

Системная техноэкология и управляемые природно-технические системы

А.Л. Суздалева, д-р биол. наук, профессор

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

e-mail: SuzdalevaAL@yandex.ru

Ключевые слова:

техногенез,
техносфера,
экологический регулятор,
сохранение биоразнообразия,
устойчивое развитие.

Результатом техногенной трансформации окружающей среды является образование динамично развивающихся систем, обозначаемых термином «природно-технические системы». Уже в ближайшее время в этих системах будет существовать не только человек, но и большинство обитающих на Земле организмов. Поэтому сохранение благоприятных условий в природно-технических системах становится все более актуальной задачей. Единственно возможный путь решения проблемы заключается в создании специальных инженерно-технических систем – «экологических регуляторов». Экологическими регуляторами регионального масштаба могут служить крупные гидроэлектростанции. Они защищают обширные территории от аномальных засух и наводнений. Экологические регуляторы большего масштаба могут быть созданы при строительстве систем межбассейнового перераспределения ресурсов пресной воды. Развитие парникового эффекта вызывает изменение нормы атмосферных осадков в различных районах Земли: в одних регионах их объем катастрофически сокращается, в других аномально возрастает. Это становится причиной гибели урожая, голода, распространения эпидемий и неконтролируемой массовой миграции населения. Катастрофические засухи и наводнения также вызывают деградацию естественных экосистем. Управляемые природно-технические системы, создаваемые на основе объектов межбассейнового перераспределения водных ресурсов, одновременно позволяют сохранить геополитическую стабильность и биоразнообразие во многих регионах. Успешная реализация этих задач на практике невозможна без развития надежной научно-методологической основы, включающей комплексное изучение технических и экологических проблем. Это составляет предмет изучения новой научной дисциплины – системной техноэкологии.

Введение в проблему

Возникновение техносферы, т.е. части биосферы, условия в которой преобразованы производственной деятельностью человека [1, 2], сопровождалось существенной перестройкой протекающих в ней физико-химических и биогеохимических процессов [3]. Результатом стало возникновение среды, которая во многом отлична от естественной, но в которой вместе с тем обитает значительная часть населения Земли и других населяющих нашу планету организмов. Но как это ни парадоксально звучит, науки, предметом изучения которой была бы собственно техносфера, в настоящее время еще не существует. Четко не сфор-

мулированы круг приоритетных задач и общие методологические принципы исследования техносферы.

Вместе с тем востребованность такой научной дисциплины не вызывает сомнений. Только на основе изучения техносферы как целостного предмета исследования можно выработать стратегию действий, которая позволит сохранить жизнь на планете во всем ее многообразии. Следует подчеркнуть, что успехом этой деятельности можно считать только формирование и устойчивое сохранение в пределах техносферы всего комплекса благоприятных условий окружающей среды, а не создание систем контроля, не допускающего превышения приемлемого

уровня воздействия отдельных техногенных факторов. Научно-технический прогресс сопровождается постоянным появлением принципиально новых по своей природе видов воздействия технической деятельности. Некоторые из них могут иметь катастрофические последствия, сделав условия среды неблагоприятными для существования многих видов организмов и человека, даже при допустимом уровне воздействия иных техногенных факторов. Примером может служить спровоцированный добычей полезных ископаемых крупномасштабный подъем к поверхности океана холодных глубинных вод, который на данный момент не рассматривается как загрязнение в числе негативных техносферных процессов. Вместе с тем он может вызвать аномальные гидрометеорологические явления (эффект «Эль-Ниньо»), захватывающие районы, даже удаленные от точки подъема воды [4]. Кроме того, все чаще наблюдаются эффекты совместного проявления уже хорошо изученных техногенных факторов, приводящие к не спрогнозированным своевременно и нередко катастрофическим результатам. Примером может служить явление сенсбилизации, или «экологического резонанса» нескольких загрязнителей, одновременно попадающих в окружающую среду в количестве, не превышающем установленные нормативы [5].

Современные тенденции в изучении техносферы

Несмотря на объективные предпосылки для развития самостоятельного направления, предметом изучения которого стали бы общие закономерности формирования и динамики структурно-функциональной организации техносферы, развитие научной мысли в данной области происходило по иному сценарию. *Специалисты из различных сфер производственной деятельности, обеспокоенные ухудшением экологических условий, стали исследовать эти негативные явления, стараясь не выходить за рамки своей области.* В течение непродолжительного времени возник большой комплекс новых экологических дисциплин, каждая из которых имеет собственный предмет исследования, связанный с определенной формой технической деятельности, и свою методологию исследования, соответствующую природе данного предмета. Среди наиболее известных направлений можно указать *промышленную экологию* [6] и близкую к ней *инженерную экологию* [7], изучающие воздействие на окружающую среду промышленных объектов и сооружений; *сельскохозяйственную экологию* [8], в число основных предметов изучения которой входит техногенная трансформация природной среды. В качестве отдельного направления развивается *урбэкология*, исследующая экологиче-

ские проблемы, обусловленные одним из главных процессов, ведущих к расширению границ техносферы [9, 10]. Существуют многочисленные экологические дисциплины, предметом которых являются отдельные формы техногенного воздействия: *химическая экология* [11], *физическая экология* [12], *радиационная экология* [13]. Перечисление наук, занимающихся изучением частных проблем техносферы, можно продолжать еще очень долго. Но, несмотря на многообразие названий, всем им свойственна одна черта — развитие познавательного процесса, не выходящее за рамки предмета, ограниченного определенной, пусть даже весьма обширной областью технической деятельности.

