

УДК 504.54.062

**А.В. МИХЕЕВ**, д-р биол. наук, главный научный сотрудник отдела экологических основ технологий природопользования Института проблем природопользования и экологии НАН Украины, г. Днепрпетровск, Украина

## ФЕНОМЕН СЛОЖНОЙ ТЕХНОЭКОСИСТЕМЫ В СВЕТЕ КОНЦЕПЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Рассматривается роль биоразнообразия в структурной организации природных и трансформированных экосистем, а также в поддержании их функциональной устойчивости. Проанализированы тенденции и последствия влияния техногенных факторов на разнообразие биотических компонентов при формировании сложных техноэкосистем в условиях промышленных регионов. Обсуждается необходимость сохранения биоразнообразия как условия устойчивого функционирования сложных техноэкосистем. Решение этих проблем должно рассматриваться как приоритетная задача в разработке и реализации стратегий устойчивого развития.

**Ключевые слова:** биологические виды, угроза вымирания, структурно-функциональная организация экосистем, состав биосферы, экология, охрана природы.

*Единственное, что у нас останется  
в плане биологического разнообразия, –  
это "кока" против "пепси"*  
Чак Паланик

*Если мы хотим достичь какого-то  
согласия с Природой, то нам в большинстве  
случаев придется принимать ее условия*  
Роберт Риклефс

Проблема сохранения биоразнообразия была явственно осознана научной общественностью всего лишь несколько десятилетий назад, но уже сейчас вышла за рамки сугубо биологических исследований. С принятием в 1992 г. в Рио-де-Жанейро Конвенции о биологическом разнообразии необходимость сохранения живых компонентов экосистем Земли получила статус глобальной, межгосударственной задачи, решение которой требует объединения усилий всего Человечества.

Вместе с тем расширение понятия – как это часто и бывает – существенно снизило конкретность термина, с типичным для подобных ситуаций результатом – о биологическом разнообразии говорят все больше людей, но понимают, о чем на самом деле идет речь – все меньше.

Так какое же содержание несет в себе это понятие?

Как и для других "знаковых" терминов, счет определений "биоразнообразия" может

идти на десятки. В рамках указанной Конвенции оно трактуется как вариабельность живых организмов из всех источников (среди прочих – наземные, морские и иные водные экосистемы), а также и экологические комплексы, частью которых они являются [1]. Иными словами, в самом общем смысле оно представляет собой совокупности типов различий живых объектов любого пространства, которые выделяются на основе избранной меры [2].

Величинами какого порядка оценивается современный уровень вариабельности живых организмов в планетарном масштабе? Разумеется, этот вопрос давно интересовал биологов. С тех пор, как Карл Линней предложил первую таксономическую классификацию, которая охватывала несколько тысяч видов растений и животных, прошло 280 лет. Более поздние оценки количества видов животных, растений, грибов, бактерий и вирусов расходились в широчайшем диапазоне от 3 до 100 млн видов. По существующим на сегодня данным [3, 4], приблизительное количество обитающих на Земле клеточных организмов составляет 1,7 млн видов (таблица 1).

Впрочем, разнообразие жизни не сводится только к количеству видов. Измерения биоразнообразия также включают в себя разнообразие в рамках вида (возрастные, половые, морфофизиологические и прочие группы особей), популяции в целом, разнообразие между видами, а также разнообра-

зие сообществ и экосистем. Разные уровни соответствуют различным уровням организации биосферы, с учетом разномасштабных

пространственно-временных [2, 5–11].

координат

Таблица 1. Количественная характеристика современного биологического разнообразия (организмы с клеточным строением)

Систематические группы и подгруппы		Количество видов, тыс.	Суммарно, тыс. видов	
ЖИВОТНЫЕ	Позвоночные	Млекопитающие	5,5	63,9
		Птицы	10,1	
		Пресмыкающиеся	9,4	
		Земноводные	6,8	
		Рыбы	32,1	
	Беспозвоночные	Насекомые	1000	1305,2
		Паукообразные	102,2	
		Моллюски	85	
		Ракообразные	47	
		Коралловые полипы	2,2	
		Прочие животные	68,8	
	РАСТЕНИЯ	Цветковые растения	268	307,7
Голосеменные		1,1		
Сосудистые споровые		12		
Мохообразные		16,2		
Красные и Зелёные водоросли		10,4		
Цветковые растения		268		
Голосеменные		1,1		
ГРИБЫ И ПРОТИСТЫ	Лишайники	17	51,6	
	Грибы	31,5		
	Бурые водоросли	3,1		
АРХЕИ И БАКТЕРИИ		10,9	10,9	
ИТОГО:			1739,3	

В самом общем виде (который может быть детализирован и дополнен) структура биологического разнообразия в направлении от организма до биосферы может быть рассмотрена как в систематической, так и в экологической плоскости (рисунок 1). Хотя отправной точкой здесь является организменный уровень, необходимо подчеркнуть, что такие уровни организации живого, как уровень органов и тканей, клеточный и молекулярный также могут определять разнообразие живых существ.

