

УДК 621.001.25

Шемавнёв В.И., Дырда В.И.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ (ЭКОТЕХНОПОЛИСОВ)

Проблеми стійкого розвитку великих промислових регіонів розглядаються в контексті безпечного функціонування.

SOME PROBLEMS OF STEADY DEVELOPMENT OF LARGE INDUSTRIAL REGIONS (ECOTHECNOPOLICIES)

The problems of steady development of the large industrial regions are considered in a context of safe functioning.

1 Введение

Человечество перешагнуло порог третьего тысячелетия и стало свидетелем не только потрясающих достижений науки и техники, не только рождения нового мировоззрения, но и все обостряющегося противоречия между биосферой и техносферой. Равновесие, которое было достигнуто в процессе биологической эволюции на протяжении многих миллионов лет, нарушено, и биосфера уже не в состоянии компенсировать нарушения, вызванные антропогенным давлением.

О таком феномене жизни на земле предупреждали Ж.Б. Ламарк, Тейяр де Шарден, позже В.И. Вернадский и многие другие ученые. Однако серьезно к этому вопросу подошли вплотную лишь в конце прошлого века.

Человечество осознало, что устранить сложившиеся противоречия возможно лишь в рамках стабильного социально экономического развития, находящегося в гармонии с окружающей средой. Качество жизни человечества должно обеспечиваться в тех пределах, которые не приводят к разрушению естественно-биологического механизма регуляции окружающей среды и гарантируют ее сохранность для нормального существования будущих поколений. Экологическая парадигма становится доминирующей и может существенно изменить нравственно-этическую парадигму человечества в целом.

Именно такая идеология и получила название устойчивого развития. Этому вопросу посвящены многие Международные конференции, публикуются сотни журналов и книг, созданы неправительственные организации. Рассматриваются в основном проблемы экологии, защиты растительного и животного мира от пагубного влияния человека; многие вопросы подаются в религиозно-философском контексте [1-38].

По вопросам же устойчивого развития сложных систем типа крупных промышленных регионов (экотехнополисов) литература практически отсутствует. Имеются довольно обширные публикации по надежности и охране труда, но они совершенно не затрагивают проблемы окружающей среды, человека и устойчивого развития в целом. Вместе с тем для Украины эта проблема явля-

ется весьма актуальной, т.к. именно на долю крупных промышленных регионов, таких как, Приднепровский, Харьковский, Донецкий и др. приходится не только значительная часть техногенной инфраструктуры и высококачественных сельскохозяйственных угодий, но и соответственно существенная часть аварий и катастроф.

В настоящей работе рассматриваются некоторые важные проблемы устойчивого развития крупных промышленных регионов, включающих в себя сеть городов с их развитой технической инфраструктурой и большие экосистемы, постоянно находящиеся в зоне экологического и техногенного риска. В силу сложившихся обстоятельств именно сочетание мощной индустриальной базы и высококачественных земель, пригодных для ведения интенсивного сельского хозяйства, создало предпосылки для возникновения таких регионов.

Одним из них является Приднепровский регион (в основном Днепропетровская область), эколого-биологическая характеристика которого приведена ниже. Именно в этом регионе сеть крупных городов (Днепропетровск, Днепродзержинск, Кривой Рог, Никополь, Марганец, Павлоград и многие другие) разделены большими экосистемами и в некоторой степени объединены бассейном реки Днепр. При этом наблюдается тенденция к расширению отдельных городов вплоть до их слияния; так, например, между Днепропетровском и Днепродзержинском границы практически не существует.

С точки зрения теории систем Приднепровский регион можно рассматривать как своего рода экотехнополис (ЭТП), т.е. как новое структурное образование со сложной иерархией. Наличие в таком ЭТП интенсивно развивающейся техносферы и все увеличивающейся концентрации населения, наличие крупных городов, различного рода экосистем, водных артерий транспортных коммуникаций, нефтегазопроводов, энергетических объектов и т.д. порождает особые условия их взаимодействия и, следовательно, существования. Влияние антропогенных, техногенных и экологических факторов риска, наличие больших денежных потоков, специфические проблемы больших городов и другие факторы инициируют механизм самоорганизации, в результате чего осуществляется переход региона с одного квазиустойчивого положения в другое, соответствующее минимуму порождения энтропии.

Проблемы устойчивого развития таких экотехнополисов являются частью общей проблемы устойчивого развития государства в целом; ЭТП не отделены от государства, но при этом обладают рядом отличительных особенностей, которые для других регионов не являются доминирующими. Здесь и проблемы сложной городской инфраструктуры, и проблемы развитой техносферы в сочетании с научными учреждениями и, что наиболее важно, проблемы социальной и экологической направленности. Если вопросы экологии становятся актуальными для социума в целом, то для экотехнополисов они приобретают особое значение.

Некоторые важные вопросы этой сложной проблемы будут рассмотрены ниже. Тезис, который авторы выдвигают, отстаивают и обосновывают в этой статье, может быть кратко сформулирован так: экологический императив мо-

жет отменить императив нравственный и политический. Экологический императив формирует понимание социума, в данном случае рассматриваемого объекта — экотехнополиса, не как искусственный конгломерат биологических, социальных и технократических составляющих, а как целостное образование; экотехнополис не просто место обитания человека, а часть окружающей природы. Поэтому экологический императив требует исследования не только мира людей, проживающих на ограниченной территории, но и окружающей среды; социальные и моральные принципы должны быть распространены не только на людей, не только для удовлетворения их, в большинстве случаев, эгоистических интересов, но и на природу, на среду обитания в целом.

Авторы умышленно сузили рамки проблемы, замыкаясь в основном на вопросах безопасности и устойчивого развития экотехнополисов, справедливо полагая, что социальные проблемы, проблемы урбанизации и коммуникального характера рассмотрены в специальной литературе. В связи со сложностью и неразработанностью проблемы вопросы рассмотрены неполно, статья носит скорее концептуальный характер. По этой же причине авторы вынуждены начать свои исследования с самого начала, с определения экотехнополиса как сложной системы.

2 Вопросы самоорганизации экотехнополисов как сложных систем

2.1 Общие предпосылки

Экотехнополис представляет собой сложную систему, включающую техносферу (заводы, промышленные предприятия, транснациональные и национальные нефтегазопроводы, энергетические комплексы и т.д.), экосферу (земельные ресурсы, водоемы и т.д.) и города с их сложной инфраструктурой коммунальных и транспортных коммуникаций.

Экотехнополис не количественный параметр, вернее не только он — это качественно новое явление, обладающее целым рядом неповторимых особенностей, привлекающих людей.

Среди них:

- самые широкие возможности для установления производственных, деловых и социальных контактов и общения; рожденные этим экономические и социальные преимущества для творческой деятельности; снижение производственных издержек за счет специализации и концентрации производства; развитие наукоемких производств;
- концентрация банковского капитала, финансовой сферы, консалтинговых и других услуг и все вытекающие отсюда преимущества для развития бизнеса;
- сложная территориальная структура; отдельные регионы экотехнополиса могут значительно различаться по уровню концентрации населения, производства, капитала, качеству жизни и т.д.

В целом экотехнополис можно представить как сложную систему, как совокупность большого количества элементов, которые взаимодействуют между

собой и внешней средой для достижения определенных целей, образуя при этой неразрывную целостность.

Важной особенностью ЭТП является передача в них информации и наличие процессов управления. ЭТП обладают целенаправленностью, т.е. их поведение подчинено достижению определенных целей (для отдельных предприятий, например, это может быть прибыль), и свойством самоорганизации, т.е. они в процессе функционирования могут видоизменять свою структуру: предприятие может изменять свои организационные формы — образовывать акционерные общества, входить в концерны, закрывать отдельные цеха и т.д. Для ЭТП характерно наличие разных по уровню, часто не согласующихся между собой целей: предприятие ставит своей целью получить максимальную прибыль и сохранить окружающую среду и т.д. ЭТП относятся к динамическим системам, так как они способны изменять свое состояние со временем. ЭТП — недетерминированные (стохастические) системы, так как знание значений переменных систем в данный момент времени не позволяет установить состояние системы в любой последующий момент времени. С термодинамической точки зрения ЭТП — открытые системы, постоянно обменивающиеся с окружающей средой энергией, веществом и информацией. Согласно второму закону термодинамики для открытых систем стационарным состоянием является подвижное равновесие, при котором все макроскопические характеристики остаются неизменными, но непрерывно продолжаются макроскопические процессы ввода и вывода энергии вещества и информации.

Таким образом, ЭТП — это психоинформационная многоцелевая и многофункциональная система; это самоорганизующаяся система, обладающая отрицательными и положительными обратными связями, ей присущи принципы гомеостазиса и метаболизма; она обладает стохастичностью и непредсказуемостью. Главный источник непредсказуемости динамики развития — это процессы самоорганизации, исходящие из нелинейности всех функциональных зависимостей, обратных связей и феномена бифуркационных механизмов. Если к этому в качестве звена информации и управления добавить человека с его неадекватным и непрогнозируемым поведением, способностью к риску, наличием эмоций и особых психофизических свойств, то картина получается еще более запутанной. Поэтому ниже мы рассмотрим все составляющие этого весьма сложного процесса самоорганизации отдельно, уделяя больше внимания тем из них, которые необходимы для дальнейших исследований.

Одной из особенностей экотехнополисов как сложных систем является наличие в их структуре элементов, имеющих нередко одну цель (например, удовлетворение потребностей человека, получение прибыли и т.д.), но при этом существенно отличающихся не только по своим функциональным назначениям, но и по отношению к проблеме устойчивого развития. Прежде всего, это промышленные предприятия (например, хорошо известные горно-обогатительные комбинаты) и предприятия агропромышленного комплекса. Первые в силу специфики находятся в постоянном противоречии с природой, их деятельность наносит ущерб, иногда непоправимый, окружающей среде;

вторые, как правило, существуют в относительном согласии с природой и ущерб от их деятельности несоизмеримо меньший. Рассмотрим оба эти элемента общей системы более подробно.