В результате, с одной стороны, происходит подмена «науки о техносфере» обширным комплексом направлений, изучающих отдельные аспекты техногенеза. С другой стороны, неоднократно осуществлялись попытки включить исследование техносферы в качестве одного из частных предметов исследования в науки, ставящие своей целью изучение общих закономерностей формирования современной биосферы. Для их обозначения предлагались различные названия, например «ноосферология», «биосферология» [14], ни одно из которых не получило широкого распространения и заметного развития.

Не умаляя важности изучения различных форм техногенного воздействия, следует указать, что именно *отсутствие научной дисциплины, предметом которой было бы изучение процесса формирования техносферы как целостного феномена, затрудняет решение ряда важнейших проблем современности.* Главная из них — обоснованный ответ на вопрос: способно ли человечество управлять развитием техносферы? В научной литературе данный вопрос трактуется как возможность обеспечить или практически управлять *техносферной безопасностью* [15], под которой, помимо прочего, подразумевается создание благоприятных условий для существования в преобразуемой человеком биосфере — техносфере [16].

Эффективность разрабатываемых механизмов управления всегда определяется уровнем знания о характере предмета управления и предсказуемости его динамики. Следовательно, *разработать эффективные механизмы управления техносферной безопасностью можно, лишь рассматривая техносферу как самостоятельный предмет научного исследования.* По аналогии с названиями других магистральных направлений развития экологических наук — биэкология, геоэкология и социэкология — науку о техносфере можно обозначить как *техноэкологию*.

Системная техноэкология как одно из основных направлений экологии

Большинство современных наук представляет собой совокупность научных направлений, в той или иной мере обособленных. Среди них выделяются дисциплина, изучающая предмет с обобщающе-системных позиций, и комплекс дисциплин, занимающихся изучением его отдельных аспектов. Подобное разделение существует по причине специфичности методов, необходимых для глубокого изучения различных частных аспектов предмета (например, физическая и химическая экология). Подобный концептуальный подход применительно к наукам, изучающим различные стороны техногенной трансформации окружающей среды, позволяет рассматривать их в виде комплекса взаимосвязанных дисциплин, достижения которых дополняют друг друга и могут служить основой для обобщенного анализа.

Следует отметить, что все сформировавшиеся направления экологии — это науки о динамически развивающихся системах, в которых окружающая среда является одним из основных, но не единственным компонентом. Первоначально этот концептуально-методологический подход утвердился в области биоэкологии. Согласно общепринятым воззрениям, в основе которых лежит учение В.И. Вернадского о биосфере, среда существования биологических объектов — это не только благоприятные условия для их жизни, но и продукт их жизнедеятельности. Эволюция организмов и среды их обитания, с момента возникновения жизни на Земле, происходила как сопряженное развитие взаимосвязанных компонентов единой исторически сложившейся экологической системы планетарного масштаба — биосферы.

В отличие от этого, функционирование техносферы нередко рассматривается как одностороннее воздействие на окружающую среду, приводящее к ее неизбежной деградации, представляющей собой хаотичное разрушение. Подобный взгляд принципиально неверен. *Техносфера — это не окружающая среда, подверженная беспорядочному воздействию различных техногенных факторов, а система. Составляющие ее компоненты, как и в биосфере, взаимосвязаны потоками вещества и энергии.* Пути движения этих компонентов нередко не менее предсказуемы (например, характер миграции различных загрязнителей). Объекты техносферы не только изменяют окружающую среду в процессе своего функционирования, но и сами испытывают воздействие с ее стороны. Поэтому исследователи, придерживающиеся системного видения проблемы, рассматривают техносферную безопасность как свойство объекта, выраженное в его способности противостоять техносферным опас-

ностям, в том числе факторам, порожденным внутри самой этой системы (техническим, социальным, экономическим) [16]. *Обеспечение техносферной безопасности основывается на управлении процессами техногенеза (техногенной трансформацией) окружающей среды.* Познание этих процессов с целью разработки механизмов управления ими выступает основной задачей системной техноэкологии. Иными словами, *системная техноэкология — это наука, создающая методологические основы управления техногенезом окружающей среды, гармонично сочетающие комплексное решение экологических, социальных, технических и экономических проблем.*

Природно-техническая система как элементарная ячейка в структуре техносферы

Одним из общих свойств, присущих всем системам, является их иерархичность, т.е. любая система может рассматриваться как элемент некоторой надсистемы (суперсистемы). Гносеологический прием — от простого к сложному — в данном случае подразумевает выделение некоей базовой системы, которая в качестве элементарной ячейки кладется в основу методологии изучения не только ее самой, но и последующих уровней иерархии изучаемых систем. В системной биоэкологии (синэкологии) в качестве такой элементарной ячейки рассматривается экосистема. Все остальные изучаемые предметы идентифицируются либо как компоненты экосистемы (организм, популяция), либо как более сложные образования, состоящие из комплекса функционально-взаимосвязанных «простых» экосистем, которые рассматриваются как экосистемы более высокого порядка, вплоть до биосферы, обозначаемой как глобальная экосистема.

