

**Бурнасов А.С., Ковалев Ю.Ю., Степанов А.В.**

Уральский федеральный университет,  
Россия, г. Екатеринбург, e-mail: burnasov@mail.ru

## **КОМПЛЕКСНОСТЬ И МАТЕРИАЛЬНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТАБОЛИЗМ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПУТИ КОЭВОЛЮЦИИ**

В статье анализируются особенности теории сложности для динамики географических (территориальных) систем через призму сложности структур и отношений геосистем различного иерархического уровня. Исследованы особенности сетевых взаимоотношений между природными и социальными подсистемами территорий и подчеркивается роль материальных и энергетических потоков как системообразующих факторов природно-социальных геосистем. Показана взаимосвязь между уровнем развития человеческих сообществ и потреблением природных материальных и энергетических ресурсов. Анализ уровня потребления природных ресурсов в первобытном, аграрном и индустриальном социумах показал критическое для природных систем возрастание антропогенного потребления ресурсов в индустриальную эпоху.

В статье особое внимание уделено индикаторам материало- и энергопотребления, выбросов CO<sub>2</sub> между развитыми и развивающимися странами. Выявлена взаимосвязь между уровнем жизни населения и потреблением ресурсов, а также рассмотрена дестабилизирующая роль Запада в глобальной геосистеме. Предлагаются обоснованные методы и подходы при разработке стратегии экологической трансформации геосистем, коэволюции в них природных и социальных структур на основе комплексной имплементации стратегий зеленой экономики, построста, социальных и экологических инноваций.

*Ключевые слова:* сложность, территориальные системы, материально-энергетический метаболизм, природные и социальные подсистемы, коэволюция, устойчивое развитие, зеленая экономика, построст.

Burnasov A.S., Kovalev Yu.Yu., Stepanov A.V.

Ural Federal University,  
Russia, Yekaterinburg, e-mail: burnasov@mail.ru

### **Complexity, material and energy metabolism of territorial systems: prospects and ways of co-evolution**

The article analyzes the features of the theory of complexity for the dynamics of geographical (territorial) systems from the perspective of the complexity of structures and relations of geosystems of different hierarchical levels. The features of network relationships between the natural and social subsystems of territories are investigated and the role of material and energy flows as system-forming factors of natural-social geosystems is emphasized. The relationship between the level of human communities' development and the consumption of natural material and energy resources is shown. The analysis of the level of consumption of natural resources in primitive, agrarian and industrial societies showed an increase in anthropogenic consumption of resources critical for natural systems in the industrial era.

The article focuses on indicators of material and energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions between developed and developing countries. The relationship between the standard of living of the population and the consumption of resources is revealed, and the destabilizing role of the West in the global geosystem is also considered. Substantiated methods and approaches are proposed when developing a strategy for the ecological transformation of geosystems, the co-evolution of natural and social structures in them based on the integrated implementation of green economy strategies, post-growth, social and environmental innovations.

**Key words:** complexity, territorial systems, material and energy metabolism, natural and social subsystems, co-evolution, sustainable development, green economy, post-growth.

Бурнасов А.С., Ковалев Ю.Ю., Степанов А.В.

Орал Федералды университеті,  
Ресей, Екатеринбург қ., e-mail: burnasov@mail.ru

**Аумақтық жүйелердің күрделі және материалдық және энергетикалық алмасуы: бірлескен эволюцияның перспективалары мен жолдары**

Мақалада географиялық (аумақтық) жүйелер динамикасы үшін күрделілік теориясының ерекшеліктері әр түрлі иерархиялық деңгейдегі геожүйелер құрылымдары мен қатынастарының күрделілігі аралық әсері арқылы талданды. Аумақтардың табиғи және әлеуметтік ішкі жүйелері арасындағы желілік қатынастардың ерекшеліктері зерттелініп, табиғи-әлеуметтік геожүйелердің жүйелік құрушы факторлары ретінде материалдық және энергия ағындарының рөлі ерекше атап өтілді. Адам қоғамдастығының даму деңгейі мен табиғи материалдық және энергетикалық ресурстарды тұтыну арасындағы байланыс көрсетілген. Индустриалды кезеңде қарапайым, аграрлық және индустриалды қоғамдарда табиғи ресурстарды пайдалану деңгейін талдау табиғи жүйелер үшін маңызды ресурстарды тұтыну көрсеткішінің өскенін көрсетті.

Мақалада дамыған және дамушы елдер арасындағы  $CO_2$  шығарындылары, материалдық және энергия тұтыну көрсеткіштеріне ерекше көңіл бөлінген. Халықтың өмір сүру деңгейі мен ресурстарды тұтыну арасындағы байланыс айқындалады, сонымен бірге ғаламдық геожүйеде Батыстың тұрақсыз рөлі қарастырылды. Жасыл экономика стратегиясын, өсуден кейінгі, әлеуметтік және экологиялық инновацияларды кешенді іске асыру негізінде геожүйелерді экологиялық қайта құру, олардағы табиғи және әлеуметтік құрылымдардың бірлескен эволюциясы стратегиясын әзірлеу кезінде негізделген әдістер мен тәсілдер ұсынылды.

**Түйін сөздер:** күрделілік, аумақтық жүйелер, материалдық және энергетикалық алмасу, табиғи және әлеуметтік ішкі жүйелер, бірлескен эволюция, тұрақты даму, жасыл экономика, постдаму.