Аграрное предприятие — сложная психоинформационная, многоцелевая и многофункциональная система, управляемая человеком. Она динамична, обладает цикличностью, заданной самой природой: нельзя сеять зимой, убирать урожай ранней весной и т.д. В отличие, например, от металлургических заводов, программа аграрного предприятия строгая и заранее заданная: завод не имеет временного фактора (любые детали можно изготавливать в любое время и в любом порядке); в аграрном предприятии стрела времени направлена исключительно в одну сторону, а перестановка операций невозможна: нельзя собрать урожай до того, как не пройдет весь цикл полевых работ. Т.е. в пространственно-временном континууме, каким можно представить аграрное предприятие, невозможно ни изменить порядок, ни осуществить перестановку операций, как в пространстве, так и во времени.

Система аграрного предприятия управляется человеком, но человек, как звено управления, все свои действия согласовывает с действиями более мощного и независимого от него фактора — природы: природа задает все основные законы развития системы, их кинетику, цикличность и временные параметры. Система обладает всеми признаками самоорганизации: непредсказуемостью (дождь, град, ливни, мороз, стихийные бедствия); нелинейностью всех функциональных зависимостей, система все время бифуркационная. Система детерминирована в большом (цикличность смены времени года не изменяется: весна, лето, осень, зима) и обладает стохастичностью всех процессов: трудно на длительное время предсказать погоду и т.д.

Горно-обогатительный комбинат занимает регион с огромной площадью, насыщенной нередко городами со сложной коммунальной инфраструктурой, заводами, обогатительной фабрикой, карьером, магистральными трубопроводами, электростанцией, дорогами и т.д. Это — многоцелевая, психоинформационная система; она обладает динамичностью, бифуркационностью и стохастичностью, т.е. всеми признаками самоорганизации.

Как видно, процесс управления такими системами является весьма сложным и требует определенных допущений.

В эволюционном процессе развития ЭТП, впрочем, как и в любой системе, важное место занимает наличие принципов и законов, содержание которых кратко можно сформулировать в виде следующих эмпирических обобщений.

1. Все процессы, протекающие в ЭТП, недетерминированы; по своей природе они отличаются стохастичностью и неопределенностью.

2. Все ЭТП существуют в некотором пространственно-временном континууме: настоящее и будущее их определяется прошлым.

3. Все процессы развития ЭТП подчиняются определенным законам, играющим роль принципов отбора; это и дарвиновская триада, и законы Нью-

тона, и механизмы развития, и закон дивергенции, и синергетические или кооперативные механизмы и т.д.

При рассмотрении вопроса самоорганизации сложных технических систем, авторы опирались именно на эти эмпирические обобщения.

2.2 Дарвиновская триада

На сегодняшний день получила распространение идея о триалитете учения материального мира. Неживая природа (косное вещество), живое вещество как социальная среда — это звенья одной цепи с единым процессом развития. Если это так, то вполне логично попытаться описать этот процесс на одном языке, с единых позиций, отображающих генетическую связь между отдельными иерархиями, использовать единую схему и общую для всех фрагментов терминологию. А для этого, прежде всего, необходимо решить проблему ключевых понятий. С этой целью воспользуемся исследованиями Н.Н. Моисеева [10–12], предложившего в качестве ключевых слов для описания общих свойств основных механизмов развития неживой материи, живого вещества и общественных организаций использовать несколько видоизмененную и приспособленную для конкретных случаев дарвиновскую триаду: изменчивость, наследственность, отбор.

Под изменчивостью понимаются любые проявления стохастичности и неопределенности, лежащие в основе функционирования всех механизмов нашего материального мира. «Мир нестабилен» — эти слова И. Пригожина выражают сущность любой системы, независимо от уровня ее организации. Изменчивость — случайность и неопределенность — проявляется не сама по себе, а в контексте необходимости, свойственной нашему миру. Все процессы, наблюдаемые в мире — это единство случайного и необходимого, стохастического и детерминированного.

Следует подчеркнуть, что именно изменчивость создает предпосылки для эволюции систем, для возникновения многообразия форм рождения и гибели организационных структур. В этом проявляется диалектика самоорганизации систем материального мира. Одни и те же факторы изменчивости лежат в основе эволюционных процессов, как созидания, так и разрушения. В ЭТП изменчивость проявляется в эволюции организационных форм, в увеличении сложности структур, в деградации отдельных подсистем.

Под наследственностью будем понимать способность материи сохранять свои особенности, а также способность изменяться от прошлого к будущему. Т.е. в дарвиновской триаде наследственность — это термин, отражающий влияние прошлого на будущее. В некоторых случаях наследственность может трактоваться как изменчивость.

Отбор в биологии трактуется как принцип «выживает сильнейший». Внутривидовой отбор отбирает наиболее существенные признаки, которые затем передаются в будущее благодаря механизму наследственности. Аналогично в неживой природе принципами отбора являются все законы сохранения, законы физики и химии, в частности второй закон термодинамики; в экономике

принципом отбора является условие баланса и т.д. Еще в XVIII веке было установлено, что реальные движения из множества виртуальных отбираются с помощью законов Ньютона, являющихся в данном случае простейшими принципами отбора. К ним относятся и вариационные принципы «экономии энтропии»: принцип минимума потенциала рассеяния Л. Онзагера, принцип минимума энтропии И. Пригожина и принцип, или вернее эмпирическое обобщение, минимума диссипации энергии Н.Н. Моисеева.

2.3 Основные термодинамические принципы

В XIX веке возникли две важные и, что особенно следует отметить, противоречивые идеи, оказывающие, тем не менее, существенное влияние на все научные исследования нашего времени. Введенная Ч. Дарвином идея эволюции в биологии (адекватно и в социологии) связана с необратимым возрастанием организации, с созданием все более сложных структур. В термодинамике и статистической механике идея эволюции формулируется как принцип Карно-Клаузиуса. В современной форме содержание второго закона термодинамики следующее: для открытых систем, обменивающихся энергией и веществом с окружающей средой, изменение энтропии dS за время dt можно разложить на слагаемые

$$dS = d_e S + d_i S, \quad (1)$$

где $d_e S$ — поток энтропии из окружающей среды;

$d_i S$ — продукция энтропии вследствие необратимых процессов внутри системы.

Второй закон при этом гласит, что для всех физических процессов

$$d_i S \geq 0, \quad (2)$$

причем равенство относится только к случаю равновесия системы.

В приближении к изолированной системе (энергия E постоянна) $d_e S = 0$ и (2) приобретает вид

$$(dS)_E \geq 0, \quad (3)$$

т.е. энтропия изолированной системы необратимо возрастает, а стало быть, эволюция таких систем всегда направлена к непрерывной дезорганизации, т.е. к хаосу, к деструкции структур. Последствия этого закона весьма неожиданны: если какая-либо структура возникла в некотором промежутке времени, то в дальнейшем ее порядок аннигилируется в прогрессирующий хаос, соответствующий наиболее вероятному состоянию.

Идея же биологической эволюции имеет совершенно противоположное направление. Совмещением этих двух противоположных аспектов эволюции заняты многие научные школы. Рассмотрение различных сторон этой важнейшей проблемы выходит за рамки наших исследований.

Здесь мы отметим, что по современным представлениям второй закон термодинамики не совсем приемлем для биологии: в живых системах энтропия может локально уменьшаться. Биологи считают, что второй закон приложим к системе в целом, т.е. к живой системе плюс, окружающая среда, что он может

полностью совмещаться с уменьшением энтропии в живом организме и что сам Ч. Дарвин объяснял необратимую эволюцию к более организованным структурам в живых системах через естественный отбор.

Для авторов, рассматривающих психоинформационные сложные системы, этот вывод крайне важен, так как он позволяет в дальнейшем оперировать терминами и законами классической термодинамики. Здесь очень важным является вопрос случайности и порядка. Известно, что при термодинамическом равновесии энтропия достигает максимума в изолированной системе, а свободная энергия достигает минимума. И равновесные структуры соответствуют конкуренции между энергией и энтропией, т.е. между разрушением (энтропия как мера беспорядка) и созданием. При этом разрушение структур является ситуацией, преобладающей вблизи термодинамического равновесия, а создание структур может осуществляться по определенным нелинейным кинетическим законам вне области стабильных состояний, отвечающих обычному термодинамическому поведению.

По мнению И. Пригожина [7, 8, 14], порядок системы осуществляется через флуктуации, а появление новой структуры всегда связано с результатом неустойчивости, т.е. с появлением существенно стохастического элемента.

В 1947 году И. Пригожин сформулировал теорему минимума продукции энтропии, которая «... утверждает, что производство энтропии системой, находящейся в стационарном, достаточно близком к равновесному состоянию, минимально». Эта теорема является весьма универсальным принципом, позволяющим управлять самоорганизацией сложных диссипативных систем. Она также дает критерий эволюции, который означает, что система будет обязательно эволюционировать к стационарному неравновесному состоянию, начиная с близкого к нему произвольного состояния. Эволюция, таким образом, укладывается в некоторый термодинамический принцип, который в нелинейной области можно выразить в аналитической форме

$$\int \frac{d\sigma}{dt} V \leq 0,$$

здесь: σ — модуль энтропии в некотором объеме V .

Для дальнейших процессов разложим $d\sigma$ на две части

$$d\sigma = d_x \sigma + d_j \sigma,$$

где j — потоки или скорости, связанные с необратимыми процессами;

x — обобщенные силы, приводящие к этим потокам.

Для диссипативных систем, находящихся в состоянии устойчивого равновесия, критерий эволюции можно записать в виде

$$\int d_x \sigma dV \leq 0.$$

Как видно, для открытых термодинамических систем порядок осуществляется через флуктуации, а энтропия выступает как мера разрушения системы, т.е. мера беспорядка, и как мера необратимого рассеяния энергии. Теорему минимума продукции энтропии не всегда можно использовать ввиду ее сложности. Более простой принцип сформулировал Н.Н. Моисеев [11] для

«косной материи»; «если множество возможных устойчивых (стабильных) движений или состояний, удовлетворяющих законам сохранения и ограничениям, состоит более чем из одного элемента, т.е. они не выделяют единственного движения или состояния, то заключительный этап отбора реализуемых движений или состояний, которые также могут не быть единственными, определяется минимумом диссипации энергии (или минимумом роста энтропии)».

Авторы данное утверждение назвали «принципом минимума диссипации». В более доступной форме этот принцип звучит следующим образом: «...среди всех виртуальных состояний, удовлетворяющих законам сохранения, реализуется лишь то, для которого диссипация энергии минимальна». Это утверждение не вытекает из принципа минимума потенциала рассеяния энергии Л. Онзагера [14] и принципа минимума продукции энтропии И. Пригожина [14]. Авторы рассматривают этот принцип как некоторое обобщение, не противоречащее, однако, эксперименту, и считают его частным случаем общего принципа «экономии энтропии».