В системной техноэкологии аналогичной элементарной ячейкой является «природно-техническая система» (ПТС), под которой понимается *любая совокупность природных, природно-техногенных и техногенных объектов, состояние и функционирование которых взаимосвязаны и/или взаимозависимы* [17]. Несмотря на то что экосистемы возникли задолго до появления человека, а ПТС — продукт его деятельности, представляющий собой систему, включающую как естественные, так и искусственно созданные компоненты, им обоим присущ ряд общих черт. Так, и в том и в другом случае справедливым остается принцип иерархии систем. Самые простые — локальные ПТС, формирующиеся вокруг конкретного техногенного объекта или их небольшой компактной группы, — рассматриваются как компонент региональных ПТС, а те, в свою очередь, как компоненты межрегиональных ПТС. Если биосфера представляет собой экосистему наивысшего

ранга, то техносфера занимает такое же главенствующее положение в иерархии ПТС [18].

Образование ПТС в ходе осуществления человеком технической деятельности — это такой же закономерный процесс, как и образование экосистем, произошедшее при появлении первых живых организмов. Общим свойством этих систем является их усложнение в процессе эволюции. Если первые экосистемы образовались еще из скоплений микроскопических примитивных организмов-прокариот [19], то первые ПТС возникли с началом систематического использования человеком самых простых орудий труда для обработки почвы. С этого момента естественные экосистемы начали постепенно замещаться целенаправленно сформированными системами, включающими техногенные объекты — жилища, плотины, примитивные производственные объекты. По мере развития цивилизации масштабы, сложность структурно-функциональной организации и экологическая значимость ПТС постоянно возрастали. Однако современное понимание термина «техносфера» предполагает, что эта часть биосферы начала формироваться в период промышленной революции XVIII–XIX вв. Поэтому для совокупного обозначения техногенно трансформированных участков, существовавших в предшествующие исторические эпохи, можно предложить термин «прототехносфера».

Управляемые природно-технические системы

Уже на заре развития первых цивилизаций люди убедились, что наиболее безопасные условия для их жизни могут быть обеспечены в скученных поселениях, окруженных оборонительными сооружениями. Одновременно пришло понимание и того, что жизнь в этих условиях вредна для здоровья. Этот антагонизм, обусловленный, с одной стороны, необходимостью жизни в техногенно трансформированной среде, а с другой — потребностью общения с природой, сопровождал человека во все времена. Иными словами, на всех этапах развития человеческой цивилизации актуальным было создание техногенно модифицированной среды, условия которой подходили бы для существования живущих в ней людей и других организмов. Важнейшим аспектом биологической жизни является не только сама по себе благоприятность условий среды, но и ее относительная стабильность (закономерность динамики), дающая возможность различным организмам, в том числе и человеку, адаптироваться к ней. В прототехносфере необходимая степень благоприятности экологических условий обеспечивалась естественными процессами самоочищения и самовосстановления. Участки экологической деградации, где эти процес-

сы не справлялись с техногенной нагрузкой, носили в большинстве случаев локальный характер.

В современной техносфере негативное воздействие на окружающую среду, как правило, достигает уровня, когда естественные механизмы, поддерживавшие относительное постоянство условий, уже не могут справиться с этой задачей. Единственным реальным путем решения данной проблемы является возложение функций управления состоянием окружающей среды на технические объекты и системы. В результате возникает управляемая ПТС, условия в которой целенаправленно регулируются человеком. Технические объекты и системы, используемые с этой целью, можно обозначить термином «экологические регуляторы» [20]. В тех же случаях, когда такая возможность отсутствует, стихийное формирование неуправляемой ПТС неминуемо сопровождается экологической деградацией данного участка техносферы.