Также разработана трехуровневая метрика характеризующая зависимости биоразнообразия от факторов окружающей среды [12]:

– альфа-разнообразие – разнообразие внутри местообитания;

- бета-разнообразие – разнообразие между местообитаниями, с отражением изменений вдоль градиентов среды;
- гамма-разнообразие – разнообразие на территориальном уровне, соизмеримом с ландшафтом (объединяет альфа и бета-разнообразие).

В свете концепции биоразнообразия также рассматриваются генетическое разнообразие, разнообразие рационов питания, характер пространственного распределения и многие другие биоэкологические аспекты [2, 13–21 и др.].

Так для чего же Природа "придумала" такой многообразный феномен?

Суть в том, что при всей своей многомерности – количественной и качественной – биоразнообразие не является лишь структурным явлением, так как в организации

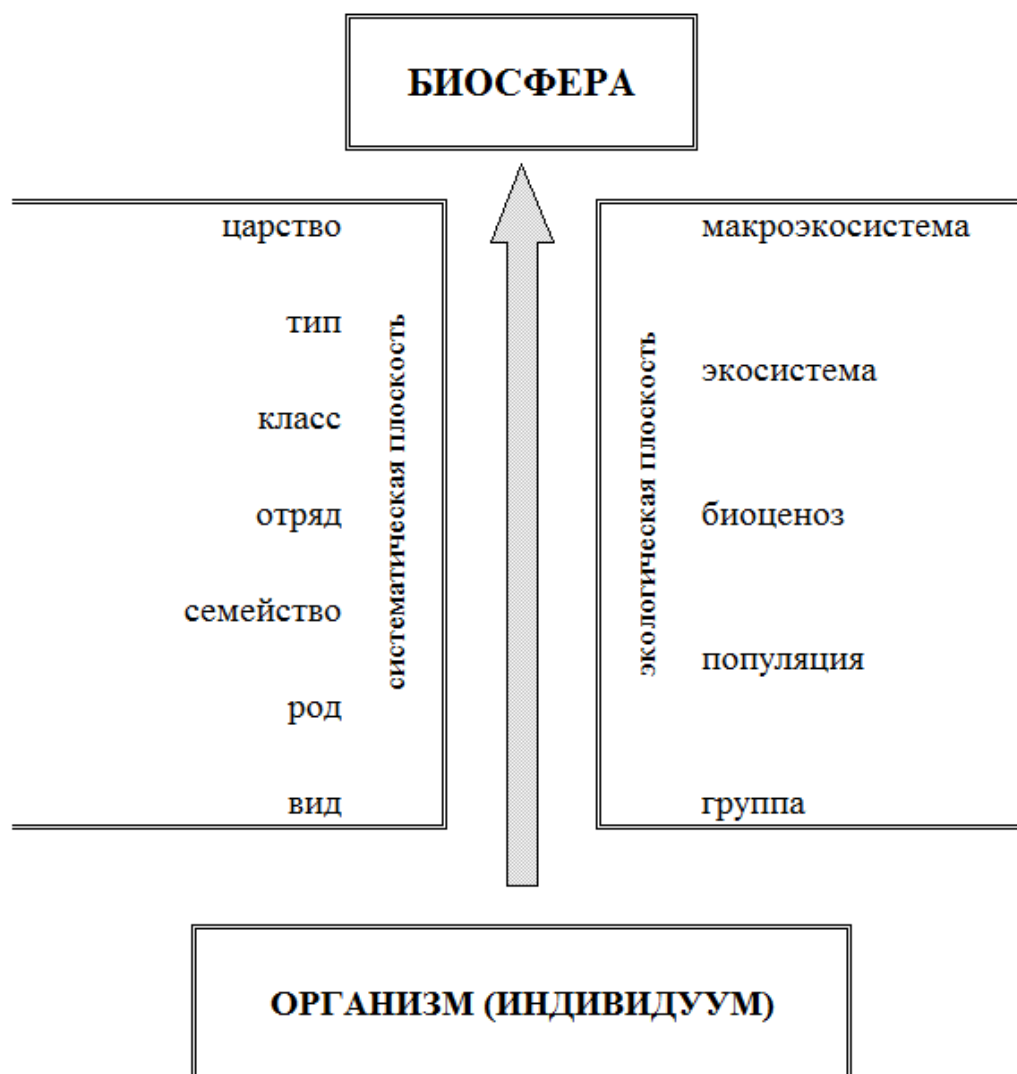


Рисунок 1 – Общая схема уровней биологического разнообразия

экосистем играет, прежде всего, важнейшую функциональную роль [2, 5, 12, 14, 22–25].