Здесь мы сделаем весьма важные для дальнейших исследований выводы. Для открытых систем, в том числе и систем психоинформационного характера, за счет притока извне вещества, энергии или информации, возникают более или менее стабильные состояния, так называемые «квазиравновесные структуры», в которых энтропия не только не растет, но и локально уменьшается. С точки зрения классической термодинамики эти структуры не являются равновесными — равновесие здесь понимается лишь в смысле стационарности. Уменьшение же энтропии связано с наличием в системе элемента «живого вещества», т.е. человека. Оставленная сама по себе, любая сложная техническая система, вне зависимости от форм совершенства, согласно второму началу термодинамики, со временем, вследствие роста энтропии, полностью разрушится. И только присутствие человека позволяет системе быть самоорганизующейся и трансформироваться в более сложные структуры.

Второй вывод заключается в следующем. Если в открытой системе возможны несколько типов организации структуры, то реализуется та структура, которой отвечает максимальное убывание энтропии (минимальный рост энтропии) или, что то же самое, минимальный рост беспорядка. А так как убывание энтропии возможно только за счет поглощения извне вещества, энергии или информации, то реализуется та структура или та из мысленно возможных (виртуальных) форм организации системы, которая способна максимально поглощать извне вещество, энергию и информацию. Этот принцип отбора согласуется как с теоремой «минимума производства энтропии», так и с принципом «минимума диссипации». Следует подчеркнуть, что для систем, обладающих сложной иерархией, этот принцип может распространяться на подсистемы, в которых локально может уменьшаться энтропия.

2.4 Некоторые механизмы эволюции сложных систем

Под механизмом в данном случае будем понимать некоторую совокупность логических связей, определяющих возникновение изменений в разви-

вающейся системе. Следуя Н.Н. Моисееву [11], будем рассматривать два типа механизмов: адаптационные и бифуркационные.

Адаптационные — это, прежде всего, дарвиновские механизмы естественного отбора в биологии; в физике — это механизмы самоорганизации, использующие принципы обратной связи. Основной особенностью этих механизмов является адаптация, т.е. самонастройка, обеспечивающая системе некоторую стабильность при определенных условиях изменения внешней среды. Т.е. мы можем предвидеть тенденции в изменении параметров системы, которые будут происходить при изменении внешних условий.

Бифуркационные (по терминологии А. Пуанкаре) или еще их называют катастрофические (по терминологии Уитни и Тома) механизмы содержат в своей основе явление неопределенности. Будущее состояние системы при переходе ее параметров через некоторое пороговое значение неоднозначно и определяется флуктуациями, т.е. случайными характеристиками. Законы материального мира посредством принципов отбора для развивающихся систем устанавливают определенные границы изменения состояний их параметров, по терминологии Н.Н. Моисеева некоторые «каналы», внутри которых и протекают эволюционные процессы. Границы адаптации, т.е. границы «каналов» могут быть определены с определенной точностью для случаев, когда известны принципы отбора. Однако в нестабильном мире система может выйти на пересечение «каналов», где и возникает катастрофа. В этом случае бифуркационный механизм приводит к непредсказуемости появления формы организации системы, так как окончательный выбор эволюционного пути определяется случайным характером возмущений.

Рассмотренные механизмы эволюции систем позволяют сделать наглядным один из принципов самоорганизации материи — принцип дивергенции, т.е. принцип расхождения (или размножения) новых форм организации. В его основе лежит стохастический характер причинности, который может развести сколь угодно близкие формы организации в совершенно разные стороны. Принцип дивергенции является справедливым в равной степени для всей триады материального мира — для неживой материи, живого вещества и социального общества. При этом закон самоорганизации постулирует: процесс развития характеризуется непрерывным усложнением и ростом разнообразия организационных форм материи. Чем сложнее система, тем больше количество состояний, в которых могут происходить катастрофы (т.е. областей бифуркации, пример — ветвящееся дерево); тем больше вероятность увеличения числа возможных путей эволюции, т.е. дивергенции. Это и подтверждает тот факт, что процесс самоорганизации систем, особенно систем со сложной иерархией, ведет к непрерывному росту разнообразия организационных форм. Еще раз подчеркнем, что этот вывод является общим не только для неживой матери, но и для общественных форм, т.е. организаций, предприятий и т.д.

2.5 Организация и обратные связи

Под термином «организация» будем понимать совокупность консервативных, медленно изменяющихся характеристик систем. В принципе любая система обладает определенной организационной структурой, так же как и любой процесс всегда протекает в рамках некоторой организации. Используя этот термин, мы можем представить процесс самоорганизации системы, как изменение ее организационных форм и описать процессы развития рассматриваемой системы последовательностью переходов от одних квазистабильных состояний, характеризующихся определенными параметрами организации, к другим. При этом весьма важным является временной интервал, в пределах которого изучается конкретная система. Например, глубина прогноза безопасности атомной электростанции или количества аварий и катастроф на горно-обогатительном комбинате за определенный промежуток времени.

Процессы эволюции систем, так же как и синергетические модели могут быть описаны в терминах состояний. Это могут быть фазовые переменные или функции, иногда функционалы, зависящие от фазовых переменных. При переходе к описанию живых систем или психофизических систем типа сложных технических предприятий понятие организации несколько усложняется и должно включать не только консервативные характеристики, но и все те особенности общественного, экономического и эмоционального характера, которые определяют жизнедеятельность и состояние системы в некотором временно-пространственном континууме. Для таких систем характерен совершенно новый тип механизмов развития, имеющий общее название — обратные связи. Этот механизм присущ только системам живой природы, в неживой материи его нет. Более подробно об обратных связях несколько ниже, а сейчас рассмотрим два термина — гомеостаз или гомеостазис (подобное состояние) и метаболизм, имеющие важное значение для эволюции систем.

Гомеостазис означает, что любому живому существу или любой живой системе свойственно стремление к стабильности или к самосохранению. Такие системы при воздействии возмущений со стороны внешней среды способны в определенных пределах изменять свое состояние. В основе механизмов изменения лежат отрицательные обратные связи, которые поддерживают гомеостазис. Стремление к гомеостазису, т.е. стремление к сохранению стабильности системы, являясь важнейшим свойством и тесно связано с принципом естественного отбора.

В 1948 году Эшби У.Р. [9] применил представление о гомеостазисе для обоснования моделирования широкого круга систем: биологических, технических и социальных. Он показал, что в ходе эволюции открытых систем их устойчивость обычно возрастает, вырабатываются более сложные и многоуровневые комплексы обратных связей. Однако, абсолютный гомеостазис недостижим — в живом организме этому препятствует старение, в технических системах — разрушение, изнашивание, аварии; в социальной среде — конфликты, революции и т.д.

Стремление систем к гомеостазису способствует развитию стабильности, хотя бы на определенном промежутке времени.

Однако диалектика развития свидетельствует о том непростом факте, что чересчур стабильные системы прекращают свою эволюцию; для них устойчивость тормозит реализацию принципа изменчивости. Стабильные организационные формы — это тупиковые формы, развитие которых прекращается. Чрезмерная адаптация (или специализация) не способствуют совершенствованию системы. Стремление к стабильности (т.е. к гомеостазису) должно компенсироваться ростом разнообразия форм организации, а в таких системах наряду с отрицательными обратными связями должны существовать и положительные обратные связи, которые в принципе не поддерживают стабильность системы.

Метаболизм — это свойство открытых систем к обмену веществом, энергией и информацией с окружающей средой. Это свойство характерно для всех систем такого типа, которые за счет внешней энергии, вещества и информации изменяют свою локальную энтропию. Такие тенденции могут вступать в противоречие с гомеостазисом, что и наблюдается в практике и является одной из важнейших диалектических особенностей эволюционного процесса для открытых систем. Любая система стремится к стабильности и для этого развивает отрицательные обратные связи; однако при этом она стремится так изменить свои организационные формы, так обеспечить рост разнообразия этих форм, чтобы увеличить свою способность усваивать внешнюю энергию, вещество и информацию, а для этого она формирует положительные обратные связи.

Остановимся более подробно на термине «**обратные связи**». Под обратной связью обычно понимают такой тип взаимодействий, когда имеется определенная свобода выбора и этот выбор производится с определенной целью. Обратные связи в открытых системах живого вещества порождают специальные механизмы отбора, которые не являются следствием законов сохранения, но и не противоречат им. Другими словами, структура обратных связей, обеспечивающая стабильность живых систем, не выводится из законов физики и механики и отражает особый тип взаимодействий, порождаемых желанием достигнуть определенной цели. Существуют отрицательные обратные связи, поддерживающие гомеостазис, и положительные, которые ухудшают стабильность системы. Следует подчеркнуть, что в неживой природе обратных связей не существует, они присущи только живым существам. Вывод этот не бесспорен, и в технике существуют устойчивые понятия обратных связей, примером которых может служить автопилот, т.е. техническое устройство, управляемое процессом полета самолета, и являющееся созданием человека. Здесь мы не будем вникать в тонкости спора между биологами и физиками и отметим лишь обобщения, необходимые для наших исследований: признавать наличие обратных связей можно лишь в тех случаях, когда речь идет о целенаправленных действиях, а они присущи лишь процессам, происходящим в живой материи или в системах, где живая материя присутствует. Т.е. управляемые процессы

по своему определению предполагают участие в них живой материи. Примером этому может служить ЭТП, где технические устройства, осуществляющие определенные технологии, управляются человеком. В этом случае управление имеет смысл лишь тогда, когда существует определенная цель, например, прибыль предприятия или объем выпускаемой продукции. Эта цель порождает определенный тип управления, который в свою очередь создает новый механизм отбора. Формально это выглядит следующим образом. Пусть цель описывается следующими условиями:

$$f(u, x) \Rightarrow \max, \quad u = u(x, t),$$

где x — вектор, определяющий: состояние объекта;

u — свободные параметры управления;

t — время.

Чтобы система была устойчивой, необходимо соблюдение условия

$$f(u) \Rightarrow \max,$$

$$\text{где } f(u) = \begin{cases} 0, & \text{если система устойчива} \\ 1, & \text{если система неустойчива} \end{cases}$$

Таким образом, условие $f(u, x) \Rightarrow \max$ позволяет определить управляющее воздействие u как функцию состояния $u = u(x)$. Это и будет механизмом отбора или обратной связью, выведенной из условия существования определенной цели.