## Введение

Теория комплексности (теория сложности)<sup>1</sup> – область системной парадигмы – имеет на сегодняшний день все основания стать доминирующей метатеорией современной науки. Становление теории комплексности и ее эволюция связаны с деятельностью института Санта Фе (SFI) в штате Нью-Мексико (США). Ее концептуальное развитие отражено в работах Левина Р., Кауффмана С., Майнцера К., Курдюмова С.П., Князевой Е.Н. и др. Особый вклад в понимание комплексности внес немецкий социолог Н. Луман. Корни теории комплексности уходят в общую теорию систем, кибернетику, теорию хаоса, постнеклассическое научное мировоззрение. Ее модели используют во многих областях науки и в междисциплинарных исследованиях. Эпистемологическая ценность данной теории состоит в относительно простом и логичном объяснении внутренней и внешней динамики комплексных систем, их эволюции, возникновении в них новых свойств, процессов

эмерджентности, адаптации, самоорганизации (Weig, 2016). Ее универсальность связана с доминированием в современном научном дискурсе системной перспективы восприятия окружающей реальности (действительности), интеллектуальным схватыванием (прегензией) объектов в виде ассоциаций, соединений, структурных обществ (Уайтхед, 1990).

Исходя из этой позиции, весь мир представляет собой комплекс комплексных систем. Под комплексностью систем (complexus лат.: то, что соткано, сплетено вместе) понимают состояние (модус) систем на основе нелинейных взаимоотношений между ее взаимосвязанными элементами (субсистем) (Weig, 2016: 26). **Нелинейность** отношений внутри системы (субсистем, элементов) создает перманентную динамику, ведет к образованию новых качеств, свойств, что определяет направление эволюции всей системы. Теория комплексности предлагает свое видение создания порядка внутри системы, механизмов адаптации к изменяющимся внешним условиям, выбора траектории развития и становления будущего.

В географии применение терминологии и концептуального аппарата теории комплексности получает развитие в конце 1990-х начале 2000 гг. В работах Н. Трифта, Б. Раттера,

<sup>1</sup> Понятие сложности, по нашему мнению, неудачно отражает свойства изучаемых систем. Система может быть сложной, но не является комплексной. С другой стороны, комплексная система, состоящая из двух элементов может быть комплексной (прим. Авторов).

С. Мансона, и Д. О'Сулливана рассматриваются возможности приложения теории комплексности для исследования пространственных взаимодействий элементов территории. Отдельные исследователи видят теорию комплексности как «мост» между природными и общественными сегментами географической науки, например Питер Дирксмайер, Хайке Эгнер, другие — ограничиваются применением ее моделей к объяснению современного состояния и эволюции социальных систем. Можно предположить и третий вариант использования теории комплексности в географии. Согласно мировоззренческой позиции немецкого исследователя П. Вайххарта (P. Weichhart), **главная задача современной географии** заключается не в установке «мостов» между физической и социально-экономической (гуманитарной) географией, а в «реконструкции и анализе уже имеющихся связей и взаимодействии между различными эмерджентными уровнями *бытия* (Seinsbereichen)» (Weichhart, 2008). Для этого он предлагает выделение исследовательских отношений в системе «природа-общество» в отдельный, самостоятельный гносеологический объект географии (третий столб географической науки), который «не совместим с постановками вопросов в социальной и физической географии и нуждается в собственных концепциях и описательных категориях» (Weichhart, 2008: 66). Для такого объекта необходимы новый язык, новые методы и подходы, новые концепции. По нашему мнению, теория комплексности, приложимая к изучению территориальных систем, могла бы стать той альтернативной гносеологической моделью, позволяющей рассматривать территорию как *целостную, эволюционирующую систему взаимодействующий и взаимосвязанных природных, социальных, экономических, политических, культурных, психических и др. элементов (подсистем)*. В какой-то степени, использование теории комплексности территориальных систем стало бы углубленной модификацией хронологического подхода в географии, получившей определенную недооценку в Российской Федерации (Гладкий, 2010: 173).

Применение комплексных системных моделей в анализе структур территориальной системы, выявление особенностей их взаимодействий, взаимовлияния, ведущие к эффектам эмерджентности, коэволюции очень важны для понимания процессов и организации всей системы, устраняют барьеры между миром природы и социальной жизнью людей, позволяют увидеть мир единым и целостным. Понимание функциональности системы, в свою очередь, смогло

бы оценить возможность влияния на структуры и процессы внутри системы, усилить желаемое развитие, корректировать ошибки, способствовать трансформации структур в благоприятном для человечества направлении, активизировать механизмы самоорганизации и территориального творчества. Комплексный подход, таким образом, предлагает географам изменить перспективы исследования географических явлений, дает возможность получить новые, неожиданные знания о развитии территориальных систем.

Целью данной статьи состоит в совершенствовании понимания динамики территориальных систем с позиций теории комплексности, рассмотрении возможностей применения теории в анализе взаимодействий субсистем территорий, образовании системных «социально-экологических» режимов, в основе которых находятся процессы материально-энергетического метаболизма территорий. Теория комплексности претендует на синтетическую миссию в географии. Она объединяет в своем исследовательском поле различные, на первый взгляд, по качеству и функциям системы, вносит субъекта (наблюдателя) как равноценного актора системобразования. Все это создает условия использования теории комплексности не только в качестве гносеологической модели, но и как научный метод в решении практических задач. Особенно в актуальный период, перед лицом нависших над человечеством глобальных угроз (изменения климата, геополитическая нестабильности, войны) необходим инструмент комплексности, мультиизмеряемости, контекстуализации.

