		+			
R7. Вода для питья			+	+		
R8. Буферные услуги	+	+	+	+		
R9. Поддержание водного баланса			+	+	+	
R22. Регуляция локального и регионального микроклимата	+		+			
S3. Научные услуги	+		+	+		
S6. Рекреация	+		+	+		
Теплообмен	+					
Регуляция паводков			+			
Формирование качества воды	+		+	+		
Экосистемные антиуслуги						
«Цветение» воды	+		+			
Зарастание высшими водными растениями	+		+	+	+	+

Продолжение табл.

	J5.311-312	J5.313	J5.314	J5.315	J5.41	J5.42
	Водоемы-охладители энергетических станций (ТЕЦ и АЕЦ)	Водоемы-охладители промышленности	Водоохранилища	Каналы транспортные	Каналы ирригационные	Каналы дренажные
Услуги и антиуслуги	+					
Рефугиумы инвайдеров		+	+			
Очаги заболеваний	+	+				
Накопление и трансформация загрязняющих веществ	+	+	+			
Источники биологических помех в водоснабжении	+	+		+		

дисбаланса, которое лишь в последнее время начинают учитывать в связи с необходимости оценивать монетарную стоимость ЭСУ.

Под экосистемной антиуслугой следует понимать комплекс факторов негативного с точки зрения человеческой деятельности, а также относительно других экосистем, как природных, так и антропогенных, которые являются следствием функционирования данной природной или антропогенной экосистемы.

Определенный опыт, накопленный нами при исследовании техноэкосистем, позволяет предложить некоторую систему оценок возможных экосистемных услуг и антиуслуг, с учетом классификаций экосистемных типов по EUNIS (Секция J. Искусственные (созданные человеком) экосистемы; Отдел J5 Созданные человеком водные экосистемы(водоемы, каналы) и Группы J5.3 Созданные человеком несоленные стоячие, и J5.4 Созданные человеком несоленные лотические экосистемы (таблица).

В комментарии предлагаемых нами типов ЭСУ надо сделать акцент на некоторых особых услугах техноэкосистем. Для водоемов-охладителей энергетических станций и некоторых промышленных предприятий эта функция является основной, поскольку именно для этой функции они и создаются. Однако, для охлаждения могут быть использованы и естественные водные объекты. В таком случае возможен конфликт между получением данной услуги и естественными экологическими процессами. В результате этого от экосистемы могут не в полном объеме получены другие услуги, например, услуги Р4 или возникнут предпосылки к появлению антиуслуг. Вторичной при получении ЭСУ по теплообмену может рассматриваться услуга по интенсификации процессов самоочищения, поскольку метаболические процессы, в том

числе деструкция органического вещества, при повышении температуры интенсифицируются.

Заключение

Как следует из различных материалов, в настоящее время полностью доминирует концепция оценок природных экосистем, определения степени воздействия на них, степени нарушений, трансформации. В то же время в биосфере уже значительное место занимают антропогенные экосистемы, со своими особенностями структуры и функционирования, с многочисленными, если не доминирующими элементами абиотических элементов в них. Так, водохранилище или водоем-охладитель вместе со всей системой водоснабжения энергетической станции нельзя сравнивать ни с одним из природных водных объектов. Исходя из этого, ЭСУ многочисленных антропогенных экосистем высокоспецифичны, хотя и базируются на фундаментальных экосистемных функциях. Одной из особенностей таких услуг является их достаточно высокая прогнозируемость, поскольку они и создаются и управляются человеком для получения конкретного набора ЭСУ. Тем не менее, сложность экосистемных связей может приводить к неполному учету ожидаемого эффекта, или получения экосистемных антиуслуг. Представляется, что использование понятия экосистемных антиуслуг позволяет более точно отразить весь комплекс взаимоотношений человека и экосистем, а далее — оценивать ЭСУ с экономической точки зрения.

**

У статті розглянута концепція екосистемних послуг стосовно до антропогенних екосистем, зокрема, до водних техноекосистем. Аналіз наявних літературних даних показав, що екосистемні послуги (ЕСП), як певна користь, яку людина отримує від функціонування екосистем, розглядається практично тільки стосовно до природних екосистем. У той же час, значна частина біосфери вже являє собою сукупність безлічі різноманітних сильно змінених або штучних екосистем. Функціонування екосистем, особливо техноекосистем, крім ЕСП може створювати і певні проблеми для діяльності людини і його добробуту. Пропонується поняття «екосистемної антипослуги», тобто сукупність наслідків екосистемних процесів, які розглядаються як небажані і навіть шкідливі, небезпечні для людини.