В теории управления различают рефлекторные (или рефлексные) и кибернетические системы. К числу рефлексных систем относится уже упоминавшийся автопилот, в котором механизм обратной связи раз и навсегда заложен человеком. Более сложными представляются кибернетические (в данном исследовании они называются психоинформационные) системы с наличием человека, как звена управления. Такое звено может анализировать любую ситуацию, рисковать, принимать неадекватные решения и т.д. При этом проблемы цели и причинности, причины и следствия являются весьма важными, зачастую определяющими весь механизм обратных связей. Сами же обратные связи предполагают, что информация о системе достаточно полная, так как без нее принятие решения практически невозможно. Другими словами, можно сказать, что информация и принятие решения неотделимы друг друга. К этому выводу следует добавить энтропию (или меру беспорядка в системе), с помощью которой в неживой природе устанавливается один из важнейших принципов отбора. Таким образом, для технических систем с участием человека важными ключевыми словами являются: цель, принятие решений, обратные связи, информация, энтропия. Все эти понятия диалектически взаимосвязаны между собой довольно сложными функциональными связями.

2.6 Процессы развития сложных систем

Рассмотрим сначала неживую природу. Движение любой системы всегда можно описать в терминах многокритериальной задачи оптимизации

$$\varpi_1 \Rightarrow \min; \varpi_2 \Rightarrow \min; \varpi_3 \Rightarrow \min \dots, \quad (4)$$

где ϖ_1 — это функционал, минимизация которого обеспечивает выполнение законов сохранения; ϖ_2 — функционал, минимизация которого обеспечивает выполнение кинематических условий, и т.д.

Из математического анализа хорошо известно, что для минимизации нескольких функционалов необходимо выполнение некоторых условий. Пусть F есть множество экстремальных значений функционала ϖ_1 . Тогда задача $\varpi_2 \Rightarrow \min$; будет иметь смысл, если мы будем, например, разыскивать минимальное значение функционала ϖ_2 на множестве F_1 и т.д. Таким образом, множество функционалов должно быть упорядоченным, а перечисление множеств F_i минимальных значений функционалов ϖ_i — не пустым. Тогда требование (4) определит некоторое множество допустимых состояний ϖ . Это множество и является ареной развивающихся событий.

При описании систем неживой природы функционалы ϖ_i всегда ранжированы, причем первое место принадлежит законам сохранения, которые выполняют роль принципов отбора и противостоят тенденциям системы к разрушению ее организации и развития хаоса, т.е. повышения энтропии. Эти же функции выполняет и принцип минимума диссипации энергии, который служит основой метаболизма, т.е. способствует возникновению специальных структур, в которых энтропия локально уменьшается. Так, в стохастической системе могут возникать явления типа «странный аттрактор» и впоследствии возникать области, обладающие повышенной способностью использовать энергию и вещество из окружающей среды, уменьшая тем самым локальную энтропию. Именно эти области и определяют «каналы эволюции», о которых уже упоминалось ранее.

Стохастический подход широко используется и в других областях, в частности для определения надежности и безопасности систем. Несмотря на его универсальность и хорошо разработанный математический аппарат, он по своей сущности допускает повторение событий, например аварий, а уникальные события типа катастроф он вообще не учитывает. Избежать такого методологического недостатка позволяет структурная теория, объединяющая детерминированный и стохастический методы [16, 17].

В системах с элементами, включающими человека, не говоря уже о неживой природе, картина существенно усложняется и, прежде всего, в связи с появлением принципа самосохранения или гомеостазиса. В этом случае движение системы можно формализовать совокупностью условий, каждое из которых допускает вариационную форму

$$\Phi_i(x) \Rightarrow \min; \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

Однако по отношению к функционалам Φ_i природа не дает правил их автоматического ранжирования, так как все определяется принципом естественного отбора. Последний сам определяет некоторый функционал π , для которого существует такое минимальное поведение x_1 , что $\min \pi(x) \Rightarrow \pi(x_1)$. При этом человек может не соблюдать поведение x_1 в силу каких-либо внешних обстоятельств. Однако чем ближе будет его поведение к x_1 , тем больше у

него шансов приспособиться к данному конкретному условию. В случае изменения параметров системы, например, аварийная ситуация на ЭТП, у каждого человека свой «оптимальный» способ поведения, а значит, и свое отличное от других ранжирование функционалов Φ . Т.е. формирование их свертки становится прерогативой интеллектуального поведения индивидуума: меры профессионализма, воли к достижению цели, меры ответственности и т.д. В этом случае в действие вступает один из важнейших принципов отбора: максимально уменьшать локальную энтропию за счет метаболизма, т.е. за счет использования извне энергии, вещества и информации.

Самоорганизация таких систем, т.е. систем с участием человека, происходит на фоне неразрешимых противоречий: с одной стороны, система стремится к сохранению гомеостаза, т.е. к стабильности; с другой стороны, она стремится к максимальному поглощению и использованию внешних энергий, вещества и информации. В принципе развитие таких систем можно изложить на языке многокритериальной оптимизации с исследованием компромиссов для различных условий существования.

Как видно, в управляемых системах человек играет превалирующую роль: он вносит некоторую неопределенность, а его субъективное представление о способах обеспечения устойчивого развития изменяет алгоритмы отбора. Принцип изменчивости, например, в значительной степени определяется функциями цели и путями ее достижения. Каждый человек является, автономным, и поэтому у него своя цель и свои пути ее достижения.

В живой природе преобладают механизмы адаптационного типа, а бифуркации возникают лишь в исключительных случаях. Лейбниц был прав: «*Natura non facit Saltas*», т.е. «Природа не делает скачков». В психоинформационных же системах предусмотреть действие человека, а тем более социальной среды, очень трудно, так как для изменения одного и того же параметра системы два человека могут принять совершенно различные решения. Т.е. каждое состояние таких систем является бифуркационным. Это приводит, с одной стороны, к неопределенности путей развития системы в каждый момент времени, а с другой стороны, приводит к ускорению развития процессов самоорганизации этой же системы. Для таких систем наиболее важным является акт принятия решений, который в конечном итоге и определяет (формирует) образование обратных связей.

Как видно из приведенных рассуждений, для развития системы необходимы не только отрицательные, но и положительные обратные связи. Система, использующая только отрицательные обратные связи, стремится к застою, к деградации организационных форм; на определенном отрезке времени такая система может быть устойчивой и сохранять постоянные параметры, но эволюционировать она не может. Поэтому нужны положительные обратные связи: они расширяют поиск новых организационных структур, позволяют более полно использовать потенциальные возможности принципа изменчивости, например — более эффективно использовать внешнюю энергию, вещество и информацию, что, в конечном итоге, приводит к появлению новых качеств, к ро-

сту сложности структуры, к повышению уровня разнообразия организационных форм.

Наглядным примером этому могут служить изменения в современной жизни крупных предприятий. Те из них, которые не изменились в начале перемен, обладали еще некоторое время определенной устойчивостью: их внутренние структуры оставались стабильными, потребление энергии, вещества и информации свелось к минимуму, энтропия, т.е. мера беспорядка, нарастала, и предприятие, в конечном итоге, приходило к застою, к деградации. Здесь использовались исключительно отрицательные обратные связи, поддерживающие гомеостазис, т.е. принцип самосохранения управляемого звена, в рассматриваемом случае коллектива предприятия, руководства. Для выхода из кризиса многие предприятия использовали положительные обратные связи, приводящие, на первом этапе к дестабилизации системы. В этом случае использовались новые организационные формы (фирмы, акционерные общества, концерны и т.д.); предприятие для снижения локальной энтропии более широко и эффективно использовало внешнюю энергию, вещество и информацию, усложнялась структура и ее взаимодействие с окружающей средой, т.е. с другими предприятиями. В системе ускорялись процессы самоорганизации, и она начинала эволюционировать.

Мы рассмотрели лишь фрагменты единого синергетического процесса, протекающего в психофизических открытых системах при их взаимодействии с окружающей средой. Роль антропогенного фактора, т.е. человека, в этих системах чрезвычайно велика; к тому же на их функционирование большое влияние оказывают общественные законы, правила которых трудно описать математически, так как они проявляются в форме тенденций. В этих случаях нередко используют вербальное описание системы: цели обычно определяются словесно, а законы развития формируются без использования математических терминов. При этом можно использовать классическую триаду, существующую в теории познания: наблюдение и опыт \Rightarrow обобщение и выводы \Rightarrow проверка выводов на практике. Или то же самое, используемое в механике систем управления: сбор информации \Rightarrow этап обработки \Rightarrow этап принятия решений.

Применительно к рассматриваемым сложным техническим системам диалектическая цепочка познания выглядит следующим образом: изучение системы и накопление информации \Rightarrow построение и исследование физических (феноменологических) и математических моделей \Rightarrow получение выводов и использование их на практике.

Как видно, весьма важным является построение феноменологических моделей системы, адекватно отображающих основные параметры ее организационных структур и логические связи между ними. Путем индукции, т.е. путем движения от простого к сложному, можно впоследствии построить и математическую модель. Есть и другой путь — путь дедукции, когда движение осуществляется от общих концепций к частным моделям, описывающим конкретные ситуации. В любом случае построение формализованных моделей системы представляет возможность осуществлять не только анализ процессов, происхо-

дящих в ней, но и решать практические задачи. Другими словами, хорошо построенная модель позволяет более глубоко понять структуру системы, скелет ее организационных форм, эволюцию ее развития и деградацию отдельных структур. Модель позволяет глобально оценить диалектическое единство двух противоречивых начал существования системы — эволюцию и деградацию, сохранение и разрушение.

3 Устойчивое развитие экотехнополисов

Общие предпосылки. Как уже отмечалось, экотехнополисы — природное явление, результат процессов самоорганизации общества; в основе их формирования лежат два важных фактора: первый — непрерывный рост научно-технического прогресса; второй — стремление человека минимизировать затраты своего труда. Все это вместе приводит к созданию некоей искусственной среды обитания, обладающей специфическими свойствами, которые можно представить в виде следующих обобщений.