### **Территориальные системы как комплексные системы**

Современное т.н. «модерно-холистическое» мировоззрение пост неклассического периода развития науки базируется на понимании мира как целостной, иерархичной, высококомплексной системы, пронизанной вдоль и поперек разветвленной сетью структурных отношений (Dürr, 2011). Мир — гигантская суперсистема, состоящая из бесчисленного множества систем различной структуры и различного иерархического уровня. Системы состоят из систем-частей более низкого порядка, но которые и сами являются частью системы высшей организации. Атомы, молекулы, клетки, ткани, организмы, экосистемы, социумы представляют собой системы различного уровня иерархии. Так, молекулы состоят из систем атомов и при этом сами являются составной частью более высокоорганизованных систем

(вещества, клетки и т.д.). В 1960-х гг. британский исследователь венгерского происхождения А. Кёслер предложил для понимания системного характера действительности использовать термин «холон». Холон – это одновременно и целое (holos), и часть чего-то более крупного (on) (Уилбер, 2006; Koestler, 1967). Любая система представляет собой холон (часть/целое) низшего и высшего порядка по отношению к другим холонам. Отношения внутри холонов строятся по принципу холархии: высшие холоны могут функционировать лишь на основе оптимальной деятельности низших холонов. Так, социальная жизнь возможна лишь при наличии биотических систем. В свою очередь, биосфера не может существовать без абиотических элементов (воды, солнечного света) (там же, 28). Взаимосвязанные и взаимодействующие на принципах холархии геохолоны (по А.П. Ковалеву) образуют на нашей планете географическую сферу (Ковалев, 2018).

Географическая сфера — комплекс взаимосвязанных геосистем, состоящих из вертикально интегрированных взаимодействующих систем (субсистем, холонов) различного иерархического уровня<sup>2</sup>. Территориальные геосистемы имеют больший уровень комплексности, чем акваториальные. В них более полно представлен активный социальный элемент с его многоплановой хозяйственной, политической, культурной деятельностью. Кроме того, неотъемлемой частью территориальных систем являются психические системы, конституирующие объект-субъектные отношения и делающих возможным познавательный процесс. Каждая из систем территории имеет свой внутренний операционный алгоритм и автономна. Для социальных систем средством коммуникации (и тем самым поддержание единства системы) является символическая информация (деньги, идеи, власть) (Glossar zu Niklas..., 1997). В природных системах поддержание порядка создается за счет циркуляции вещества и энергии между абиотическими и биотическими системами. Как отмечает немецкий философ Н. Луман, хотя системы и автономны, они не изолированы. Между ними возникают различные формы взаимозависимости (Interdependenz) (там же, 196). В территориальных системах структурное сцепление (и тем самым образование систем) между абиотическими, биотическими

и социальными (антропогенными) подсистемами (холонами) обеспечивается за счет непрерывного обмена веществом, энергией между ними (Зво-рыкин, 1977). Комплексный и динамический нексус (Beziehungsgeflecht) природных и социальных систем описывается в терминах «общественный метаболизм», «природно-общественные отношения», «симбиоз» (Weisz, 2010).

Данный процесс и создает комплексность системы. Территориальные системы образуются на основе уникального переплетения холонов более низшего порядка (проф. А.П. Ковалев использует понятие «геохолон») (Ковалев, 2018). В них физические, биологические холоны находятся в непрерывном обмене энергией, веществом и информацией с социальными холонами. Территориальная система отражает в своей современной структуре стадии развития природной и социальной сферы: от физиосферы (абиотический элемент) к биосфере и далее к антропосфере (ноосфере). При этом происходит усложнение структуры системы, повышение уровня ее организации. В основе эволюции лежат процессы дифференциации холонов, их нового комбинирования, новых связей, нового уровня организации, что ведет к образованию системы более высокого уровня (Уилбер, 2006). На каждом этапе развития геосферы та или иная ее часть (физио-, био- и антропосфера) во многом определяла режим функционирования всей системы. Начало формирования биосферы и ее дальнейшая эволюция коренным образом повлияли на изменения состояния и развития абиотической сферы Земли (атмосферы, земной коры, океанов). Начало формирования антропосферы (ноосферы) повлекло изменение всех предыдущих систем и достигло своего апогея в настоящее время. По Д. Лавлоку, именно биосфера представляет собой активную, адаптивную контрольную систему, которая поддерживает состояние гомеостаза на нашей планете и противодействует энтропийным процессам (Lovelock, 2007). Образование антропосферы (по К. Уилберу – ноосферы) с ее более пластичной благодаря человеческому сознанию организацией ознаменовала новый этап развития территориальных систем – этап трансформации природных систем в антропогенные. В них сформированные на протяжении миллионов лет эволюции сетевые взаимодействия между холонами живой и неживой природы подвержены качественным изменениям со стороны деятельности человека. Степень их изменения зависит от уровня развития общества, его экономических, политических и духовных систем. Сегодня практически нет

<sup>2</sup> На неразрывную связь природного и социального указывал в конце XIX в. В.В. Докучаев в своей работе «Место и роль современного почвоведения в науке и жизни» 1899.