**

The concept of ecosystem services applied to the anthropogenic ecosystems, and in particular to the freshwater techno-ecosystems, is discussed in this article. Available reference sources showed that ecosystem services (ESS) defined as given benefits which man obtain/receive from ecosystem functioning, are regarded mostly in relation to the natural ecosystems. In the same time, considerable part of the biosphere already presents aggregations of numerous heavily modified or artificial aquatic ecosystems. Ecosystems' functioning, and of techno-ecosystems in particular, may create definite problems to the human activities and well-being. A concept of «ecosystem anti-service or disservice» is introducing here as aggregation of consequences of ecosystems processes, which are regarded as undesirable, even harmful, dangerous to the humans and society.

**

1. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. — СПб: Наука, 2000. — 147 с.
2. Букварева Е.Н., Замолодчиков Д.Г., Зименко А.А. Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Том 1. Услуги наземных экосистем. — М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. — 148 с. [<http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/first-steps>]
3. Букварева Е.Н., Алещенко Г.М. Принцип оптимального разнообразия биосистем. — М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2013. — 522 с.
4. Бульон В.В., Винберг Г.Г. Соотношение между первичной продукцией и рыбопродуктивностью водоемов // Основы изучения водных экосистем. — Л., 1981. — С. 5—10.
5. Вальтер Г. Растительность Земного шара. Эколого-физиологическая характеристика. т. 2. Леса умеренной зоны. — М.: Прогресс, 1974. — 456 с.
6. Вернагский В.И. Об условиях появления жизни на Земле // Геохімія живої речовини. — Киев, 2012. — Т. 4. кн. 2. — С. 318—334.
7. Загвойська Л. Д. Концептуалізація послуг екосистем у сучасному еколого-економічному дискурсі // Львів: РВВ НЛТУ України. — 2013. — Вип. 11. — С. 183—187.
8. Краткий обзор итогов Айти-Нагойского совещания: Стратегический план в области сохранения и устойчивого использования биоразнообразия на 2011—2020 годы, целевые задачи по сохранению и устойчивому использованию биоразнообразия, принятые в Айти, и национальное осуществление. Третье издание глобальной перспективы в области биоразнообразия (ГПОб-3): меры, необходимые в текущем десятилетии. — Стамбул: Секретариат КБР, 2011. — 30 с.
9. Носолов Г.М., Вірич П.М., Коріков О.М. Громадське обговорення матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище підняття рівня Олександрівського водосховища до проектної позначки 20,7 м // Ядерна енергетика та довкілля. — 2017. — № 2. — С. 68—76.
10. Павлов Д.С., Букварева Е.Н. Биоразнообразие и жизнеобеспечение человечества // Вестн. РАН. — 2007. — Т. 77, № 11. — С. 974—986.
11. Протасов А.А. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсикология. — Киев, 2002. — 105 с.
12. Протасов А.А. Концепции перифитологии на фоне некоторых тенденций развития современной гидробиологии // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. — 2005. — Т. 5. — С. 4—12.
13. Протасов А.А. О возможных механизмах ноосферогенеза // Биосфера. — 2014. — Т. 6, № 3. — С. 204—210.
14. Протасов А.А. Некоторые пути применения и оптимизации подходов Водной Рамочной Директивы ЕС в связи с оценками экологического состояния техноэкосистем // Гидробиол. журн. — 2017. — Т. 53, № 5. — С. 56—73.
15. Протасов О.О. Біогеоміка. Екосистеми світу у структурі біосфери. — К.: Академперіодика, 2017. — 382 с.
16. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. — М.: Россия Молодая, 1992. — 365 с.