Создание управляемых ПТС — это реализация на практике задачи управления техносферной безопасностью. Однако в современных условиях целенаправленное создание управляемых ПТС осуществимо лишь в небольших масштабах. Примером являются благоустроенные городские пруды, хорошее экологическое состояние которых поддерживается работой специальных технических систем, обеспечивающих циркуляцию и очистку вод [21]. Однако создание аналогичных систем большего масштаба экономически не реально. Вместе с тем в качестве «экологических регуляторов» можно использовать некоторые инженерно-технические системы, основное предназначение которых лежит в иной области. Так, роль «экологических регуляторов» отчасти выполняют многие крупные ГЭС и гидроэнергетические каскады [22], защищающие обширные регионы от последствий катастрофических наводнений и последствий продолжительных засух. На некоторых из этих объектов периодически осуществляются, так называемые, «экологические попуски вод» для поддержания благоприятных условий в нижнем бьефе ГЭС и прилегающих к ней участков. Средозащитные и природоохранные функции объектов гидроэнергетики могут быть значительно усилены целенаправленной разработкой как проектных, так и технико-эксплуатационных решений. Для обозначения этих мер нами ранее был предложен термин «экологическая оптимизация» инженерно-технических объектов [17, 22]. В том случае, если эти действия носят системный характер, возникает управляемая ПТС, обеспечивающая экологическую (защита природных объектов) и техносферную безопасность (защита техногенных и природно-техногенных объектов) на значительной территории.

Базовые принципы системной техноэкологии и ее основные направления

Сформулировать базовые принципы необходимо, потому что многие из них либо противоречат установкам сложившегося мышления в сфере практического решения экологических проблем, либо им не уделяется необходимого внимания.

Прагматичная мировоззренческая позиция в решении проблем сохранения благоприятной окружающей среды. Ее цель — обеспечить устойчивое, благоприятное для человека и других организмов состояние окружающей среды, а не бесплодные попытки любой ценой сохранить ее в неизменном виде. Подобная позиция подразумевает замену неконструктивной установки, направленной на ужесточение природоохранных нормативов, на идею создания управляемых ПТС, динамично регулирующих состояние окружающей среды на различных уровнях, вплоть до глобального.

Превентивный характер решения проблем, основанный на анализе существующих рисков. Согласно данному принципу, расчетно-теоретические, проектные и технико-эксплуатационные разработки в области системной техноэкологии, по возможности, должны опережать развитие негативных процессов, против которых они направлены. Иными словами, *приоритетной задачей системной техноэкологии является обеспечение техносферной безопасности.*

Междисциплинарный подход к изучению проблем, подразумевающий не только создание научных групп, включающих ученых из различных областей, но и расширение научной эрудиции специалистов за счет получения ими дополнительных знаний в других областях (например, знакомство специалистов биологических специальностей с основами технологических процессов и, наоборот, получение биоэкологической подготовки инженерно-техническими кадрами).

Синкретичность — это соединение различных и даже противоположных взглядов. Например, принятие специалистами в области охраны природы точки зрения, что управляемое изменение природной среды (управляемый техногенез) позволит значительно лучше решить сложившиеся проблем, чем ее неуправляемая деградация.

Иерархичность структуры управляемых ПТС. Данный принцип заключается в том, что при изучении (проектировании) любой ПТС необходимо учитывать, что она в целом является или может стать *элементом ПТС* более высокого ранга и одновременно ее элементы могут рассматриваться как *отдельные ПТС* более низкого ранга.

Стоящие перед данной научной дисциплиной задачи предполагают необходимость нескольких методологических подходов к их решению. В соответ-

ствии с этим можно выделить следующие *основные направления техноэкологии:*

- *объектную системную техноэкологию*, исследующую конкретные управляемые ПТС (например, региона ГЭС);
- *частную системную техноэкологию*, занимающуюся изучением управляемых ПТС определенных типов (формирующихся на основе гидроэнергетических объектов, урбосистем, агросистем и др.) и разработкой методов управления ими;
- *общую системную техноэкологию*, исследующую общие закономерности формирования и структурно-функциональной организации управляемых ПТС, а также общие механизмы управления, обеспечивающие реализацию на практике концепции «устойчивого развития».

Реальные возможности создания иерархии управляемых ПТС и разработки механизмов защиты биотехносферы

Очевидно, что управляемые ПТС с регулируемыми условиями жизнедеятельности людей и существования биоты, формирующиеся на основе экологически оптимизированных объектов гидроэнергетики, могут достигать лишь *регионального масштаба*. Инженерно-технических систем, пригодных для использования в качестве экологических регуляторов более крупных участков техносферы, еще не существует. Вместе с тем формирующаяся мировая обстановка неминуемо вынудит ведущие страны начать их строительство. Речь идет о реализации проектов межбассейновой (межрегиональной) переброски речного стока. В СССР был разработан обширный комплекс подобных проектов [23], способных в перспективе создать единую регулируемую водохозяйственную систему континентального и даже межконтинентального масштабов. Но во второй половине XX в., после многочисленных обсуждений, данные проекты были отвернуты как наносящие непоправимый вред окружающей среде. Эти опасения в тот период были вполне обоснованы. Но в настоящее время ситуация принципиально изменилась, что привело к *востребованности проектов межбассейновой переброски вод*. Уже сейчас во многих странах такие проекты осуществлены или начали осуществляться, еще больше проектов находится в стадии разработки [24]. Их востребованность обусловлена двумя причинами, по которым в кратчайшие сроки может произойти не только дестабилизация условий на значительной части техносферы, но и экологическая деградация еще больших по своим масштабам участков природной среды.