Как указывает гипотеза "устойчивости через разнообразие" А.А. Богданова, повышение разнообразия структурных элементов ведет к увеличению устойчивости системы за счет дополнительных функциональных связей, повышения компенсаторных возможностей системы. Таким образом, комплекс, охватывающий более значительную сумму элементов, тем самым характеризуется как и более устойчивый по отношению к среде, т. е. как обладающий большей суммой активностей – сопротивлений этой среде [26]. Механизм поддержания функциональной устойчивости экосистем заключается в перераспределении структурного разнообразия биотических сообществ в зависимо-

сти от соотношения экологической емкости и структуры ниш [2].

Создание первичной и вторичной органической продукции на нашей планете – вот еще один результат деятельности "живого вещества", имеющий жизненно важное, в прямом смысле слова, значение для Человечества.

Мы практически и не задумываемся о том, что залежи угля, месторождения нефти и даже атмосфера в нынешнем ее химическом составе также созданы живыми существами за многие миллионы лет развития биосферы.

Глобальной по своей значимости функцией биоразнообразия является поддержание биогеохимических циклов на Земле. Как отмечал В.И. Вернадский, среди миллионов видов нет ни одного, который мог бы ис-

полнять один все геохимические функции жизни, существующие в биосфере. Следовательно, изначально морфологический состав живой природы в биосфере должен был быть сложным. Жизнь как круговорот веществ в природе может эффективно осуществляться лишь в сообществах, объединяющих качественно различные организмы; внутренние противоречия, возникающие в таких сообществах, и служат двигательной силой эволюции [26].

Оценивая параметрическое многообразие биотических объектов Земли правомочно сформулировать, что по сути биоразнообразие – это и есть сама Живая Природа во всех ее проявлениях, причем как доступных нашему мироощущению, так и еще не изученных. Таким образом, понятие "биологическое разнообразие" можно рассматривать даже шире понятия "Природа" в его общечеловеческом значении – как созерцаемой (т. е. видимой) картины окружающего мира.

При всей своей многогранности биоразнообразие может рассматриваться как целостный предмет исследований, на характеристику различных аспектов которого приходится значительный объем современных научных публикаций. Но – правомочно ли рассматривать этот предмет самостоятельно и обособленно, как "вещь в себе"?

Биоразнообразие представляет собой саморегулирующуюся кибернетическую систему планетарного масштаба – как по пространственной протяженности, так и по времени существования. Однако страницы ее эволюционной истории на протяжении последних 100–150 лет пишутся совсем в ином стиле, отражая возрастающие потребительские интересы, удовлетворяемые за счет все более изощренных технических средств воздействия на природу, созданных человеком.

Рассматривая столкновение двух сил – биоразнообразия и техногенеза – в плане двустороннего взаимодействия, справедливости ради необходимо указать на ситуации, когда компоненты биоразнообразия (особенно на фоне сложных экологических условий) могут не просто мешать хозяйственной деятельности человека, но и значительно затруднять его жизнь как таковую. Нелишне вспомнить, что на заре своего существования человек оказался перед лицом многих неблагоприятных природных факторов и был вынужден просто-напросто бо-

роться за выживание. Невзирая на мощь технологий XXI века, человечество по-прежнему остается достаточно уязвимым перед многочисленными паразитами и патогенами, а также вредителями сельского и лесного хозяйства. Жизнедеятельность многих представителей флоры и фауны обеспечивает нам целый "букет" негативных эффектов в виде характерных биологических повреждений – зданий, сооружений, коммуникаций, предметов обихода [27, 28].

Однако основная канва взаимодействий Человека и Природы идет в направлении, приносящем значительно более пагубные последствия именно для окружающего нас мира живых существ.

За счет наращивания своей технической мощи (что неизбежно отражается изменениями природной среды и потерей биоразнообразия) человечество достигло многого и это вводит в заблуждение относительно того, что такой процесс может длиться бесконечно. Вместе с тем анализ ситуации не с обывательских, а с научных позиций наглядно демонстрирует, что природные сообщества все более заменяются специфическими комплексными формациями – техноэкосистемами, имеющими характерную структурно-функциональную организацию и способы регуляции, отличные от природных. Незатронутые, либо слабо затронутые природные системы остаются, как правило, во фрагментированном состоянии, что в значительной степени меняет естественный "образ жизни" компонентов биоразнообразия [29–33].