территориальных систем, в которых не присутствовал бы прямо или косвенно социальный холон. Наблюдается лишь различный уровень взаимодействий между холонами геосферы. Образ жизни людей, формы хозяйственной деятельности, уровень развития производительных сил, отраслевой характер производства, плотность населения, экономический режим определяют интенсивность энергетического, материального и информационного обмена с окружающей средой. В одних местах такое взаимодействие очень плотное (индустриальные регионы, города), в других (тропические леса, пустыни, полярные территории, высокогорье) – носит спорадический или косвенный характер. Но представление о природных системах, исключаящее человеческий фактор, явно не отвечает действительности. По словам американского географа Э. Эллиса, «рассматривать Землю как природную экосистему представляется устаревшим, Земля стала уже человеческой системой с включенной в нее естественной экосистемой» (Ellis, 2011). Человечество превратилось в главную геологическую силу на нашей планете. В результате его деятельности за последние 100 лет концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере увеличилась в 1,5 раза, средняя температура воздуха повысилась на  $0,7^\circ \text{C}$ , количество свободного азота возросло в 9 раз. На сегодняшний день от 10 до 30% видов животных находятся под угрозой исчезновения. Не случайно поэтому сейчас идут широкие дискуссии в научном сообществе о принятии о введении нового хронологического периода в геологическую летопись Земли – антропоцена. Его начало датируется годом изобретения паровой машины шотландцем У. Уаттом и началом индустриальной революции.

Взаимоотношения между социальными и природными системами изменяются во времени и пространстве, зависят от уровня развития общества, его потребностей, мощи производительных сил. Проф. С. Сонько высказывает мысль, что одна из главных причин возникновения экологических проблем – различные скорости развития природы и человека. Человеческие системы развиваются значительно быстрее природных, изменяя свое естественное окружение (Сонько, 2013). Мы можем добавить, что антропогенные системы существуют всего лишь десятки тысячи лет, постоянно трансформируясь в материальном и духовном плане. В эволюционном плане это слишком малый отрезок времени для создания устойчивых коэволюционных отношений с природой.

Доминирование антропогенных субсистем (холонов) в территориальной системе определя-

ет формирование границ систем. Деятельность человека, решения, принимаемые властью, населением, территориальная культура формируют определенный режим взаимоотношений между субсистемами территории. Формальные и неформальные институты, законодательная власть определяют ее внешние границы. Границы территориальной системы могут совпадать с административными границами государств, регионов, стран, обладающих определенной степенью автономии и способностью к управлению собственной территорией, в том числе и к менеджменту их экосистем подчеркнутую часть предложения не поняла, возможно, есть пропуск. Политической системе территории как органа принятия решений отводится главная роль в создании механизмов взаимодействий между антропосферой и природой. Немецкий исследователь Э. Баренберг (Bahrenberg) считает, что политическая система территории влияет на характер и уровень взаимодействия между ее различными функциональными системами (Bahrenberg, 2002). Она может усиливать или ослаблять внутренние системы территории, изменять их режим. Например, введение таможенных пошлин может очень сильно повлиять на развитие экономики территории. Можно добавить, что это проявляется на уровне не только национальных территориальных систем (государства), но и менее крупных образований (регионов, вплоть до локального уровня коммун). Дело не в том, что политическая система располагает особыми функциями управления других систем, просто политика как функциональная система при взаимодействии с другими системами территорий, рассматривает их как территориально-связанные системы, как единое целое, как продукт коллективных решений территории (Bahrenberg, 2002:57). От принятия решений власти зависит модус взаимодействий между функциональными системами территорий, а также между природой и человеком. Власть может принимать «строгое» экологическое законодательство, влиять на архитектора и развитие инфраструктуры в соответствии с принципами коэволюции человека и природы, стимулировать переход к экологически чистым источникам энергии, энерго- и ресурсосберегающим технологиям, замкнутому циклу производства и т.д., проводить экологическую модернизацию в соответствии с новым кондратьевским циклом. В руках государства – создание экономики, социума, который действует с природой, а не против нее. С другой стороны, власть может игнорировать требования времени и продолжать политику «статуса-кво» в

отношении природных систем, т.е. видеть в них объект эксплуатации и обогащения.

### Материально-энергетический режим территориальных систем

В основе функционирования и развития территориальных систем лежат процессы обмена энергией, веществом, информацией между структурами внутри системы и вне ее. Внутри территориальных систем существует тесная взаимосвязь и взаимозависимость между ее подсистемами. Рост экономических, социальных систем территорий, выраженный в повышении уровня развития производительных сил, в численности проживающего населения, его благосостояния прямо отражается на функционировании природных систем. Исторически можно наблюдать параллели между ростом материального благосостояния населения и использованием энергетических и материальных ресурсов природы. Впервые такую взаимосвязь увидел британский философ Г. Спенсер. В своей работе «Основные начала» он отмечает, что общественный прогресс базируется на имеющихся в избытке энергетических

ресурсах (Weisz, 2010: 73). Рост их потребления обеспечивает динамику и благосостояние общества. Исследования современных авторов показывают возрастание общественного метаболизма в эволюции человеческого общества. В аграрном обществе, в связи с оседлостью населения, domestikацией животных, ростом ремесел, процессы обмена энергией и вещества между природной и социальными системами резко возросли. По данным Х. Вайц, метаболизм аграрного общества превышал в душевых показателях первобытнообщинный в 3-10 раз (Weisz, 2010: 30). Однако его метаболические процессы, аналогичные тем, что в природе, практически не выходят за пределы локальной территориальной системы и носят замкнутый, круговой характер. В традиционном обществе экономическая деятельность представляла собой стационарный, повторяющийся процесс, находившийся в постоянном равновесии. Как отмечает швейцарский экономист Х.С. Бинсвангер, «в этом простом экономическом процессе (сельское хозяйство и ремесленные мастерские) природа может восприниматься как бесконечный источник производства и место депонирования отходов» (Binswanger, 2009).