Первая из этих причин общеизвестна. *Глобальные климатические изменения сопровождаются перераспределением нормы осадков.* В последние десятилетия увеличилось в несколько раз количество аномальных наводнений в одних регионах и небывалых засух в других, и данная тенденция в обозримом будущем сохранится [25]. Изменить количество выпадающих осадков нельзя, но с помощью специально созданных гидротехнических систем можно перебросить избыток воды из одного региона в другой, где ощущается ее острый дефицит. Известно, что вода — это основа жизни. Но одновременно ее избыток в среде — один из факторов, не только негативно сказывающийся на жизнедеятельности населения, но и приводящий к экологической деградации затопляемых регионов и значимому ухудшению санитарно-гигиенической обстановки [26]. Следовательно, переброска некоторого избытка воды, который можно обозначить как «объем мобильных водных ресурсов» [27], позволит улучшить экологическую и социальную обстановку как в регионе — доноре этих ресурсов, так и в регионе, остро в них нуждающемся. Так, летом 2015 г. произошло наводнение катастрофического характера на р. Обь. В то же время запасы водных ресурсов в водохранилищах Волжско-Камского каскада, по данным Гидрометцентра России, снизились более чем на 50%. Этими аномальными явлениями обоим регионам был нанесен значительный экономический и трудно поддающийся оценке экологический ущерб. Скорее всего, подобная ситуация в ближайшие годы будет неоднократно повторяться. Реальное решение данной проблемы может быть только одно — возобновление работ над проектом переброски в Волжский бассейн воды из р. Обь.

Следует подчеркнуть, что приведенный выше пример востребованности переброски избытков речного стока далеко не единственный. Значительно более остро эта проблема стоит в регионах, где вследствие глобальных климатических изменений возникла хроническая засуха и сопутствующие ей опустынивание и остепнение обширных участков, ставших непригодными для выращивания сельскохозяйственной продукции. Существовавшие в их пределах участки природной среды также деградировали. Малоизвестен факт, что наибольшее количество человеческих жертв в природных катастрофах XX в. (51%) было связано не с землетрясениями или цунами, а с засухой в Восточной Африке [28]. Только в 1970–1974 гг. здесь погибло от вызванного засухами голода около 1,2 млн человек. Если бы эти события разворачивались в странах Западной Европы, то по праву они заняли бы место среди наиболее страшных исторических катастроф, типа «флорентийской чумы». В ближайшем будущем подобные события могут не только повториться в дру-

гих регионах, но и достичь еще больших масштабов. Согласно статистическим данным ООН, *в условиях острого дефицита ресурсов пресной воды уже сейчас существует около 1,1 млрд человек, помимо этого еще приблизительно 1 млрд человек находится в состоянии так называемого водного стресса, т.е. испытывают дефицит воды время от времени* [29]. Эти явления имеют хорошо выраженную тенденцию к росту, и к середине XXI в. в условиях водного дефицита будет жить 40% населения Земли, т.е. 4–5 млрд человек. Если ситуация будет развиваться по такому сценарию, то *по расчетам специалистов, в 2025–2040 гг. наступит мировой кризис водопользования.* Он неминуемо повлечет за собой крах мировой экономики и сложившейся геополитической системы.

Гидротехнические системы, способные осуществлять межрегиональную (межконтинентальную) переброску мобильных водных ресурсов и стать основой для международного рынка питьевой воды, не могут быть быстро созданы в момент наступления кризиса. Строительство этих гидротехнических систем займет годы. При этом следует подчеркнуть, что *реализация подобных проектов даст устойчивый положительный результат* только в том случае, если создаваемые системы переброски воды одновременно будут исполнять роль экологических регуляторов и проектироваться как *иерархическая система управляемых ПТС* [30, 31]. Если же эти действия будут носить разрозненный не системный характер, то их результатом, скорее всего, станет обеспечение водой отдельных групп водопотребителей, вынужденных существовать в окружении безжизненных территорий. Очевидно, что такой подход к решению проблемы не может обеспечить ни устойчивую социальную (геополитическую) обстановку, ни сохранение биоразнообразия. Непродуманные решения в данной области могут привести к нежелательным результатам. Примером этого может служить в определенной мере управляемая ПТС, которая была представлена крупномасштабной гидро-мелиоративной системой, вызвавшей экологическую катастрофу в районе Аральского моря.