Система "биоценоз + техносфера + социосфера" выходит на иной уровень эмерджентности. Сложность и неоднородность таких техноэкосистем во многом определяется тем, какие уровни биоразнообразия в данных ландшафтно-географических условиях они охватывают – и в какой мере, и по каким направлениям происходит влияние на эти природные компоненты. Внешнее техногенное влияние обуславливает возрастание энтропии системы, что термодинамически компенсируется ее оттоком в окружающую среду. Результатирующими последствиями является ослабление (либо выпадение) отдельных биотических компонентов, разбалансировка природных механизмов гомеостаза, деградация природы, нарушение устойчивости развития.

У всех на слуху фраза из классики: "Природа – не храм, а мастерская и человек в ней работник" (хотя сегодня далеко уже не все могут вспомнить, что это высказывание принадлежит персонажу И.С. Тургенева). Дополняемая еще одним, более поздним и не менее категоричным лозунгом "от Мичурина" – "Мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее – наша задача" она во времена оные служила руководством к действию в выстраивании отношений с Природой. Энтузиазм "работников мастерской" (либо незнание элементарных экологических законов, а то и просто отсутствие здравого смысла) позволял рассматривать поворот северных рек вспять лишь как одну из вех в череде грандиозных планов преобразования природы...

Впрочем, затронутая тема идеологических предпосылок "завоевания и покорения" природы выходит за рамки статьи и заслуживает особого рассмотрения, а вот к тезису про "мастерскую" в данном контексте хотелось бы вернуться еще раз.

В том-то и дело, что Природа – это именно мастерская, в стенах которой за многие миллионы лет проб и ошибок была создана уникальная коллекция образов и форм, открытий и решений. За этим в очередной раз видится мудрость и целесообразность Природы, за счет которых на Земле сформировалась "вселенная" биологического разнообразия, наводнившая живыми формами практически все уголки планеты. В процессе чего, в свою очередь, появился *Homo sapiens*.

В силу многих причин современная ситуация характеризуется как практически повсеместное столкновение замыслов Природы с изобретениями Человечества.

В результате – по самым скромным оценкам – темпы обеднения биологического разнообразия Земли составляют около 1000 видов в год. То есть примерно 3 вида в день. Как говорится в докладе Всемирного фонда дикой природы (WWF), численность диких животных за последние 40 лет сократилась на 52 % (исследование проводилось совместно с фондом Global Footprint Network и Зоологическим обществом Лондона на основании оценок численности 3,43 тыс. видов за период с 1970 по 2010 г.) [34].

Считается, что современное биоразнообразие составляет порядка 2–4 % от количе-

ства существовавших когда-либо живых организмов. Остальные вымерли естественным путем на разных этапах эволюции биосферы – вследствие изменения климата, не выдержав конкуренции, либо из-за действия других природных факторов. Теперь, став сильнейшим видом-преобразователем, человек грубо вмешался в этот естественный процесс и придал ему невиданное ускорение на пути к глобальному экологическому кризису.

Здесь необходимо рассмотреть еще одну сторону проблемы, которая упоминается достаточно редко.

Человек создал не только изощренные орудия эксплуатации природных ресурсов, но и мощные исследовательские средства, позволяющие ему проникать в тайны окружающего нас мира не только в пределах нашей планеты (где он заглянул практически в каждый уголок), но и даже все более удаляясь от нее в глубины Вселенной. Достаточно парадоксально при всем этом – но мы вынуждены это признавать – что человек весьма далек от точных знаний о том, сколько живых "соседей" обитают рядом с ним на планете, а иногда и просто "под носом". Приведенная выше оценка биоразнообразия в 1,7 млн видов характеризует лишь открытые, описанные и систематизированные живые организмы. По имеющимся прогнозам [3], на самом деле на суше и в Мировом океане Земли обитает  $8,7 \pm 1,3$  млн видов! (здесь следует уточнить, что авторы исходили из числа открытых донныне видов в 1,2 млн).

Таким образом, в дополнение к существующим классификациям в одних с нами измерениях пространства и времени обитают еще 7–8 млн видов живых существ, о которых мы до сих пор ничего не знаем. Предполагается, что в большинстве случаев речь идет о мелких (и тем более мельчайших) организмах, однако есть и другие факты.

В 1958 г. в северной части Тихого океана открыт неизвестный ранее вид китов – японский ремнезуб (длина тела 5–6 м). Хочется особо подчеркнуть временную отметку совсем не линнеевской эпохи – 1958 год. На Земле открыты и заселены все континенты, отгремела Вторая мировая война с применением атомного оружия... через 2 года человек совершит погружение в Марианскую впадину, а еще через год – полетит в космос.

А мы только открываем новый вид кита! И то, кстати, случайно: мертвое животное было выброшено на островную отмель.