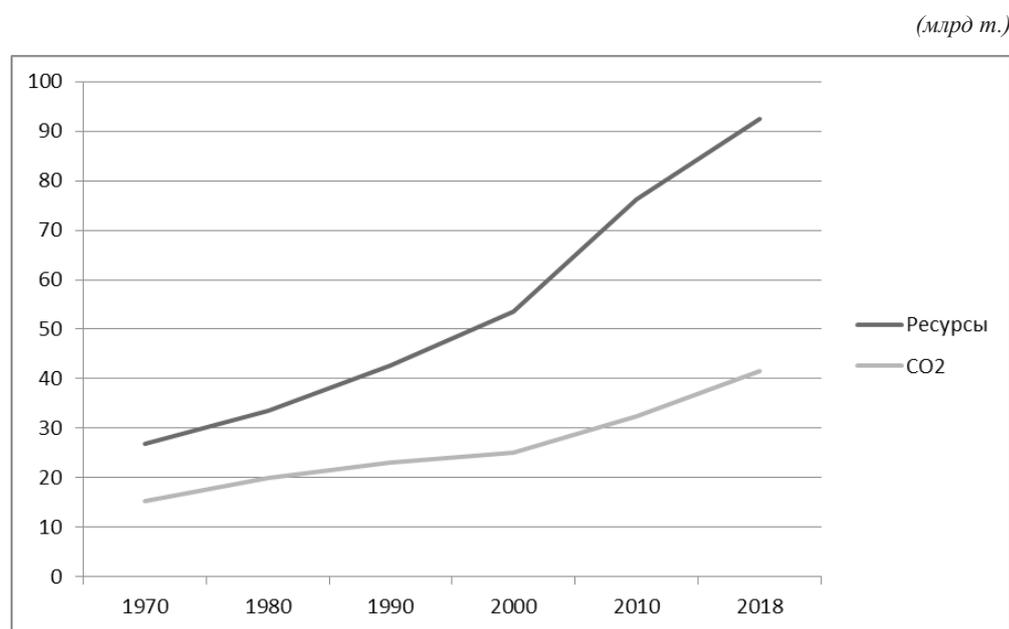


Рисунок 1 – Динамика добычи сырьевых ресурсов и выбросов CO<sub>2</sub> в период 1970-2018

Источник: [19, 25]

С конца XVIII века круговой, замкнутый модус метаболических процессов между социальной (прежде всего экономической) и природными системами выходит на новый уровень

развития: циркуляционные процессы все больше заменяются куммулятивными, нацеленными на экспансию и рост, выходящими за пределы региональных рынков и за границы региональных

экосистем. Это время получило в экономической литературе обозначение индустриальной революции, т.к. накопление и инвестирование капитала в промышленное производство, базирующееся на горючих полезных ископаемых, стали мотором социально-экономического развития. В этой стадии круговой цикл движения товара уже не вписывается в экологический круговорот: для все увеличивающегося производства требуется все больше природных ресурсов, что приводит к изменению экосистем, уменьшению видового биоразнообразия, разрушению биосферы. Территориальный метаболизм энергии и вещества резко возрастает. Он в 5-10 раз превосходит уровень обмена аграрного общества (Weisz, 2010:31). Производимые отходы в виде газов, жидкостей и твердых тел уже не могут «усваиваться» локальными (региональными) экологическими системами, что приводит к их аккумуляции в различных природных средах (атмосфере, океане, почвах и т.д.). Противоречия между антропогенной и природной системами, между линейным ростом производства на основе поглощения материально-энергетических ресурсов в экономике и круговой циркуляцией веществ в природе стали главной причиной резких «сдвигов» в термоди-

намике нашей планеты. Деструктивные процессы в глобальной геосистеме резко усилились, особенно с середины XX в. Это было связано с началом индустриализации в развивающихся странах и интенсификацией сельского хозяйства. В период 1970-2017 гг. добыча сырьевых ресурсов возросла в абсолютных показателях более чем в три раза, топливных – в 2,4 раза (Global material extraction by material category, 1980-2013, 2017), в то же время выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу Земли демонстрировали практически трехкратный рост (с 15,2 до 41,6 млрд т.) (Global fossil fuel emissions..., 2019). Сейчас под вопросом стоит дальнейшее существование нашей планеты. Поэтому необходимо создание новых отношений, нового режима взаимодействия природных и социальных систем.

Пространственная структура энергетико-материальных режимов демонстрирует существенные различия между группировками стран мира. По показателям энергопотребления, материалопотребления, ВВП на душу населения, плотности информационных потоков, производимых отходов и выбросов CO<sub>2</sub> развитые страны на порядок опережают другие государства мира. Особенно по сравнению с наименее развитыми странами мира разрыв колоссален (табл. 1).

**Таблица 1** – Взаимосвязь между ВВП стран, потреблением материальных, энергетических ресурсов и выбросами парниковых газов

Страна	ВВП/чел. тыс. долл	Материалопотребле- ние, т/чел.	Энергопотребление т.усл. топлива/чел	Выбросы CO <sub>2</sub> т/чел.
Катар	138,4	59,7	20,2	45,4
Сингапур	81,3	31,8	5,1	10,3
Люксембург	72	100	6,8	17,4
США	57,5	26,8	6,9	16,5
Эфиопия	1,6	4,0	0,4	0,1
Нигер	0,9	4,9	0,1	0,1

(Global material extraction ..., 2017:25)

Из табл. 1 видно, что потребление материальных ресурсов в Люксембурге в относительных показателях в 25 раз превышало показатели Эфиопии, энергетических ресурсов – в 17 раз. В то же время разрыв в эмиссиях CO<sub>2</sub> данных стран был более чем 100 кратным. Высокими показателями потребления материальных и энергетических ресурсов характеризуются страны Персидского залива, Гонконг (КНР), страны Северной Европы.