Существует и другая причина, требующая создания специальных систем, обеспечивающих техносферную безопасность на региональном и межрегиональном уровнях, а также благоприятные экологические условия на значительных участках биосферы. В настоящее время она относительно редко обсуждается и воспринимается многими как беспочвенная фантазия. Дестабилизация экологических условий в пределах обширных регионов может произойти и в результате целенаправленной деятельности, связанной с использованием так называемого *климатического оружия.* Оставляя в стороне споры о реальности подобных шагов, можно с

полным основанием заявить, что сама по себе эта идея возникла достаточно давно. Следовательно, существует и риск манипулирования нормой осадков, влекущий за собой аномальные засухи и наводнения. О попытках создать такое оружие, направленное против Российской Федерации, например, недавно публично высказался авторитетный общественный деятель и бывший член европарламента Джульетто Кьеза (Первый канал ЦТ, «Время покажет» 11.12.2015). Он заявил, что Россия должна опасаться не развертывания ядерного конфликта со странами НАТО, а использования против нее климатического оружия. Вдоль границ территории РФ уже построен ряд объектов (система HAARP), потенциально способных оказать целенаправленное воздействие на атмосферную циркуляцию. Причем в настоящее время эти объекты перешли под контроль военного ведомства США. Вполне возможно, что подобные проекты никогда не будут реализованы. Но как бы ни был мал в настоящее время риск создания и применения климатического оружия, меры, направленные против него, необходимо разработать заблаговременно, тем более что в данном случае эту функцию можно также возложить на систему управляемых ПТС по перераспределению водных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
2. Данилов-Данильян В.И., Арский Ю.М., Вяхирев Р.И., Залиханов М.Ч., Кондратьев К.Я., Лосев К.С. Экологический энциклопедический словарь. М.: Издательский дом «Ноосфера», 2002. 930 с.
3. Трифонов К.И., Девисилов В.А. Физико-химические процессы в техносфере. М.: Изд-во: Форум, Инфра-М, 2010, 240 с.
4. Безносков В.Н. Воздействие антропогенных нарушений гидрологической структуры на водные экосистемы и их возможное влияние на биогеохимический цикл углерода // Метеорология и гидрология. 1998. № 12. С. 98–102.
5. Филенко О.Ф., Михеева И.В. Основы водной токсикологии. М.: Колос, 2007. — 144 с.
6. Медведев В.Т., Новиков С.Г., Каралюнец, Маслова Т.Н. Охрана труда и промышленная экология. 5-е изд. — М.: Издательский центр «Академия», 2013. — 416 с.
7. Медведев В.Т. Инженерная экология. М.: Гардарики, 2002. — 687 с: ил
8. Уразаев Н.А. Сельскохозяйственная экология. — М.: Колос, 2000. — 304 с.
9. Стольберг Ф.В. Экология города (урбоэкология): учебник. — К.: Либра, 2000. — 464 с.
10. Суздалева А.Л. Современный характер урбанизации и необходимость комплексного решения проблем экологической безопасности, безопасности жизнедеятель-

Заключение

Высказанные в статье суждения можно резюмировать следующим образом.

Техносфера должна стать предметом изучения отдельной научной дисциплины — системной техноэкологии, призванной обобщить и систематизировать достижения обширного комплекса наук, занимающихся исследованием различных аспектов техногенеза окружающей среды.

В настоящее время существуют объективные предпосылки для создания иерархии управляемых природно-технических систем различного масштаба, способных обеспечить техносферную безопасность при спонтанных и целенаправленных дестабилизирующих воздействиях, нарушающих условия жизнедеятельности и вызывающих деградацию окружающей среды обширных территорий.

Продуктивное развитие системной техноэкологии возможно лишь при междисциплинарном подходе к решению проблем эффективного управления техносферой и формировании у специалистов синкретического мышления, позволяющего преодолевать установки и стереотипы, мешающие принятию нетривиальных, но эффективных решений.

- ности и охраны труда // Экология урбанизированных территорий. 2014. № 2. С. 12–16.
11. Богдановский Г.А. Химическая экология. М.: Изд. МГУ, 1994. 238 с. 53.
12. Куклев А.Г. Физическая экология. М.: Издательство: Высшая школа, 2001. 377 с.
13. Белозерский Г.Н. Радиационная экология. — М.: Академия, 2008. — 384 с.
14. Реймерс Н.Ф. Экологизация. М.: Российский открытый университет, 1992. — 121 с.
15. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность). М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2013. — 682 с.
16. Белов С.В., Девисилов В.А., Козьяков А.Ф. Безопасность жизнедеятельности. М.: Высш. шк. : НМЦ СПО, 2000. — 342 с.
17. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Техногенез и деградация поверхностных водных объектов. М.: ООО ИД «ЭНЕРГИЯ», 2014. 456 с.
18. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Экологические основы формирования международного рынка ресурсов пресной воды // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия экология и безопасность жизнедеятельности. 2014. № 4. С. 92–105.
19. Заварзин Г.А. Эволюция прокариотной биосферы: Микробы в круговороте жизни: 120 лет спустя: Чтения им. С.Н. Виноградского. М.: МАКС Пресс, 2011. — 144 с.