И это еще не все. В 1970 г. японские ученые описали еще один предположительно (для окончательного заключения недоставало данных) новый вид китов-полосатиков (длиной до 9 м). Только за последний год открыты сотни новых видов беспозвоночных, несколько видов рыб, пресмыкающихся и млекопитающих, в том числе бутылконосый речной дельфин в реках Бразилии и летучая мышь в Южном Судане.

Эта "нераскрытость" биоразнообразия заслуживает отдельного обсуждения.

Деятельность человека вызывает исчезновение с лица Земли живых организмов в то время, как мы еще не всех их вообще обнаружили. Очевидно, что неизвестные нам виды также могут вымирать – так и оставшись неизвестными. Необходимо принимать во внимание, что кроме прямого использования растительных и животных ресурсов в качестве пищи, сырья и проч. человек всегда стремился учиться у Природы, подсматривая в ее "мастерской" интересные идеи и заимствуя их для своих потребностей. В этом русле сформировалось целое научное направление – бионика, плоды которой мы видим в ажурных конструкциях телевышек, в узорах камуфляжа, в средствах эхолокации.

Так сколько мы уже потеряли из задумок Природы с потерей неизвестных нам видов? Уже потеряли, утрачиваем сейчас и можем еще лишиться в будущем. Может быть, это "секреты" животных, которые по неизвестным нам причинам практически не страдают онкологическими заболеваниями, либо растения, способные подарить нам революционные по своему воздействию лекарственные препараты?

Как отмечалось выше, биоразнообразие правомочно рассматривать шире Природы в том смысле, что даже неизвестные исследователям живые элементы выполняют свою важнейшую функциональную роль. Ведь, разумеется, известность человеку – это не критерий права на существование. Исчезновение неизвестных нам компонентов биоразнообразия опасно еще и тем, что вместе с ними мы можем неожиданно потерять ключевые элементы природных систем, что зна-

чительно (и непредвиденно быстро) подорвет запас их прочности.

До какого предела простирается этот запас? Иными словами – сколько еще биоразнообразия мы можем "позволить" себе потерять?

Общий ответ вытекает из принципа минимального разнообразия, который гласит, что любая многокомпонентная биологическая система разного уровня интеграции может существовать при условии определенного (минимального) разнообразия своих компонент. Ниже минимального уровня находится критический уровень, достижение которого ведет к разрушению биосистемы [2].

Но вот когда именно минимальное разнообразие отдельных регионов, либо биосферы Земли в целом снизится до критического – предсказать не сможет никто.

Действительно, подобный прогноз обосновать очень трудно: из-за множественности и динамичности влияющих факторов ситуация постоянно меняется. Необходимо принять во внимание, что в плане влияния на компоненты биоразнообразия нам до сих пор точно неизвестны позитивные и негативные стороны различных видов хозяйственной деятельности человека, а также последствия (в том числе и отдаленные) внедрения передовых технологий, синтеза новых химических продуктов и проч. Сложно предсказуемую потенциальную угрозу для разнообразия компонентов биосферы создает широкое внедрение в сельскохозяйственную практику различного рода биостимуляторов, а также генномодифицированных организмов. Именно поэтому проблема сохранения биосферы Земли обостряется не только за счет потери описанных видов, но и за счет утраты неизвестных живых организмов, т. е. потенциального биоразнообразия, масштабы которого, как подводная часть айсберга, могут быть не только значительны, но и непредсказуемы.

Анализируя феномен сложной техноэко-системы, следует подчеркнуть следующее. Необходимость оптимизации техноэко-систем в направлении стабилизации их существования и функционирования – такая же часть данного феномена, причем часть проблемная и требующая скорейшего разрешения ситуации: очевидно, что нельзя просто так заменить природную среду на

совокупность трансформированных экосистем – и не видеть в этом последствий, угрожающих человечеству и биосфере. Либо мы контролируем ситуацию, либо она навязывает нам неконтролируемое нами будущее.

Для разрешения указанной проблемы необходимо четкое и однозначное понимание того, что поиски путей достижения сбалансированного функционирования техноэкосистем лежат в одной плоскости с проблемами сохранения и поддержания биоразнообразия. Это становится очевидным исходя из понимания структурно-функциональной роли биоразнообразия в существовании и развитии природных систем суши и Мирового океана. Именно биологическому разнообразию принадлежит ведущая роль в снижении высокого уровня энтропийности техноэкосистем, прежде всего – через повышение устойчивости экологических систем (в том числе и трансформированных) и сохранение их функциональности и продуктивности.

При этом биоразнообразии (даже с учетом пока неизвестных нам форм живых организмов) не должно рассматриваться как безразмерное "имя нарицательное", что определяет необходимость учета и охраны буквально каждого вида (как уникального результата эволюции). В биоразнообразии нет лишних компонентов, но очень могут быть недостающие.