17. Розенберг А.Г. Истоки современной истории экосистемных услуг // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. — 2017. — Т. 26, № 1. — С. 5—14.
18. Техно-экосистема АЭС. Гидробиология, абиотические факторы, экологические оценки / Под ред. А.А. Протасова. — Киев, 2011. — 234 с.
19. Узунов Й., Керемидчиев С., Шопов Г. Экосистемните услуги в България. Първи малки стъпки към големия скок за съхраняване на човечеството. — София: Изд. Клуб Икономика-2000, 2017. — 245 с.
20. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. — М.: Прогресс, 1980. — 327 с.
21. Braat L., Bouwma I., Delbaere B. et al. Mapping of Ecosystems and their Services in the EU and its Member States (MESEU). ENV.B.2/SER/2012/0016. [Available at: <https://circabc.europa.eu/w/browse/c4731314-6031-46a5-a3b4-5da5f86a3cdb> (January 29, 2015)].
22. Chevassus-Louis B., Salles J.-M., Pujol J.-L. et al. An economic approach to biodiversity and ecosystems services: Contribution to public decision-making. Centre d'analyses Strategiques report. [Download from: www.strategie.gouv.fr/IMG/pdf/BIODIV_GB_19_02_2010pdf.pdf]
23. Clements F.T., Shelford V.E. Bio-Ecology. — New York: Wiley & Sons, 1939. — 425 p.
24. Connel J. Diversity in tropical rainforests and coral reefs // Science. — 1978. — Vol. 199. — P. 1302—1310.
25. Czucz B.Z., Molnar S., Horvath F., Botta-Dukat Z. The natural capital index of Hungary // Acta Botanica Hungarica. — 2008. — Vol. 50. — P. 161—177.
26. Dunn R.R. Global mapping of ecosystem disservices: the unspoken reality that nature sometimes kills us // Biotropica. — 2010. — Vol. 42. — P. 555—557.
27. Elrlich P.R., Elrlich A.N. Extinction: the causes and consequences of the is appearance of species. — New York: Random House, 1981. — 305 p.
28. Grizzetti B., Lique E., Antunes P. et al. Ecosystem services for water policy: Insights across Europe // Environ. Sci. Policy. — 2016. — Vol. 66. P. 179—190.
29. Haines-Young R., Potschin M.B. 2017. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. [Available at: www.cices.eu].
30. Kumar P. (Ed.) TEEB — The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and economic foundations. — London: Earthscan, 2010. — P. 456. (Available at: www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/ecological-and-economic-foundations).
31. Lyytimaki J., Sipilä M. Hopping on one leg — the challenge of ecosystem disservices for urban green management // Urban For. Urban Green. — 2009. — Vol. 8. — P. 309—315 [<http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2009.09.003>].
32. Maes J., Lique C., Teller A. et al. An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020 // Ecosystem Services. — 2016. — Vol. 17. — P. 14—23.
33. MEA (Millennium Ecosystem Assessment). Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis; Biodiversity Synthesis. World Resources Institute. Washing-

- ton DC: Island Press. — 2005. — P. 139. [<http://www.maweb.Org/en/Reports.aspx#>; <http://www.millenniumassessment.org/en/Reports.aspx#>].
34. *Mizgajski A., Bernaciak A., Kronenberg J. et al.* Development of the system services approach in Poland // *Economics & Environment*. — 2014. — Vol. 4. — P. 10—19.
35. *Pagiola S.* Payments of environmental services in Costa Rica // *Ecol. Economics*. — 2008. — Vol. 65. — P. 712—724.
36. *Protasov A.A.* Biogeomes of hydrosphere and land as elements of the biosphere structure // *Ecology and noospherology*. — 2016. — Vol. 27, N 1—2. — P. 5—15.
37. *Schumacher E.F.* Small is beautiful. Economics as if people mattered. — 1973. — 223 p. (www.dasstol.com/)
38. *Shapiro J., Baldi A.* Accurate accounting: How to balance ecosystem services and disservices // *Ecosystem Services*. — 2014. — Vol. 7. — P. 201—202.
39. *Tansley A.D.* The use and abuse of vegetational concepts and terms // *Ecology*. — 1935. — Vol. 16, N 4. — P. 284—307.
40. *UK National Ecosystems Assessment.* The UK National Ecosystem Assessment Technical Report. Synthesis of the Key Findings. — UNEP/ WCMC, Cambridge, 2011. — 86 p.
41. *Villagomes J., Angel Peres A.* The ethics of payment for ecosystem services // *Res. Environ. Sci.* — 2013. — Vol. 5. — P. 278—286.
42. *Water Framework Directive.* The status of German waters — 2015 [www.die-wasserrahmenrichtlinie-deutschlands-gewaesser]

Институт биоразнообразия и экосистемных исследований Болгарской Академии наук (ИБЭИ-БАН), София
Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

Поступила 26.04.18