20. Федоров М.П., Суздалева А.Л. Гидротехническое строительство как основа устойчивого развития // Гидротехническое строительство. 2014. № 11. С. 27–30.
21. Безносков В.Н., Родионов В.Б., Суздалева А.А., Колесникова Е.Л. Оценка состояния малых городских водных объектов и пути их инженерно-экологического обустройства // Безопасность энергетических сооружений. 2007. Вып. 16. С. 216–228.
22. Федоров М.П., Суздалева А.Л. Экологическая оптимизация гидроэнергетики как альтернативная стратегия охраны окружающей среды // Гидротехническое строительство. 2014. № 3. С. 10–15.
23. Березнер А.С. Территориальное перераспределение речного стока европейской части РСФСР. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 160 с.
24. Петраков И.А. Мировой опыт по развитию межбассейнового перераспределения водных ресурсов. Алматы. 2013 46 с. /eessa-water.net/content/view/5493/52/lang,ru/
25. Осипов В.И. Природные опасности и стратегические риски в мире и в России // Экология и жизнь. 2009. №11–12 (96–97). С.6–15.
26. Эльпинер Л.И. Сценарий возможного влияния изменения гидрологической обстановки на медико-экологическую ситуацию (к проблеме глобальных гидроклиматических изменений) // Водные ресурсы. 2003. Т. 30. № 4. С. 473–484.
27. Суздалева А.Л. Гидротехническое строительство при организации рынка ресурсов пресной воды // Гидротехническое строительство. 2015. № 9. С. 48–54.
28. Осипов В.И. Природные катастрофы в центре внимания ученых // Вестник РАН. 1995. Т.65. № 6. С. 483–495.
29. Данилов-Данильян В.И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России. М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. 88 с.
30. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Окна Овертона в развитии современной концепции биосферы и решении глобальных экологических проблем // Биосфера. 2015 т. 7. №4. С. 429–449.
31. Суздалева А.Л., Смирнова А.М. Роль природно-технических систем в создании управляемой биотехносферы // Естественные и технические науки. 2016. № 6. С. 98–100

REFERENCES

1. Reimers N.F. Nature: Dictionary-Directory. Moscow, Thought Publ., 1990, 637 p. (in Russian)
2. Danilov-Danilyan V.I., Arsky Y.M., Vyahirev R.I., Zalikhanov M.Ch., Kondrat'ev, Losev K.S. Ecological. Encyclopedic Dictionary. Moscow, Publishing House "noosphere". 2002, 930 p. (in Russian)
3. Trifonov K.I., Devisilov V.A. Physical and chemical processes in the Technosphere. Moscow, Forum, Infra-M Publ., 2010, 240 p. (in Russian)
4. Beznosov V.N. The impact of anthropogenic disturbances of hydrological structures on aquatic ecosystems and their possible impact on the biogeochemical carbon cycle. *Meteorology and Hydrology*. 1998, I. 12, pp. 98–102. (in Russian)
5. Filenko O.F., Mikheeva I.V. Fundamentals of aquatic toxicology. Moscow, Kolos Publ., 2007, 144 p. (in Russian)
6. Medvedev V.T., Novikov S.G., Karalyunets, Maslov T.N. Occupational health and industrial ecology. Moscow, Publishing Center "Academy", 2013, 416 p.
7. Medvedev V.T. Engineering ecology. Moscow, Gardariki Publ., 2002, 687 p. (in Russian)
8. Urazaev N.A. Under. Ed. Agricultural ecology. Moscow, Kolos Publ., 2000, 304 p. (in Russian)
9. FW Stolberg Ecology city (Urban ecology). Kiev, Libra Publ., 2000, 464 p. (in Russian)
10. Suzdaleva A.L. The modern character of the urbanization and the need for a comprehensive solution of problems of ecological safety, life safety and labor protection. *Ecology of the urbanized territories*. I.2, 2014, pp.12–16. (in Russian)
11. Bogdanovsky G.A. Chemical ecology. Moscow, Moscow State University Publ., 1994, p.53. (in Russian)
12. Kuklev A.G. Physical environment. Moscow, Higher School Publ., 2001, 377 p. (in Russian)
13. Belozersky, G.N. Radiation ecology. Moscow, Academy Publ., 2008, 384 p. (in Russian)
14. Reimers N.F. Greening. Moscow, Russian Open University Publ., 1992, 121 p. (in Russian)
15. Belov S.V. Life safety and environmental protection (Technosphere safety). Moscow, Izdatelstvo Yurayt Publ., 2013, 682 p. (in Russian)
16. Belov S.V., Devisilov V.A. Koziakov A.F. Health and Safety. Moscow, NMC ACT Publ., 2000, 342 p. (in Russian)
17. Suzdaleva A.L., Goryunova S.V. Technogenesis and degradation of surface water bodies. Moscow, Publishing House "ENERGY" LLC Publ., 2014, 456 p. (in Russian)
18. Suzdaleva A.L., Goryunova S.V. Ecological bases of formation of the international market of freshwater. Bulletin of Russian Peoples Friendship University. A series of ecology and life safety. 2014. I.4, pp.92–105. (in Russian)
19. Zavarzin G.A. The evolution of the prokaryotic biosphere: Microbes in the cycle of life: 120 years later. Moscow, MAKS Press Publ., 2011, 144 p. (in Russian)
20. 20. Fedorov M.P., A.L. Suzdaleva Waterside structures as a basis for sustainable development. *Hydraulic engineering*. 2014, I. 11, pp. 27–30. (in Russian)
21. Beznosov V.N., Rodionov V.B. Suzdaleva A.A., Kolesnikova E.L. Assessment of small urban water bodies and the ways of their engineering and environmental arrangement. Security of energy facilities. 2007, V. 16, pp.216–228. (in Russian)
22. Fedorov M.P., Suzdaleva A.L. Ecological optimization of hydropower as an alternative strategy for environmental