Если мы говорим о том, что экологическая составляющая должна быть приоритетной в стратегии устойчивого развития, то за этим нужно подразумевать прежде всего сохранение биоразнообразия. Как отмечают Н.С. Абросов и А.Г. Боголюбов [14], задачей экологии является объяснение наблюдаемого видового разнообразия экосистем, что, в свою очередь, является основой для выработки стратегий регулирования состава сообществ в природных и искусственных экосистемах.

Таким образом, сбалансированность техноэкосистем возможна лишь в рамках сохранения полноценного биоразнообразия; с другой стороны, именно сохранение такого разнообразия и будет являться критерием оценки наших усилий по достижению сбалансированного функционирования сложных техноэкосистем и целенаправленному

формированию вторичных экосистем на техногенно преобразованных территориях.

К достижению указанной цели ведут многие пути, намеченные исследованиями сложных техноэкосистем. В числе наиболее приоритетных следует отметить, прежде всего, прямые усилия по сохранению биоразнообразия в условиях *in-situ* (предусматривается сохранение экосистем и естественных мест обитания, а также поддержание и восстановление жизнеспособных популяций видов в их естественной среде) и *ex-situ* (сохранение компонентов биоразнообразия вне их естественных мест обитания (коллекции, питомники, ботанические сады, зоопарки и т. д.)).

Важнейшую роль в охране компонентов живых систем продолжает играть создание объектов природно-заповедного фонда и формирование экосетей различного уровня. Целесообразным и перспективным в данном случае представляется использование не только различных зеленых зон, рекреационных насаждений и прочих культурбиогенезов, но также нарушенных и рекультивируемых земель с включением их в структуру экологических сетей. Значительный научный и практический интерес в этой области имеют многолетние разработки Института проблем природопользования и экологии НАН Украины (г. Днепропетровск) [35–40 и др.].

Подводя итог, хочется отметить, что движущий импульс сохранения биоразнообразия, как ни парадоксально, неотъемлемой составной частью заложен в структуру любой техноэкосистемы: это социосфера. Однако реализация этого импульса требует выполнения одного важного условия. Представители этой социосферы должны выступать не как жадные потребители, а как разумное начало, иницирующее бережное отношение к окружающему живому миру. Нельзя забывать, что Человек сам есть творение Природы – и вряд ли при этом в ее "мастерской" был заложен замысел отсроченного саморазрушения. В связи с этим одну из ключевых идей "глубинной экологии" Арне Нэйса о том, что у людей отсутствует право уменьшать богатство и разнообразие жизни сверх своих потребностей, хотелось бы дополнить предельно конкретной формулировкой: сама возможность дальнейшего

существования и развития человечества напрямую зависит от состояния биологического разнообразия на нашей планете.

Когда осознание этого факта станет достоянием не только ученых, но и всех граждан своей страны – пожалуй, это и будет наш первый шаг к ноосфере, в которой

основной силой станет разумная деятельность общества, создающая гармонию совместного функционирования цивилизации и природы. Этот и последующие шаги будут трудными, их нужно будет много пройти, но мы должны их делать.