1. Экотехнополисы обладают сложной территориальной структурой, отдельные элементы которой могут значительно различаться по уровням концентрации производства, условиям жизни и т.д.; в районах концентрации основных видов финансовой деятельности сосредоточен не только более мощный экономический капитал, но и сконцентрирована организованная преступность, более выражена социальная напряженность и т.д.

2. В основе механизма развития экотехнополисов лежат уже отмеченные выше процессы самоорганизации общества. Поэтому говорить об их управляемом развитии весьма затруднительно; нельзя управлять множеством событий, возникающих в каждый момент времени, особенно если учесть, что эти события взаимосвязаны между собой; можно и должно говорить лишь о стратегическом управлении этим механизмом.

3. Устойчивое развитие экотехнополисов основано на следующем:

- на непрерывной поддержке темпов развития НТП; при потере темпов развития НТП начинается неизбежная деградация;
- на глобальной безопасности: экологические катастрофы могут прекратить развитие экотехнополиса и привести его к деградации.

4. Существуют некоторые границы развития экотехнополисов, вызванные в основном факторами риска. По аналогии с [28] их можно разделить на три основных типа;

- антропогенные, связанные непосредственно с человеком и его психофизическими особенностями, т.е. с социальными условиями, планированием экосистем городов, системой их управления и т.д.;
- техногенные, связанные с техносферой, ее стремительным развитием и негативным влиянием на человека и окружающую среду в целом; аварии и катастрофы на заводах и фабриках, пожары в промышленной и коммунальной сфере, загрязнение воздуха, воды и почвы — все это вместе может привести к деградации экотехнополиса и, как следствие, к прекращению деятельности ряда элементов, что снизит потенциал НТП и уменьшит производительности труда, а следовательно, снизит потенциал экономики;

- экологенные (природные), связанные со стихийными явлениями, наводнениями, селями, оползнями, землетрясениями и т.д.; ухудшение климата, качества воды, воздуха может способствовать деградиционным процессам и привести к прекращению развития экотехнополиса.

Как видно, для экотехнополисов характерны все виды факторов риска, определяющих их безопасность и устойчивое развитие. Рамки статьи не позволяют рассмотреть эту проблему комплексно, т.е. рассмотреть проблемы антропогенного влияния на окружающую среду, вопросы социологии и экономики, систему охраны окружающей среды (экологический мониторинг), управление природопользованием и т.д. В той или иной мере эти вопросы освещены в цитируемой литературе. Ниже остановимся на вопросах преимущественно техногенной безопасности с элементами антропогенного риска. Более подробно рассмотрим те вопросы, которые связаны непосредственно с техносферой и являются определяющими для большинства крупных промышленных регионов Украины, например, для Приднепровского региона.

Эколого-биологическая характеристика региона. В географическом отношении Приднепровский регион (Днепропетровская область) расположен на территории Восточно-Европейской равнины, ее степной зоне, в области южных отрогов Приднепровской возвышенности, в бассейне среднего и нижнего течения реки Днепр. Рельеф области равнинный, изрезанный долинами р. Днепр и его притоков. Почвенный покров области представлен 270 почвенными разновидностями. Область занимает 31,9 тыс.км² (5,3 % от общей территории Украины); в составе земельного фонда на сельскохозяйственные угодья приходится 87,8 %, на пашню — 75,3 %, сенокосы и пастбища — 11,3 % и многолетние насаждения — 3,1 %. Под водой и болотами находится свыше 170 тыс.га; под городами и дорогами — свыше 180 тыс.га; нарушено свыше 33 тыс. га [20].

Общая техногенная нагрузка на территории области, т.е. сумма всех входов, поступивших на поверхность земли и в открытые водоемы, без учета поступающих через атмосферу, чрезвычайно высокая и в среднем составляет 200 тыс.м³/год на км².

Это связано, прежде всего, с тем, что на относительно небольшой (5,3 %) территории области сосредоточено до 40 % мощностей металлургического, 18 % — химического, 12 % — энергетического и 5 % — машиностроительного производства Украины; добывается свыше 80 % железной и 100 % марганцевой руды. Поэтому экологическое состояние региона в целом в 1994 году признано неблагоприятным [19]. Помимо этого Приднепровский регион насыщен сложными инженерными сооружениями: АЭС, ТЭЦ, плотины водохранилищ, нефтегазопроводы, хлоропроводы, хранилища отходов, мощные заводы, ГОКи и т.д. Всего 404 потенциально опасных объектов, из них 27 с большим риском возникновения чрезвычайных происшествий.

За период с 1997 по 2000 год на Украине зарегистрировано 6,4 тыс. чрезвычайных происшествий, в том числе 2000 техногенных и 1000 природно-

го характера; из них в Приднепровском регионе соответственно 123 и 74. Материальные убытки по Украине оцениваются примерно в 3,1 млрд. грн.; в том числе 2,9 млрд. грн. (93 %) становятся убытки от природных чрезвычайных происшествий и 0,2 млрд. грн. (7 %) от техногенных.

3.1 Экологическая безопасность и устойчивое развитие экотехнополисов

Экологический кризис, дыхание которого мы уже ощущаем, перестает быть только абстрактной идеей; человечество впервые стоит перед проблемой выживания, вплотную подвигаясь к той черте, за которой на человека действует измененная же человеком природа. По Мнению Реймерса Н.Ф. [29], такая экологическая опасность тем реальнее, чем выше технико-экономический потенциал и численность населения. Экологическая опасность характеризуется интегральной оценкой — риском. Риск R определяется произведением вероятности p негативного воздействия источника экоопасности (загрязненного объекта) на население, территорию, природные объекты, воду, почву, воздух и т.д. и ущерба u в результате этого воздействия.

$$R = pu.$$

Вероятность появления опасности определяется целым рядом факторов. Среди них:

- неблагоприятная социальная обстановка: забастовки, повышенная криминогенность и психофизические особенности человека, особенно на рабочих местах повышенной техногенной опасности;
- высокая степень износа технологического и транспортного оборудования; нарушение технологической дисциплины; нарушение правил и норм технической эксплуатации;
- варварская эксплуатация природных объектов с нарушением правил экобезопасности;
- возникновение так называемых синергетических катастроф, когда природные бедствия (сели, землетрясения, ураганы, наводнения) вызывают в свою очередь техногенные катастрофы: разрушение объектов техносферы, железных дорог, мостов, транспортных магистралей, транснациональных и местных трубопроводов и т.д.

Все эти факторы риска в той или иной степени присущи крупным регионам и большим городам, достаточно хорошо изучены и описаны в специальной литературе. Ниже остановимся на таких факторах риска, острота которых в силу своей специфичности проявилась сравнительно недавно; несмотря на то, что они вообще-то известны уже давно, их негативное влияние стало проявляться лишь во второй половине двадцатого века, и вызвано стремительным развитием НТП и демографическим взрывом. К ним относятся: проблемы отходов производства и потребления; информационная агрессия и генетический риск, биологическое действие акустических и электромагнитных полей, взаимоотношение города с автомобилем и т.д. Именно эти факторы риска стали наиболее характерными для крупных городов, насыщенных сложными объек-

тами техносферы при отсутствии достаточного числа естественных поглотителей отходов, шума, загрязнений — т.е. лесов, водоемов, рек и т.д. Рассмотрим их более подробно. Но сначала кратко об экологическом мониторинге.

Экологический мониторинг. Проблема взаимодействия экотехнополиса с окружающей средой неразрывно связана с экологическим мониторингом, т.е. системой наблюдений за состоянием, изучением динамики происходящих в окружающей среде процессов и прогноза развития ситуаций. Задачей экологического мониторинга является:

- оперативный контроль за состоянием окружающей среды с учетом исследования антропогенного воздействия на среду, уровня загрязнений среды, социальной и медико-биологической оценки ситуации, изучения состояния влияния объектов техносферы на среду, выявления источников негативного влияния на окружающую среду и здоровье человека;
- получение, хранение и переработку информации о параметрах, характеризующих состояние окружающей среды и здоровье людей;
- представление информации, необходимой для анализа и оценки степени экологического, социального и биологического риска и выработки управляющего воздействия, направленного на улучшение состояния окружающей среды.

В целом структуру экологического мониторинга взаимодействия экотехнополиса с окружающей средой можно представить в виде схемы (рис. 1). Как видно, такая структура включает в себя не только получение информации о состоянии окружающей среды и здоровья человека, но и предусматривает возможность наличия обратных связей, т.е. включает элементы, позволяющие активно воздействовать на ситуацию.

В настоящее время многие государства законодательно закрепили систему экологического мониторинга, однако наблюдающаяся в крупных городах экологическая ситуация и особенно ухудшение состояния здоровья человека свидетельствуют о несовершенстве существующих законов и о том, что проблема эта в целом остается далекой от решения.

Отходы производства и потребления. Исследуемые техногенные проблемы экотехнополиса непрерывно связаны с более сложной проблемой — развитием техногенеза в целом. Рассмотрим этот вопрос фрагментарно, выделяя нужные для дальнейших исследований сведения. Как биологический вид человек, в отличие от других компонент биосферы, появился сравнительно недавно, примерно 200 млн. лет назад, в то время как возраст биосферы по самым масштабным оценкам составляет более 3,2 млрд. лет. Будучи одним из 10

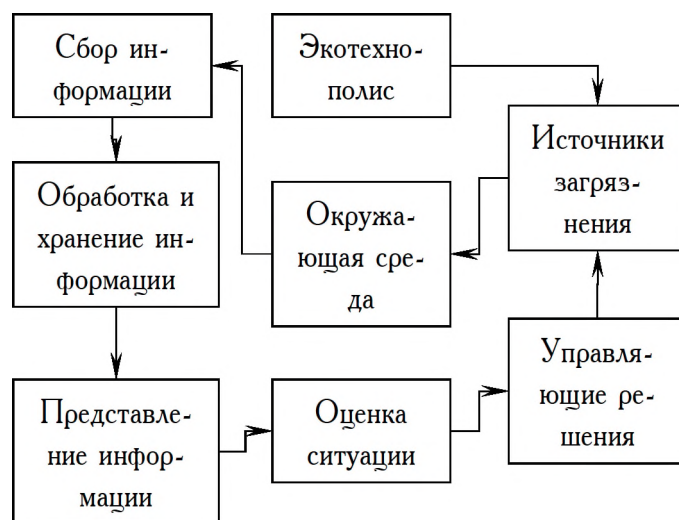


Рис. 1 — Структурная схема экологического мониторинга

млн. биологических видов, обитающих на Земле, человек в силу объективных обстоятельств занял господствующее положение, деятельность которого несоизмерима по своей масштабности ни с одним биологическим видом. Являясь закономерным продолжением эволюции биосферы, человек наследует и все присущие живому организму свойства. Он избирательно извлекает из окружающей среды нужные ему вещества, преобразует их в процессе своей практической деятельности, использует временно для своих нужд и возвращает в окружающую среду в виде отходов.