- protection. Hydraulic engineering. 2014, I.3, pp.10–15. (in Russian)
23. Berezner A.S. Spatial redistribution of river runoff of the European part of the RSFSR. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1985. 160 p. (in Russian)
24. Petrakov I.A. International experience on development of inter-basin water resources redistribution. Almaty. 2013, p. 46. Available at: /eicca-water.net>content/view/5493/52/lang.ru/ (in Russian)
25. Osipov V.I. Natural hazards and strategic risks in the world and in Russia. Ecology and Life. 2009. I. 11–12 (96–97), pp.6–15. (in Russian)
26. Elpiner L.I. Scenarios of possible impact of changes in the hydrological situation in the medical and environmental situation (to the problem of global hydro-changes). Water Resources. 2003, V. 30, I. 4., pp. 473–484. (in Russian)
27. Suzdaleva A.L. Waterside structures in the organization of the market freshwater. Hydraulic engineering. 2015, I. 9, pp. 48–54. (in Russian)
28. Osipov V.I. Natural disasters in the center of attention of scientists. Herald of the RAS, 1995, V.65. I. 6, pp.483–495. (in Russian)
29. Danilov-Danilyan V.I. Water resources of the world and the prospects of water management complex of Russia. Moscow, ООО "Printing LEVKO" Publ., 2009, 88 p.
30. Suzdaleva A.L., Goryunova S.V. Overton Window in the development of the modern concept of the biosphere and global environmental problems. Biosphere 2015, V.7, №4, pp. 429–449. (in Russian)
31. Suzdaleva A.L., Smirnova A.M. The role of natural and technical systems in creation of the managed biotechnosphere // Natural and technical sciences. 2016, №6, pp. 98–100. (in Russian)

System Technoecology and Managed Nature-Technical Systems

A.L. Suzdaleva, Doctor of Biological Sciences, Professor, National Research University "MPEI"

The result of the technogenic transformation of the environment is the formation of dynamic systems, denoted by the term «nature-technical systems». In the near future in these systems will exist not only people, but also most living organisms of the Earth. Therefore, the saving of favorable conditions in nature-technical systems becomes an increasingly actual task. The only possible way to solve this problem is to create special engineering systems – «ecological regulators». Ecological regulators at the regional level can serve as large hydroelectric power stations. They protect vast areas against abnormal droughts and floods. Ecological regulators of larger scale can be created during the installation of systems for interbasin freshwater resources transmission. The development of greenhouse effect causes a change in the rate of atmospheric fallout in different parts of the Earth. In some regions they decline catastrophically, somewhere else they increase abnormally. This causes bad harvests, hunger, the spread of epidemics and uncontrolled mass migrations. The disastrous droughts and floods also cause degradation of natural ecosystems. Managed nature-technical systems created on the base objects of interbasin water resources transmission at the same time will keep the geopolitical stability and conserve biodiversity in many regions. Successful implementation of these tasks, in practice, is impossible without the development of a reliable scientific-methodological basis, which includes a comprehensive study of the technical and environmental problems. This is the subject of study of the new scientific discipline – system technoecology.

Keywords: technogenesis, technosphere, ecological regulators, biodiversity conservation, sustainable development.

Земля быстрыми темпами теряет дикую природу

Ученые из Университета Квинсленда (Австралия) во главе с проф. Джеймсом Уотсоном, составив новые карты нетронутых человеком уголков дикой природы, которые не обновлялись Обществом сохранения диких животных (WCS) с середины 1990-х годов, пришли к угрожающему выводу, что за последние 25 лет наша планета потеряла 10% дикой природы и только 23% территории суши содержат небольшие клочки нетронутой человеком природы. «Зоны дикой природы» в терминологии WCS и группы Уотсона представляют собой крупные территории, на которых сохранились природные ланд-

шафты и экосистемы, не тронутые человеком и сохранившие свое био- и экоразнообразие. Отсутствие людей на них не обязательно, однако уровень их вмешательства в жизнь природы должно быть минимальным. В начале 1990-х годов примерно 33 % суши Земли были покрыты подобными зонами. За 25 лет было потеряно 3,3 млн км². Это очень высокие темпы, при сохранении которых быстро потеряются естественные природные экосистемы, что будет иметь катастрофические последствия.

Источник: РИА «Новости»