### Перечень ссылок

1. Конвенция о биологическом разнообразии, 1992. Режим доступа к сайту: [http://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/biodiv.shtml](http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml)
2. Емельянов И.Г. Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем / И.Г. Емельянов. – Киев, 1999. – 168 с.
3. Mora C. How many species are there on Earth and in the Ocean? / C. Mora, D.P. Tittensor, S. Adl, A.G.B. Simpson, B. Worm // PLoS Biology. – 2011. – Vol. 9, № 8. – P. 1–8.
4. IUCN Red List version 2011.2: Table 1: Numbers of threatened species by major groups of organisms (1996–2011) // IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. – 2012. Режим доступа к сайту: ([http://www.iucnredlist.org/documents/summarystatistics/2011\\_2\\_RL\\_Stats\\_Table1.pdf](http://www.iucnredlist.org/documents/summarystatistics/2011_2_RL_Stats_Table1.pdf))
5. Шилов И.А. Биосфера, уровни организации жизни и проблемы экологии / И.А. Шилов // Экология. – 1981. – № 1. – С. 5–11.
6. Мэргаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэргаран. – М.: Мир, 1992. – 184 с.
7. Barbault R. Biodiversity dynamics: from population and community ecology approaches to a landscape ecology point of view / R. Barbault // Landscape and Urban Planning. – 1995. – Vol. 31. – P. 89–98.
8. Букварева Е.Н. Схема усложнения биологической иерархии в случайной среде / Е.Н. Букварева, Г.М. Алещенко // Успехи современной биологии. – 1997. – Т. 117, № 1. – С. 18–32.
9. Скворцов А.К. Расширение многообразия как фундаментальное свойство жизни и как мерило эволюционного прогресса / А.К. Скворцов // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 2001. – Т. 106. – Вып. 1. – С. 4–7.
10. Adler P.B. The power of time: spatiotemporal scaling of species diversity / P.B. Adler, W.K. Lauenroth // Ecology Letters. - 2003. - Vol. 6, № 8. - P. 749–756.
11. Седельников В.П. Пространственно-временная структура и иерархия биоразнообразия: опыт формализации понятийно-терминологического аппарата / В.П. Седельников, М.Г. Сергеев // Сибирский экологический журнал. – 2004. – Т. 11, № 5. – С. 589–598.
12. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М.: Прогресс, 1980. – 328 с.
13. Черепанов О.А. Трофическая адаптация хищников в видовом разнообразии сообществ / О.А. Черепанов, Б.Г. Ковров // Журнал общей биологии. – 1980. – Т. 41, № 5. – С. 786–792.
14. Абросов Н.С. Экологические и генетические закономерности сосуществования и коэволюции видов / Н.С. Абросов, А.Г. Боголюбов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – 333 с.
15. Михеев А.В. Биотопическое распределение и ширина пространственной ниши мелких млекопитающих в пойменных биогеоценозах Самарского леса / А.В. Михеев // Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель. – 2001. – Вип 5. – С. 94–99.
16. Михеев А.В. Сезонные аспекты питания куниц рода *Martes* (Mustelidae) в лесных экосистемах степной зоны Украины / А.В. Михеев // Вестник зоологии. – 2007. – Т. 41, № 5. – С. 449–456.
17. Михеев А.В. Опосредованные информационные процессы млекопитающих в лесных биогеоценозах юго-востока Украины: Автореф. дис... д-ра биол. наук / А.В. Михеев. – Д.: ДНУ им. Олеса Гончара, 2010. – 42 с.



18. Михеев А.В. Закономерности биогеоценотического распределения экскреторных меток горностая (*Mustela erminea*) в экстразональных лесных экосистемах / А.В. Михеев // Зоологический журнал. – 2014. – Т. 93, № 8. – С. 1020–1025.
19. Clavero M. Trophic diversity of the otter (*Lutra lutra* L.) in temperate and Mediterranean freshwater habitats / M. Clavero, J. Prenda, M. Delibes // Journal of Biogeography. – 2003. – Vol. 30. – P. 761–769.
20. Царик Й. Деякі аспекти вивчення внутрішньопопуляційного різноманіття / Й. Царик // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2004. – Вип. 37. – С. 176–184.
21. Berthinussen A. The effect of a major road on bat activity and diversity / A. Berthinussen, J. Altringham // Journal of Applied Ecology. – 2012. – Vol. 49, № 1. – P. 82–89.
22. Loreau M. Biodiversity and ecosystem functioning. Synthesis and Perspectives / M. Loreau, S. Naeem, P. Inchausti. – Oxford: University Press, 2002. – 294 p.
23. Balvanera P. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services / P. Balvanera, A.V. Pfisterer, N. Buchmann [et al.] // Ecology Letters. – 2006. – Vol. 9, № 10. – P. 1146–1156.
24. Кряжимский Ф.В. Функционально-экологическая роль биологического разнообразия в популяциях и сообществах / Ф.В. Кряжимский, В.Н. Большаков // Экология. – 2008. – № 6. – С. 403–410.
25. Bezabih M. Environmental change and the contribution of biodiversity to ecosystem adaptation / M. Bezabih, T. Gebäck // Natural Resource Modelling. – 2010. – Vol. 23, № 2. – P. 253–284.
26. Краснощеков Г.П. Экология "в законе" (теоретические конструкции современной экологии в цитатах и афоризмах) / Г.П. Краснощеков, Г.С. Розенберг. – Тольятти, 2001. – 248 с.
27. Биоповреждения / Ред. В.Д. Ильичев. – М.: Высшая школа, 1987. – 352 с.
28. Соколов В.Е. Млекопитающие и птицы, повреждающие технику и сооружения / В.Е. Соколов, В.Д. Ильичев, И.А. Емельянова. – М.: Наука, 1990. – 237 с.
29. Fleishman E. Measuring the response of animals to contemporary drivers of fragmentation / E. Fleishman, R. MacNally // Can. J. Zool. – 2007. – Vol. 85, № 10. – P. 1080–1090.
30. Pereboom V. Movement patterns, habitat selection, and corridor use of a typical woodland-dweller species, the European pine marten (*Martes martes*), in fragmented landscape / V. Pereboom, M. Mergey, N. Villerette [et al.] // Can. J. Zool. – 2008. – Vol. 86, № 9. – P. 983–991.
31. Alados C.L. Dispersal abilities and spatial patterns in fragmented landscapes / C.L. Alados, T. Navarro, B. Komac [et al.] // Biological Journal of the Linnean Society. – 2010. – Vol. 100, № 4. – P. 935–947.
32. Felinks B. Effects of species turnover on reserve site selection in a fragmented landscape / B. Felinks, R. Pardini, M. Dixo [et al.] // Biodiversity and Conservation. – 2011. – Vol. 20, № 5. – P. 1057–1072.
33. Hagen M. Biodiversity, Species Interactions and Ecological Networks in a Fragmented World. Global Change in Multispecies Systems (Part 1) / M. Hagen, W.D. Kissling, C. Rasmussen [et al.] // Advances in Ecological Research. – 2012. – Vol. 46. – P. 89–210.
34. WWF: диких животных на Земле за последние 40 лет стало вдвое меньше. Режим доступа к сайту: (<http://ria.ru/world/20140930/1026174819.html>)
35. Булахов В.Л. Організація заповідних територій у вторинних екосистемах – шлях до відновлення екологічно стійкого розвитку / В.Л. Булахов, В.Н. Романенко, В.В. Тарасов // Екологія і природокористування: збірник наукових праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. – 2000. – Вип. 2. – С. 161–170.
36. Шапарь А.Г. Роль функциональных групп животных в становлении вторичных экосистем на территории ландшафтного заказника "Визирка" (отработанные земли ОАО "Ингулецкий ГОК") / А.Г. Шапарь, В.Л. Булахов, В.Н. Романенко [и др.] // Екологія і природокористування: збірник наукових праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. – 2006. – Вип. 9. – С. 140–146.
37. Науково-методичні рекомендації щодо поліпшення стану земель, порушених гірничими роботами / За редакцією А.Г. Шапара. – Д.: Моноліт, 2007. – 270 с.
38. Шапарь А.Г. Ноосферні міркування щодо деяких шляхів відтворення біорізноманіття / А.Г. Шапарь // Екологія і природокористування: збірник наукових праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. – 2008. – Вип. 11. – С. 6–10.