Такой процесс техногенной деятельности человека (добыча и переработка полезных ископаемых, строительство промышленных и гражданских объектов — заводов, фабрик, плотин и дамб, космодромов, транснациональных трубопроводов, искусственных водоемов и т.д.; создание хранилищ и полигонов промышленных, в том числе особо опасных, и бытовых отходов и прочая) соизмерим, по мнению В. Вернадского, с геологическими процессами, протекающими на Земле. Применение современных технологий в сочетании с демографическим взрывом привело к такому состоянию, что роль человека вышла за рамки деятельности биологического вида. Техногенное воздействие человека на окружающую среду по своим темпам стало значительно превосходить скорость естественных процессов на Земле, и биосфера, не успевает включить в свои циклы и сбалансировать многие результаты человеческой деятельности. Так, многие промышленные отходы, связанные с производством радиоактивных материалов, свинца, ртути и других, опасных для здоровья человека веществ, могут быть нейтрализованы природой только в течение нескольких веков. Отходы человеческой деятельности (промышленные, бытовые; по фазовому состоянию: твердые, жидкие, смесь твердых, жидких и газообразных) отличаются чрезвычайным разнообразием по составу: минеральные, биологические, различного рода металлы и сплавы, в том числе вредные для здоровья человека, радиоактивные вещества, отходы бумажно-целлюлозной промышленности, газообразные и пылевидные отходы и т.д. Будучи складированными, такие отходы вступают между собой в довольно сложные химические реакции. По мнению авторов [30], хранение и складирование отходов следует рассматривать как «складирование физико-химических процессов». Самовозгорание и пожары на полигонах отходов, горение угольных терриконов, преднамеренное сжигание бытовых отходов на полигонах, интенсивное испарение и пылеобразование, проникновение вредных веществ в гидросферу путем инфильтрации земли под отходами, загрязнение приземного слоя атмосферы метаном и другими газами и многие другие факторы приводят к загрязнению почвы и воздуха, губительно сказываются на сельскохозяйственном производстве, отрицательно влияют на здоровье людей.

Отходы занимают значительные территории нередко ценных земель, площадь которых с каждым годом все увеличивается. Большие отходы на полигонах на долгие годы изменяют характер природных процессов. Это связано с тем, что многие виды отходов в естественных условиях разрушаются крайне медленно: бумага разлагается в течение двух лет, жестяная банка — 90 лет,

алюминиевая — 500 лет, полиэтиленовая пленка — 200 лет. К тому же, захоронение отходов под слоем земли (высота захоронения не менее 3 м) не гарантирует экологической безопасности: земля под полигоном на значительную глубину оказывается зараженной солями тяжелых металлов, токсичными химикатами, диоксидами от возникающих пожаров и т.д.; грунтовые воды заражены ядовитыми веществами и болезнетворными микроорганизмами. Таким образом, отходы в целом, оказывают комплексное отрицательное воздействие на окружающую среду; особая опасность состоит в том, что через воду, воздух или почву тем или иным способом загрязняющие вещества попадают в пищевую цепь и организм человека.

Помимо этого из оборота изымаются значительные площади земли, так как на полигонах захоронения даже через десятки лет нельзя ни строить, ни заниматься сельским хозяйством. Приднепровский регион занимает одно из первых мест на Украине по количеству твердых отходов — свыше 2335 млн. тонн. Только 10-15 % из них используются как вторичные материальные ресурсы; остальные складируются и вносят существенный вклад в загрязнение окружающей среды.

Днепропетровск входит в число 22 городов СНГ, в которых сложилась самая неблагоприятная экологическая обстановка: в городе свыше 220 больших металлургических, химических и машиностроительных предприятий; в атмосферу города ежегодно сбрасывается свыше 250 000 т вредных веществ — из них 75 % приходится на долю предприятий и 24 % — на долю транспорта; в реку Днепр ежегодно попадает около 80000 т твердых веществ, 21000 минеральных веществ и 752 т нефтепродуктов [6].

Данные экологического мониторинга свидетельствуют, что при значительном уменьшении объемов промышленной продукции, количество загрязняющих веществ, попадающих в почву, воду и воздух, не только не уменьшилось, но по некоторым показателям существенно возросло. Это свидетельствует о старении и износе промышленного оборудования, отсутствии ресурсосберегающих технологий, слабом контроле со стороны экологических служб.

Как видно, для крупных городов вопрос сбора, хранения, переработки и захоронения отходов является весьма актуальным. В европейских странах ему стали уделять пристальное внимание уже в начале века; на Украине — только в последнее время. В 1984 году при участии Национальной Академии Наук и Госснаба была предпринята попытка для переработки отходов и дальнейшего использования вторичного сырья создать специальный сектор экономики.

Последовавшая за этим перестройка не позволила развить это направление и ситуация с отходами ухудшилась. В последние годы положение стало приближаться к критическому, и в крупных городах были предприняты конструктивные меры. Так, в Днепропетровске разработан проект сбора и утилизации отходов совместно с консорциумом «Витавин Бос» и фирмой «Прайс Вотер Хауз Украина». Однако проблема эта весьма далека от своего разрешения, и нужны комплексные меры, среди которых можно назвать следующие:

- систему экологического мониторинга, которая бы предусматривала сбор, хранение и обработку данных о состоянии окружающей среды и разработку научно обоснованных рекомендаций о роли природных и антропогенных процессов, определяющих поверхностный и приповерхностный массоперенос в районах хранения отходов;
- комплекс финансово-кредитных рычагов: льготную налоговую и кредитную политику; платежи за использование природных ресурсов; платежи за загрязнение окружающей среды; систему мер по ценообразованию на экологически чистую продукцию; создание системы экологического страхования и т.д.;
- создание и финансирование специальных научных программ в области экологического мониторинга;
- создание и финансирование учебных программ по экономике, экологии и природопользованию;
- разработку долгосрочных научно-технических программ по устойчивому развитию регионов; эти программы должны включать в себя вопросы обеспечения безопасности хранения, переработки и захоронения отходов, гарантирующие охрану окружающей среды и здоровье человека на такой срок, пока отходы не станут безвредными и для человека и для биосферы в целом.

Информационная агрессия и генетическая безопасность. По мнению В. Вернадского [2], человечество как живое вещество становится единым целым с единым информационным пространством, т.е. становится функцией биосферы в определенном ее пространстве — времени, а основным показателем биосферы (в будущем ноосферы) и основной движущей силой эволюции человечества является рост научного знания. Достижения науки — радио, телевидения, кино, электронно-вычислительные машины, включая систему «Интернет», — явились не только мощным стимулом развития; они стали также и факторами риска. «Информационная агрессия», «Информационная интервенция», «Информационный мусор» и т.д. — эти отрицательные составляющие деятельности средств массовой информации постоянно держат человека в состоянии тревоги и беспокойства, создают стрессовое состояние, чувство страха, который в любой момент может привести к агрессии либо к самому себе, либо к окружающим людям. По мнению многих ученых, информационный пресс представляет собой весьма опасный вид экологического загрязнения, приводящий к разрушению иммунной системы человека, к его преждевременному старению, к вырождению популяции.

Как фактор риска, информационная агрессия изучена практически очень мало. Границы ее влияния на психофизические особенности человека, а тем более границы дозволенного, здесь сильно размыты, а на их определение существенное влияние имеют политические, социальные и культурно-этические составляющие. Не существует также международных норм в отношении определения вреда для населения от информационной агрессии. Однако бесспорным является тот факт, что в недалеком обозримом будущем информационная агрессия будет рассматриваться как один из важных факторов риска для государства, для его населения.

Если техногенные и экологические факторы риска вызывают расстройство здоровья и гибель только части населения, то информационные и генетические факторы риска ставят на грань существования нацию в целом. Риск для государства (для его населения) усугубляется еще и тем фактором, что эти факторы риска проявляются исподволь, не сразу; их пагубное влияние растягивается во времени, но опасность от этого едва ли становится меньшей.

Особенно опасна информационная агрессия в сочетании с генетическим риском для развивающихся стран, в которых политическая и экономическая нестабильность сопровождается открытостью общества, незащищенностью его со стороны законов, слабостью законодательной базы и т.д. В этих странах, а к ним относится и Украина, информационная агрессия наблюдается, прежде всего, со стороны средств массовой информации: чужая реклама чужой жизни, скрытая реклама наркомании, сексуальных отклонений, различных форм агрессивного поведения человека — все это приводит к тому, что виртуальный мир вытесняет мир реальный.

Поэтому концепция генетической безопасности нации должна включать не только контроль мутагенов и канцерогенов окружающей среды, но и меры по смягчению информационной агрессии и ограничений на определенные действия средств массовой информации и рекламы, а также меры по совершенствованию демографической политики: оптимизацию миграционных процессов, сдерживание эмиграции квалифицированной части населения, дифференцированное стимулирование рождаемости и т.д.

Следует подчеркнуть, что информационная агрессия и генетический риск особую опасность представляют именно для крупных городов; небольшие города более устойчивы к этим отрицательным явлениям.

Существенную угрозу генетической безопасности населения представляет загрязнение городской среды мутагенами и канцерогенами, что способствует развитию различного рода заболеваний; уменьшение площади зеленых насаждений за счет роста урбанизации, напряженность в социальной среде за счет неблагоприятных условий жизни, информационного пресса, шумового загрязнения и т.д.; все эти отрицательные составляющие могут сказываться не только на состоянии здоровья и благосостоянии современного общества, но и иметь далеко идущие последствия, негативно отражаясь в генетической и демографической структуре будущих поколений.

Если отрицательное влияние экономики и политики можно со временем исправить, то экологический вред, нанесенный популяции имеет тенденцию накапливаться на генетическом уровне. Гены человечества — самый ценный природный ресурс и поврежденный генофонд наука пока восстановить не может. Поэтому экологический императив в определенных условиях развития общества может изменить императив экономический и политический и диктовать социуму такие условия существования, которые способствовали бы сохранению популяции.