Еще более интересным представляется территориальная структура добычи и потребления сырьевых ресурсов. В 2010 г. практически 80% ресурсов извлекалось на территории развивающихся стран. Доля государств Европы, США и Канады составляла чуть более 20% (Global material flows..., 2016:51). В период 1970-2010 гг. доля развитых в мировой добычи сократилась в два раза (соответственно с 19,6 до 9,7%; с 20,9 до 10,5%) (Global material flows..., 2016:51). Одновременно

доля стран Азии увеличилась более чем в два раза (с 24,3 до 52,9%). В целом, «материальный след» развитых государств (25 т/чел.) практически в 10 раз превосходит уровень наименее развитых (2,5 т./чел.) (Global material flows..., 2016:80). Поэтому сокращение масштабов потребления материальных, энергетических ресурсов, а также объемов выбросов твердых, жидких и газообразных отходов является первостепенной задачей экологической политики развитых стран.

Взаимосвязь между экономикой, как составной частью антропосистемы, и природной системой прослеживается и в историческом аспекте. Крупные экономические и политические державы мира не только определяли ход исторических событий на нашей планете, но и были главными потребителями «полезной» и производителями «мертвой» энергии в мире. В XIX в. Великобритания, владевшая практически половиной территории суши Земли, была ответственна за 50% выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу (Bonnieuil, 2015). В период 1750-1900 гг. 4/5 всех выбросов в атмосферу приходилось на Западную Европу и Северную Америку (Bonnieuil, 2015). В начале XXI в. движение к мировому доминированию Китая отражается в динамике его показателей материало- и энергопотребления. Так, в период с 1980 по 2010 г. материалоупотребление страны выросло в абсолютных показателях практически в 10 раз (с 2,9 до 23 млрд т), в относительных – 2,9 до 17,7 т/чел. (Global material extraction..., 2016). Выбросы парниковых газов в этот же период также увеличились практически в 10 раз (с 1,4 до 10,2 млрд т). На сегодняшний день на КНР приходится 30,5% выбросов антропогенного CO<sub>2</sub> в мире, что делает Китай лидером по эмиссии парниковых газов в мире и, следовательно, главным дестабилизирующим фактором мирового развития (разрушение абиотических систем (атмосферы) влечет за собой разрушение биотических и социальных систем).

## Заключение

### *Перспективы и пути коэволюции субсистем территорий*

Сегодня мы видим насущную необходимость трансформации территориальных систем в направлении сбалансированного материально-энергетического метаболизма между социальной и природными системами. перехода на новую энергетическую, материальную парадигму жизни общества для сохранения перспектив дальнейшего развития всего человечества. Австрийский исследователь М. Фишер-Ковальски

считает, что глобальной цивилизации необходимо движение от «неолиберального» экономического режима, базирующегося на энергии топливных ископаемых ресурсов к глобальному *обществу устойчивости*, базирующегося на энергетике возобновляемых ресурсов, эффективном использовании ресурсов (Jaeger, 2016: 57). Изменения должны не только охватывать позицию человека в отношении использования энергии и ресурсов, но также включать в себя создание совершенно новых форм человеческих сообществ, в нашем случае, – совершенно новых типов территориальных систем.

Достижение сбалансированного природно-социального метаболизма является на сегодняшний день предметом бурных научных и общественных дискуссий. На сегодняшний день можно выделить три главных направления дискурса сбалансированного развития и трансформации природно-социальных систем. Это – концепции *«зеленой экономики»*, *построста* и *конвиализма*.

Центральной идеей «зеленой экономики» является устранение антагонизма между развитием экономики и природы, достижение экологических целей путем внедрения в экономические процессы новых природоохранных и ресурсосберегающих технологий. Согласно определению программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), под «зеленой экономикой» понимают такой вид экономической деятельности, «который поддерживает благосостояние, социальное равенство людей и одновременно существенно снижает экологические риски и экологический ущерб» (UNEP, 2018:2). Другими словами, «зеленая экономика» – это качественный экономический рост, эффективное производство с минимизацией затрат сырья и энергии, экономикой замкнутого цикла, минимальными выбросами и отходами. На сегодняшний день «зеленая экономика» является приоритетной парадигмой будущего экономического развития стран мира. Наблюдаемая сегодня тенденция экологической трансформации структур мирового хозяйства (возобновляемая энергетика, замкнутая экономика, индустрия 4.0., смарт-сити, экологический транспорт, сельское хозяйство и др.) свидетельствует о новой стратегии развития региональных систем.