39.Скрипник О.О. Формування міжрегіональної системи екокоридорів Дніпропетровської та Донецької областей з використанням техногенних відновлювальних елементів / О.О. Скрипник, С.М. Сметана, І.М. Кузик // Екологія і природокористування: збірник наукових праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. – 2011. – Вип. 14. – С. 102–113.

40.Шапар А.Г. Розвиток територіальних систем збереження біорізноманіття – природно-заповідного фонду та екологічної мережі / А.Г. Шапар, О.О. Скрипник, С.М. Сметана, А.М. Шпилька // Екологія і природокористування: збірник наукових праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. – 2012. – Вип. 15. – С. 55–67.

*Стаття надійшла до редколегії 16.09.2015 р. російською мовою  
Стаття рекомендована членом редколегії чл.-кор. НАН України А.Г. Шапарем*

**О.В. МІХЄЄВ**

*Інститут проблем природокористування та екології НАН України,  
м. Дніпропетровськ, Україна*

### **ФЕНОМЕН СКЛАДНОЇ ТЕХНОЕКОСИСТЕМИ У СВІТЛІ КОНЦЕПЦІЇ БІОЛОГІЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ**

Розглядається роль біорізноманіття в структурній організації природних і трансформованих екосистем, а також у підтримці їх функціональної стійкості. Проаналізовано тенденції та наслідки впливу техногенних факторів на різноманітність біотичних компонентів при формуванні складних техноекосистем в умовах промислових регіонів. Обговорюється необхідність збереження біорізноманіття як умови сталого функціонування складних техноекосистем. Вирішення цих проблем повинно розглядатися як пріоритетне завдання у розробці та реалізації стратегій сталого розвитку.

*Ключові слова:* біологічні види, загроза вимирання, структурно-функціональна організація екосистем, склад біосфери, екологія, охорона природи.

**A.V. MIKHEYEV**

*Institute for Nature Management Problems and Ecology of National Academy of Sciences of Ukraine,  
Dnipropetrovsk, Ukraine*

### **PHENOMENON OF COMPLEX TECHNOECOSYSTEM IN THE LIGHT OF THE BIOLOGICAL DIVERSITY CONCEPT**

The role of biodiversity in the structural organization of natural and transformed ecosystems as well as maintaining their functional stability was considered. The trends and consequences of the impact of anthropogenic factors on the diversity of biotic components in the formation of complex technoecosystems in industrial regions were analyzed. We discussed the need to preserve biodiversity as a condition for the sustainable functioning of complex technoecosystems. Solving these problems should be considered as a priority in the development and implementation of sustainable development strategies.

*Keywords:* species, threat of extinction, structural and functional organization of ecosystems, composition of the biosphere, ecology, nature protection.