Биологическое действие акустических полей (шумовое загрязнение). Такое загрязнение создается движущимся транспортом, работой машин и ме-

ханизмов, средствами коммуникативного общения, бытовыми приборами и т.д. Все это вместе называется акустическим полем, характеризуется звуковым давлением $P(t)$ и измеряется в децибелах (дБ). Представления об акустическом поле как о факторе риска для человека появилось сравнительно недавно. Всемирная организация здравоохранения (ISO) определила акустический шум как «...звук, оцениваемый негативно и наносящий вред здоровью». Акустическое поле вызывает возбуждение вегетативной нервной системы, приводит к необратимой потере слуха, снижает работоспособность. Опасными в этом смысле являются также звуковая вибрация, электрические и магнитные поля, ультразвук и другие поля, которые оказывают негативное влияние на человека. Существует специальная регламентация уровней этих полей, и авторы не будут подробно останавливаться на этом вопросе. Следует лишь отметить, что для крупных городов эти факторы риска с каждым годом становятся все более актуальными.

Для снижения акустического воздействия на человека следует использовать различные строительные и технические приемы:

- осуществлять правильное планирование застройки территорий, используя при этом защитные посадки деревьев;
- использовать в конструкциях промышленных и жилых зданий специальный материал, с высокими демпфирующими свойствами, звукопоглощающие перегородки, покрытие и т.д.;
- широко применить индивидуальные средства защиты человека от акустических, электрических и магнитных полей;
- разработать законодательную базу относительно допустимых уровней акустических и других полей, излучаемых объектами техносферы.

Экотехнополис и автомобиль. Впервые эта проблема возникла в промышленно развитых странах (США, Япония, Англия, Франция, ФРГ) в шестидесятых годах. Автомобиль как техническое благо цивилизации превратился во врага №1, в основного загрязнителя воздуха, в источник шума, аварий, виновника многих заболеваний людей, гибели экосферы и т.д.

Загрязнение воздуха вредными веществами отрицательно сказывается на здоровье людей; токсические вещества нарушают рост растений, приводят к обострению болезней у животных.

Проблема загрязнения окружающей среды автотранспортом вышла за рамки техногенной опасности и стала относиться к рангу государственной политики. В большинстве стран приняты соответствующие законы и разработаны механизмы контроля; в законодательном порядке установлены пределы допустимой концентрации (ДЦК) вредных веществ в атмосфере, разрабатывается новый показатель — предельно допустимая экологическая нагрузка (ДЦЭН) на окружающую среду. Параллельно с этим ведутся работы по улучшению качества топлива и конструкции автомобиля, по использованию альтернативных видов энергии для двигателей: электрической, солнечной, использование в виде топлива растительных масел, спирта и т.д. Важной составляющей общей проблемы является создание в крупных городах защитных поясов в виде ле-

сопарков, водоемов, озеленения улиц; создание зон, свободных от автотранспорта или с определенными ограничениями на его движение, создание специальных кольцевых дорог и т.д.

Однако, и это следует особо подчеркнуть, объемы и темпы роста автомобилестроения, как одного из важных показателей научно-технического прогресса, намного опережают разрабатываемые методы и средства экологической безопасности. Острота проблемы не толь не уменьшается, но для экотехнополисов с каждым годом увеличивается, иллюстрируя явное превалирование экономических интересов над социальными и экологическими интересами человечества. По числу аварий и катастроф со смертельным исходом (в Украине за последние 10 лет погибло около 80000 человек), по объему загрязнителей окружающей среды, по шумовому загрязнению крупных городов автомобиль — враг № 1. Именно в автомобиле с удивительной легкостью сочетаются техногенные и антропогенные факторы риска, достижения научного прогресса и законодательной базы в области безопасности: огромные инвестиции для строительства дорог, добычи и переработки горюче-смазочных материалов, усовершенствование качества, безопасности и комфорта автомобилей и т.д. И, несмотря на все это, положение с каждым годом усугубляется, а вред, наносимый окружающей среде и здоровью людей, становится все больше. Проблема «город — автомобиль» не может быть решена только в рамках технической компетенции; нужны мощные экономические рычаги и жесткая государственная политика.

Эколого-экономические аспекты устойчивого развития экотехнополисов. Устойчивое развитие, как и ранее [28], будем понимать в смысле соблюдения такой идеологии разумной деятельности человечества, живущего в полном согласии с природой, которая обеспечила бы улучшение условий жизни себе и будущим поколениям. Другими словами, для соблюдения устойчивого развития общество экотехнополисов должно увязать свое экономическое развитие с экологической безопасностью. При этом, по мнению Е.П. Буравлева [33], экономические мотивации по сравнению с экологическими должны иметь более высокий потенциал. Смысл таких заключений в следующем. Для создания экологической безопасности требуется реализация большого комплекса мероприятий: создание механизма исполнения защиты окружающей среды; техническое и технологическое перевооружение объектов техносферы для обеспечения рационального природопользования; экологическое и экономическое образование населения; разработка законодательной базы и т.д. А для запуска экономических мотиваций необходима лишь разработка законодательного механизма и соблюдение исполнительской дисциплины.

Такая концепция принята во многих странах Европы, и Международная научная программа «Tempus-Tacis» предусматривает развитие в первую очередь именно экономических мотиваций. Безусловно, экономика является «локомотивом» [33] в эколого-экономической трансформации. Однако сведение такой важной проблемы как экологическая безопасность экотехнополисов, равно как и государства в целом, только к экономическим вопросам — означало

бы использование сильно упрощенной модели, В этой проблеме тесно переплелись политические, экономические, техногенные, социальные аспекты, которые в сочетании с национальной безопасностью и непредсказуемыми природными катаклизмами делают систему многопараметрической, нелинейной и стохастичной. Единого подхода для рассмотрения таких систем на сегодняшний день не существует. Поэтому авторы ограничатся рассмотрением эколого-экономических вопросов экотехнополисов исключительно на макроскопическом уровне, акцентируя внимание на экологическом императиве.

Как уже отмечалось, в основе образования экотехнополисов лежат процессы самоорганизации общества. Одним из свойств самоорганизующихся систем является их способность к поддержанию собственного гомеостаза, т.е. к поддержанию стабильности и самосохранения. Такие системы при воздействии возмущений со стороны окружающей среды способны в определенных пределах изменять свое состояние. В основе механизмов изменения лежат отрицательные обратные связи, которые собственно и поддерживают гомеостазис. Для экотехнополисов это, прежде всего, поддержание устойчивого развития за счет энергетического, вещественного и информационного обмена.

Эволюция экотехнополисов как динамичной открытой системы может осуществляться по двум сценариям. Согласно первому сценарию при наличии интенсивного массоэнергетического и информационного обмена с окружающей средой и избыточности населения города могут непрерывно усложняться и расширять свою территорию. Согласно второму сценарию — города могут прекратить свое развитие и деградировать, что может быть вызвано катастрофическим падением производства, ростом безработицы, социальными конфликтами, последствиями эпидемий, техногенных катастроф, стихийных бедствий типа землетрясений, извержений вулкана и т.д.

Для устойчивого развития экотехнополиса на определенном промежутке времени необходимо соблюдение разумного баланса между уровнем потребления и производительностью общественного труда. При низком уровне потребления законы самоорганизации заставляют общество уменьшить уровень производства. В этом случае система теряет устойчивость и начинает необратимо деградировать. Помощь извне в виде поставок товаров народного потребления и продовольствия временно замедляет распад общества, но приводит к деградации сельского хозяйства, неразрывно связанного с экотехнополисом. А это, в свою очередь, со временем приведет к новой катастрофе. Если при этом наблюдается высокий уровень экономической свободы, то при низком уровне потребления в обществе создаются условия для появления извращенной социальной ситуации, выражающейся чаще всего в виде появления «дикого рынка», слабо контролируемой спекуляции, безработицы, разгула криминальных элементов.

Дальнейшая экономическая депрессия будет сопровождаться падением плотности населения, занятого в производстве, т.е. массовой безработицей, что в сочетании с инфляцией и политической некомпетентностью властей может привести к технологической и социальной деградации. Как считают многие

ученые, для экотехнополисов гиперинфляция является меньшим злом, чем массовая безработица или социальные конфликты.

Одним из макропараметров, характеризующих свойство общества в любом промежутке времени, является энтропия, которую согласно И. Пригожину [8] можно рассматривать как меру беспорядка в системе, т.е. как меру необратимых изменений, происходящих благодаря изменению внутренних и внешних условий. Накопление системой энтропии ΔS можно выразить в виде уравнения

$$\Delta S = k \ln p,$$

где k – коэффициент пропорциональности,

p – статистический показатель, определяющий координаты системы в экономической и экологической плоскостях.

Для определения этих координат можно воспользоваться известными уравнениями Леонтьева, Вольтера или Иерусалимского [34], достаточно хорошо описывающих как экономические, так и экологические процессы. Приведем в качестве примера модель В. Леонтьева, согласно которой

$$V = AV + P_1,$$

где V – вектор валового выпуска продукции или скопление отходов;

A – коэффициент прямых затрат или экологический риск;

P_1 – непроемчивое потребление или косвенный экологический ущерб.

Эта модель используется как при планировании и исследовании реальной экономики, так и для оценки антропогенной нагрузки на окружающую среду.

В устойчиво функционирующем экотехнополисе, как в открытой сложной системе, изменение макропараметров под действием внешних или внутренних факторов происходит с накоплением энтропии и приводит к последовательному прохождению системой некоторых состояний, которые имеют обратимый характер. Если же система выходит из-под контроля, например, в случае социального коллапса или природных катастроф, то изменение ее макропараметров имеет необратимый характер. Диссипация, которая раньше поддерживала процессы самоорганизации в системе, приводит к резкому росту энтропии и, в конечном итоге, способствует деградации системы. Так, при низком потреблении в обществе, при высокой ресурсоемкости хозяйственного механизма, при экологическом неблагополучии и, следовательно, больших затратах на устранение этого неблагополучия, энтропия резко возрастает и способствует переходу системы в новое состояние с худшими экологическими параметрами.