Сдержанная критика «зеленой экономики» идет со стороны многих ведущих экономистов, сторонников концепции *построста* (П. Джексона, Н. Паеча, Ф. Шмидта-Блика). По их мнению, качественный экономический рост не только не сократит использование природных ресурсов,

но, наоборот, приведет к еще большему их потреблению и усилит нагрузку на экологические системы. Благодаря эффекту ребаунда (rebound), каждый новый уровень технологического усовершенствования продуктов потребует гигантских объемов энергии и материалов для замены устаревших. Так, пропагандируемый сегодня переход на электрический транспорт, «чистые» источники энергии в целях декорбанизации экономики и стабилизации климата Земли требует таких затрат природного сырья, энергии на их изготовление, что сделает достижение данных целей невозможным. Чисто технологические инновации не оказывают, в конечном счете, никакого влияния на региональное потребление природных ресурсов в целом (что подтверждает пример «зеленой модернизации» Лондона) (Bauliedl, 2017). Для сбалансированности нужна ментальная трансформация региона: изменение потребительских привычек, сокращение части производства, расширение природных зон, переориентация жизненных установок населения от эгоистично-потребительских к общественно-духовным. Основной целью регионального развития должен стать не экономический рост и поиск ниши в глобальном разделении труда, а усиление региональной резильентности (динамической адаптации) – способности территории противодействовать внутренним и внешним кризисам (глобальному изменению климата, геополитическим ударам, экономическим кризисам), сбалансированное и устойчивое развитие всех систем и структур региона, что возможно лишь на основе коэволюции природных и социальных систем.

Концепция *конвивиальности* (совместной жизни) видит социальную сплоченность, солидарность и кооперацию в регионе как главные факторы его устойчивого развития. Если «зеленая экономика» требует «расцепки» экономики и экологии, то концепция конвивиальности, наоборот, стремится усилить связи между человеком и природой, связи внутри об-

щества, между различными обществами (Vetter, 2015:105). Тем самым она пытается усилить социально-экологическое сознание, дает понять, что без решительных шагов по деэкономизации общества, без имплементации в его ткань таких альтернативных по отношению к неолиберальному дискурсу понятий как кооперация, солидарность, взаимопомощь, достаточность, целостность, единство, – дальнейшее региональное развитие просто невозможно.

Таким образом, для дальнейшего развития территориальных систем необходима стабилизация и сбалансированность природно-социального метаболизма как внутри нее, так и с его внешним окружением. По нашему мнению, в стратегиях социально-экономического развития регионов всего постсоветского пространства необходимо учитывать все три направления экологической трансформации территорий. Комплексное сочетание внедрения передовых ресурсосберегающих технологий во всех сферах социума, с одновременным усилением региональной экономической автаркии, самообеспечением региона необходимыми промышленными и продовольственными товарами, услугами, отказ от ресурсо- и энергоемких, экологически грязных экспортных производств, а также повсеместное внедрение конвивиальных социальных практик (кооперации, самоорганизации) создадут основы экологической трансформации территории. По мнению А. Ковалева, такая территориальная система – это регион будущего, «с самодостаточной социально-производственной системой, органически встроенной в природную среду, согласно стратегии согласованного функционирования. Основу такого региона должно составлять общество, воспроизводящее новую культуру – геокультуру, в которой не только человек представляет собой личность, но и природа перестает восприниматься как ресурс и рассматривается как субъект, с которым следует договариваться» (Ковалев, 2013:190).

## Литература

- Bahrenberg G. Globalisierung und Regionalisierung: die «Enträumlichung» der Region // Geographische Zeitschrift. 2002. Vol. 90. S.52-63.
- Bauriedl L. Smart Cities als Gruenen Utopien. Digital vernetzte Infrastrukturen fuer den Umweltschutz. Geographische Rundschau. № 7/8, 2017. S. 20-36.
- Binswanger H.C. Vorwärts zur Mässigung. Perspektiven einer nachhaltigen Wirtschaft. Hamburg, 2009.
- Bonneuil C. Die Erde im Kapitalozän // Le Mondediplomatique. № 11. 12.11.2015.
- Dürr H.-P. Geist, Kosmos und Physik. Gedanken über Einheit des Lebens. Amerang, 2010.
- Ellis E.C. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. Proceedings of the Royal Society, 2011. 369.
- Global fossil fuel emissions have climbed upward for a second straight year, driven by growing energy use. URL: <https://news.stanford.edu/2018/12/05/global-carbon-dioxide-emissions-rise-even-coal-wanes-renewables-boom/> (дата обращения 22.01.2019)
- Global material extraction by material category, 1980-2013. URL: <http://www.materialflows.net/materialflowsnet/trends/analyses-1980-2013/global-material-extraction-by-material-category-1980-2013/> (дата обращения 16.11.2017).