Остановить рост энтропии можно посредством увеличения производства, т.е. увеличением прохождения через экотехнополис потоков вещества, энергии и информации. Вместе с тем, если не использовать новые технологии, это еще более ухудшит экологическую обстановку, что в сочетании с неизбежными социальными конфликтами будет способствовать дальнейшим деградационным процессам. Т.е. экологический императив будет иметь весьма существенное влияние и способен изменить техническую и экономическую политику.

Таким образом, на определенных этапах развития экотехнополиса наравне с рыночными отношениями должны существовать и жесткие админи-

стративные меры (государственное регулирование). К ним в первую очередь относится: лицензирование природопользования и природоохранной деятельности, экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду, экологический аудит, экологическая сертификация и т.д.

Проблема развития экотехнополисов в XXI веке. На пороге третьего тысячелетия в демографической политике произошло два важных события: во-первых, в середине 1999 года человечество перешагнуло шестимиллиардный рубеж; во-вторых — впервые в истории цивилизации численность городского населения составило половину от общего числа живущих на Земле. И эта ситуация приобретает одностороннюю направленность: с каждым годом скорость роста больших городов возрастает. Вместе с тем большим городам соответствуют и большие проблемы; последствия чрезвычайных ситуаций техногенного, социального и природного характера в них приобретает массовость, как в отношении гибели людей, так и разрушения городской инфраструктуры. Уже совершенно очевидно, что эти проблемы не только переедут в XXI век, но и со временем приобретут особую остроту. Этому в значительной мере будет способствовать неконтролируемый рост населения, незрелость общественного сознания, спонтанный и слабо контролируемый рост техносферы, необратимые изменения среды обитания и т.д. Опасностей для жителей крупных городов станет еще больше; более того, эти опасности будут многовекторными, и наряду с традиционными факторами риска будут существовать и сравнительно новые: генетические, демографические, информационные, шумовая агрессия, проблема отходов и т.д.

Все это вместе затрудняет прогнозирование развития экотехнополисов. В этом быстроизменяющемся, многопараметрическом и противоречивом мире попытка создать приемлемую концепцию их развития является весьма проблематичной. Тем не менее, используя накопленный опыт и тенденции эволюции существующих экотехнополисов, можно указать на ряд обобщающих положений, которые могут быть приняты во внимание при разработке долгосрочных планов развития больших городов. Сущность этих обобщений в следующем.

1. Первое обобщение было высказано авторами работы [30] и мы приводим его в виде сокращенных тезисов. По их мнению, на грани третьего тысячелетия начали вырисовываться контуры искусственной среды, т.е. большого региона, как системы, создаваемой человечеством в естественной среде, адаптированной к ней, но позволяющей вести и автономное существование в случае катастроф в биосфере. Благодаря городам и высокой плотности населения в них создаются условия для реализации определенной стратегии — сохранить на значительной площади планеты естественную окружающую среду. Таким образом, авторы делают вывод: создание искусственной среды (большого региона) в коэволюции с естественной окружающей средой — это естественный путь дальнейшего развития цивилизации.

2. Второе обобщение было высказано многими учеными на Международной конференции «Человек в большом городе XXI века» (Москва, 1998

год). Сущность его в следующем. Существующие экотехнополисы, равно как и мегаполисы, по занимаемой территории, плотности населения, капитала [27] и объектов техносферы практически достигли разумной черты, за которой жизнь людей становится весьма опасной вследствие экологических, социальных и биологических факторов риска. Для их нормального функционирования необходима децентрализация: вынос наиболее опасных объектов за пределы городов; разрушение устаревших и неперспективных регионов и создание на их месте экосистем; массовое озеленение и строительство искусственных водоемов; резкое снижение генетических и демографических факторов риска и т.д.

Как видно, прогнозы развития экотехнополисов весьма противоречивы. Дальнейшее изучение этого сложного вопроса потребует объединенных усилий многих ученых разных специальностей, для чего, безусловно, нужны Международные научные Программы и специальный Координационный центр.

Однако даже сегодня можно отметить ряд обобщающих требований, которые относятся ко всем существующим экотехнополисам и крупным городам независимо от их социальных и техногенных различий, соблюдение которых позволит если не устранить, то, по крайней мере, смягчить возникшие противоречия. К ним относятся:

- разумная градостроительная политика; рост урбанизации должен сочетаться с опережающей стратегией экотехнополисов, с учетом антропогенных, техногенных и природных факторов риска;
- принятие решений по развитию экотехнополисов, особенно по развитию объектов техносферы, должно осуществляться на основе четко спланированной системы предупреждения и прогнозирования социальных, биологических и стихийных катаклизмов;
- оздоровление городской экономики, рациональная перестройка градообразующей деятельности должны осуществляться с увеличением доли экологических наукоемких производств и современных энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Как видно, проблемы эволюции экотехнополисов, проблемы их безопасности и устойчивого развития, носят комплексный характер и могут быть реализованы только на основе системного подхода. Решение таких проблем не может быть обеспечено без обеспечения нормальной жизни населения, т.е. без соблюдения экологического императива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В.И. Начало и вечность жизни, М.: «Советская Россия», 1989. — 704 с.
2. Вернадский В.И. Научная жизнь как планетное явление. — М.: Наука, 1991. — 272 с.
3. Дырда В.И. Концепция безопасности функционирования сложных технических систем // Труды 1 Международного симпозиума по механике эластомеров, Севастополь, июнь 1994, — Днепропетровск: ВПОП «Дніпро», 1995. — Т. 1. — С. 102-103.
4. Дырда В.И. Концепции В.И.Вернадского и современные проблемы безопасности // Совр. технологии в тяжелом и транспортном машиностроении. — Днепропетровск. -1995.
5. Дырда В.И., Тимофеев В.Г. Некоторые вопросы глобальной безопасности // Научно-практическая конференция «Спасение, защита, безопасность — новое в науке, технологии», Москва, 7-8 сентября 1995. — М.
6. Дьярмати И. Неравновесная термодинамика. М.- 1974.
7. Пригожин И.Р. Время, структуры и флуктуации // Успехи физических наук. — М.- 1960. — Т. 131, Вып.2. — С.185.
8. Пригожин И.Р. Философия неустойчивости // Вопросы философии. -1991.- № 6.

9. Эшби У.Р. Введение в кибернетику. - М. - 1959.
10. Моисеев Н.Н. Человек, среда, общество. - М.: Наука, 1982. - 240 с.
11. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. - М. - 1990. - 351 с.
12. Моисеев Н.Н. Пути к созданию. - М. - 1992. - 254 с.
13. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. - М. - 1991. - 264 с.
14. Пригожин И.Р., Ж. Николис. Биологический порядок, структура и неустойчивости // Успехи физических наук. - М. - 1973. - Т. 209 Вып.3. - 517 с.
15. Философский энциклопедический словарь. - М.: Советская энциклопедия, 1983.
16. Пампура Б.И. Структурная информационная теория надежности систем. - К.: Наукова думка, 1992. - 324 с.
17. Пампура В.И. Управление надежностью энергетических объектов // Электричество. - 1991. - № 12. - С.15-21.
18. Томпсон М.Т. Неустойчивости и катастрофы в науке и технике. - М.: Мир, 1985.
19. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні // Рідна природа. - 1994. - №4-5.
20. Гордиенко Н.А., Дырда В.И. Экологический императив мегаполисов XXI века. // Геотехническая механика. - Днепропетровск. - 1999. Вып. 14. - С. 13-41.
21. Черненко И.В. Общество: между прошлым и будущим // Философская и социологическая мысль. - 1995. - № 3-4.
22. Черненко И.В. Економічна криза і соціальні катастрофи // Філософська і соціологічна думка. - 1991. - № 2.
23. Моисеев Н.Н. «Устойчивое развитие» или «Стратегия переходного периода» // Сб. избранных статей и докладов 2-й Международной конференции «Безопасность и экология горных территорий», Владикавказ, 1995.
24. Дырда В.И. Нравственно-этическая парадигма в контексте глобальной безопасности // Міжнародна конференція «2000 років з Різдва Христового», г.Запорожье, 9 января 1997г.
25. Дырда В.И., Осипенко В.П. Устойчивое развитие и проблемы глобальной безопасности // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - М. - 1995. - Вып. 12. - С.
26. Курбатова О.Л. Демографические процессы в населении Москвы и проблема генетической безопасности // Материалы конференции «Безопасность крупных городов» (Москва, 2-4 апреля 1996 г. - М.: Изд-во «АРКС», 1997. - С.40-65.
27. Моисеев Н.М. Проблема экотехнополисов с точки зрения универсального эволюционизма // Материалы конференции «Безопасность крупных городов» (Москва, 2-4 апреля 1996. - М.: Изд-во «АРКС», 1997. - С.91-95.
28. Дырда В.И., Дюкарев В.П., Чижик Е.Ф. Очерки безопасности сложных систем и проблем устойчивого развития. - Днепропетровск: «Полиграфист», 1999. - 190 с.
29. Реймерс Н.Ф. Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. - М.: Россия молодая, 1994. - С.360.
30. Экология, охрана природы и экологическая безопасность / Под ред. В.И. Данилова-Данильяна. В 2-х частях. - М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. - С.742.
31. Переметчик М. Экология: усвідомлення змін // Технополіс. - 1999. - № 4. - С.7-8.
32. Амбарцумян В.В. Автотранспорт и окружающая среда // Экология и жизнь. - 1999. - № 2. - С.62-66.
33. Буравлев Е.П. Мотивации устойчивого развития // Довкілля та здоров'я. - 1999. - № 2. - С.52-56.
34. Леонтьев В. Окружающая среда и экономика // Новые идеи в географии. - М.: Прогресс, 1977. - С.66-89.
35. Гордиенко Н.А. Некоторые проблемы устойчивого развития Украины в условиях глобального финансового кризиса // Геотехническая механика. - Днепропетровск. - 1999. - Вып. 11. - С.48-53.
36. Шемавнев В.И., Гордиенко Н.А., Дырда В.И. Устойчивое развитие в контексте науки на рубеже тысячелетий // Геотехническая механика. - Днепропетровск. - 2001. - Вып. 28. С. 3-26.
37. Шемавнев В.И., Дырда В.И. Биосферно-ноосферная концепция В.Вернадского в контексте устойчивого развития // Геотехническая механика. - Днепропетровск. - 2002. - Вып. 31. С. 3-12.
38. Стан природно-техногенної безпеки України та основні напрямки підвищення її рівня // Надзвичайна ситуація. - 2001. - № 2. - С. 3-96.