- Global material flows and resource productivity. UNEP, 2016.
- Glossar zu Niklas Luhmanns Theorie sozialer Systeme / C. Baraldi, G. Corsi, E. Esposito. Frankfurt am Main, 1997.
- Jaeger J., Omann I., Hinterberger F. Was vertraegt unsere Erde noch? // Mut zur Nachhaltigkeit. 12 Wege in die Zukunft. Frankfurt am Main, 2016.
- Koestler A. The Ghost in the Machine. London, 1967.
- Lovelock J. Gaias Rache. Berlin, 2007.
- UNEP. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication» [Electronic resource]. URL: [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER\\_synthesis\\_en.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf) (accessed: 18. 03.2018)
- Vetter A., Best B. Konvivialitaet und Degrowth. Zur Rolle von Technologie in der Gesellschaft // Adloff F., Heins M.V. (Hg) Konvivialismus. Eine Debatte. Bielefeld, 2015.
- Weichhart P. Mythos Brückenfach. // Geographische Revue. 2008. Heft 1. S.59-69.
- Weig B. Resilienz komplexer Regionalsysteme. Dissertation. Wiesbaden: Springer. Spektrum, 2016. 324 s.
- Weisz H. Gesellschaft-Natur Koevolution: Bedingungen der Möglichkeit nachhaltiger Entwicklung. Dissertation. Berlin, 2010.
- Гладкий Ю.Н. Гуманитарная география: научная экспликация. – СПб., 2010.
- Зворыкин К.В., Светлосанов В.А. Подступы к анализу современной геосферы // Вопросы географии. Системные исследования. – № 104. – М.: Издательство «Мысль», 1977. – С. 12-20.
- Ковалев А. П. География наука о геомире и проблемы его теоретического отображения. Проблемы теоретической и гуманитарной географии. Сборник научных статей, посвященный 80-летию со дня рождения Б.Б. Родомана. – М., 2013.
- Ковалев А.П. Холизм и основы холистической географии. [Electronic resource]. URL:<http://www.geography.pp.ua/2012/12/blog-post.html> (дата обращения: 16.11.2018).
- Сонько С.П. Ноосферная эволюция пространственной организации общества. // «Проблемы теоретической и гуманитарной географии. Посвященный 80-летию со дня рождения Б.Б. Родомана. – М., 2013. – С. 129-171.
- Уайтхед А.Н. Избранные работы по философии. – М.: Прогресс, 1990.
- Уилбер, К. Краткая история всего. – М.: АСТ, 2006.

#### References

- Bahrenberg G. (2002) Globalisierung und Regionalisierung: die «Enträumlichung» der Region // Geographische Zeitschrift. Vol. 90. S.52-63.
- Bauriedl L. (2017) Smart Cities als Gruenen Utopien. Digital vernetzte Infrastrukturen fuer den Umweltschutz. Geographische Rundschau. № 7/8. S. 20-36.
- Binswanger H.C. (2009) Vorwärts zur Mässigung. Perspektiven einer nachhaltigen Wirtschaft. Hamburg.
- Bonneuil C. (2015) Die Erde im Kapitalozän // Le Mondediplomatique. № 11. 12.11.
- Dürr H.-P. (2010) Geist, Kosmos und Physik. Gedanken über Einheit des Lebens. Amerang.
- Ellis, E.C. (2011) Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. Proceedings of the Royal Society. 369.
- Global fossil fuel emissions have climbed upward for a second straight year, driven by growing energy use. URL: <https://news.stanford.edu/2018/12/05/global-carbon-dioxide-emissions-rise-even-coal-wanes-renewables-boom/> (accessed 22.01.2019)
- Global material extraction by material category, 1980-2013. URL: <http://www.materialflows.net/materialflowsnet/trends/analyses-1980-2013/global-material-extraction-by-material-category-1980-2013/> (accessed 16.11.2017).
- Global material flows and resource productivity. UNEP, 2016.
- Glossar zu Niklas Luhmanns Theorie sozialer Systeme / C. Baraldi, G. Corsi, E. Esposito. Frankfurt am Main, 1997.
- Jaeger J., Omann I., Hinterberger F. (2016) Was vertraegt unsere Erde noch? // Mut zur Nachhaltigkeit. 12 Wege in die Zukunft. Frankfurt am Main.
- Koestler A. (1967) The Ghost in the Machine. London.
- Lovelock J. (2007) Gaias Rache. Berlin.
- UNEP. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication» [Electronic resource]. URL: [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER\\_synthesis\\_en.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf) (accessed: 18. 03.2018)
- Vetter A., Best B. (2015) Konvivialitaet und Degrowth. Zur Rolle von Technologie in der Gesellschaft // Adloff F., Heins M.V. (Hg) Konvivialismus. Eine Debatte. Bielefeld.
- Weichhart P. (2008) Mythos Brückenfach. // Geographische Revue. Heft 1. S.59-69.
- Weig B. (2016) Resilienz komplexer Regionalsysteme. Dissertation. Wiesbaden: Springer. Spektrum, 324 s.
- Weisz H. (2010) Gesellschaft-Natur Koevolution: Bedingungen der Möglichkeit nachhaltiger Entwicklung. Dissertation. Berlin, 2010.
- Гладкий Ю.Н. Гуманитарная география: научная экспликация [Humanitarian geography: scientific explication]. - SPb.
- Зворыкин К.В., Светлосанов В.А. Подступы к анализу современной геосферы [Approaches to the analysis of the modern geosphere]. Questions of geography. Systemic research. - № 104. - М. : Izdatel'stvo «Mysl'», 1977. - S. 12-20.
- Kovalev A. P. Geografiya nauka o geomire i problemy yego teoreticheskogo predstavleniya [Geography is the science of the geoworld and the problems of its theoretical reflection]. Problems of theoretical and humanitarian geography. Collection of scientific articles dedicated to the 80th birthday of BB Rodoman. - M., 2013.
- Kovalev A.P. (2012) Kholizm i osnovy kholisticheskoy geografii [Holism and the foundations of holistic geography]. URL: <http://www.geography.pp.ua/2012/12/blog-post.html> (data obrashcheniya: 16.11.2018).
- Son'ko S.P. (2013) Noosfernaya evolyutsiya prostranstvennoy organizatsii obshchestva [Noospheric evolution of the spatial organization of society]. "Problems of theoretical and humanitarian geography. Dedicated to the 80th Birthday of BB Rodoman. - M. - S. 129-171.
- Whitehead A.N. (1990) Izbrannyye raboty po filosofii [elected works on philosophy]. - M. : Progress.
- Wilber, K. (2006) Kratkaya istoriya vsego [A Brief History of Everything]. - M.: AST.