

Ермолаева П. О.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТАБОЛИЗМ ГОРОДОВ: КОНЦЕПТУАЛИЗАЦИЯ, НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ, СОВРЕМЕННЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа подготовлена в рамках научно-исследовательского проекта «Комплексное исследование и построение междисциплинарной модели социально-экологического метаболизма современного российского города», осуществляемого при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 15-06-00158а

Ермолаева Полина Олеговна – кандидат социологических наук, доцент, заведующая отделом, Центр перспективных экономических исследований, Академия наук Республики Татарстан.

Россия, Казань, 420111, ул. Островского, 23/1.

E-mail: Polina.Ermolaeva@gmail.com

Тел.: +7(917) 269 73 02

Аннотация. В статье автор предлагает обзор оригинальных источников в отношении изучения концептуальных основ социально-экологического метаболизма городов, также анализируя его основные школы, представителей и направления современных научных исследований. Автор приходит к выводу, что само понятие «социально-экологический метаболизм» имеет разнообразные коннотации в англоязычной литературе в зависимости от методологических позиций и дисциплинарных границ учёных. В зарубежных источниках основное внимание уделяется количественным исследованиям, в противоположность работам, которые выполнены в контексте политологических наук или в качественно-историческом ключе. Большинство работ направлены на изучение потоков материалов и построения математических моделей. Вместе с тем ощущается дефицит исследований, ориентированных на инкорпорацию подхода социального метаболизма к городскому планированию и выработке релевантной городской политики.

Ключевые слова: социально-экологический метаболизм, город, потоки материалов, математические модели, квантификация.

Введение

Глобальные перемены в среде обитания переосмыслили характер социальных процессов и практик, а также социально-экологических проблем, которые сегодня не ограничиваются рамками национальных или государственных границ. Последние социологические конгрессы¹ ещё раз подтвердили возрастающую взаимозависимость государств, необходимость учитывать глобальные факторы,

¹ Например, XVIII-й Всемирный конгресс Международной социологической ассоциации «Перед лицом неравного мира: вызовы глобальной социологии» (2014, Япония).

в том числе схожие метаболические процессы, которые неизменно протекают в городах мира под влиянием рыночной экономики, доминирования идеологии общества потребления, информационных инноваций, встречных контрпроцессов глобализации и глокализации.

Вместе с общим характером процессов социально-экологического метаболизма (далее-СЭМ) в городах мира, каждое общество характеризуется индивидуальной конфигурацией экономических, социокультурных и экологических интересов различных социальных групп и социальных институтов. Соответственно, анализ подходов к изучению СЭМ городов в мировой практике предоставит возможность широкому кругу заинтересованных лиц увидеть многообразие вариантов изучения схожих городских практик и процессов. Альтернативные модели организации городских систем и протекающих в них метаболических процессов позволят пересмотреть те схемы, которые рассматриваются отечественными учёными и практиками как должные, и будут способствовать теоретико-методологическому и эмпирическому приращению знания.

Соответственно, цель данной статьи автором видится в изучении мирового опыта по концептуализации социально-экологического метаболизма городов, а также анализе его основных школ, представителей и направлений современных научных исследований. Данная цель исследования продиктована тем, что недостаточно изучены и адаптированы возможности современных западных социально-экологических теорий и практик к социально-экологическому обновлению городских систем постсоветской России. Обобщение зарубежного опыта в области изучения социально-экологического метаболизма городов является чрезвычайно плодотворным для обогащения национального междисциплинарного исследовательского поля в области исследований социальных процессов и практик. На сегодняшний день подобных работ в отечественном научном дискурсе не проводилось.

Концептуализации СЭМ в мировой практике

Понятие «социально-экологический метаболизм» имеет разнообразные коннотации в англоязычной литературе в зависимости от методологических позиций и дисциплинарных границ учёных.

Так, например, в своей работе М. Ганди [Gandy, 2004] понимает под СЭМ пространство потоков, которое напрямую зависит от внешних факторов, таких как энергия, материалы и информация. Восприятие города в терминах «метаболизма» неизбежно приводит к вопросам о соотношении между социальным и биофизическим в пространстве города. Отвергая функционалистское восприятие данного концепта, автор понимает его диалектически: как взаимодействие между природой и культурой в городской среде. Природа воспринимается не как внешний образ, а как полноценный «участник» городского процесса, который

в свою очередь образует отношения между социальными и биофизическими системами. Автор апеллирует к тому, что если бы термин «городской метаболизм» был бы освобождён от функционалистских трактовок и органицизма, он мог бы выступить в качестве отправной точки критического восприятия отношений между социальными и биофизическими процессами.

Диалектическое понимание городского метаболизма может продемонстрировать процессы трансформации природы в «товары», такие как продовольствие, энергия и питьевая вода. В этом отношении следует различать союз между концепциями неомарксизма трансформации «первой природы» и роли сетей в производстве городского пространства. Диалектическое понимание городского метаболизма с акцентом на товарные цепи, значимость локального контекста и вариативность городских форм, по мнению автора, отличается от недиалектических моделей. Новые концептуальные идеи городской гибридности, взращенные Б. Латуром, Э. Свингидоу (Erik Swyngedouw) и другими прибегают к рассмотрению физических объектов (вода, воздух и т. д.), которые выступают активными агентами (наравне с людьми) в производстве пространства. Эта перспектива сильно отличается от линейных моделей городского пространства, связанных с такими концепциями как «промышленный метаболизм», «экологический отпечаток» (ecological footprints) и другими функционалистскими концепциями городского пространства.

В англоязычной литературе понятие городского метаболизма нередко симметрично с понятием метаболизма живых организмов, поскольку города рассматриваются как экосистемы. Города подобно природным организмам потребляют ресурсы и выделяют отходы. «Города преобразовывают сырьё, топливо и воду в искусственную среду, биомассу и отходы» [Decker et al, 2000]. Конечно, города более сложны, чем природные организмы.

Понятие СЭМ, предложенное Уолменом (1965), отражает фундаментальную природу для объяснения развития устойчивых городов и сообществ. Он определяет городской метаболизм как «суммарный итог технических и социально-экономических процессов, которые происходят в городах, приводя к росту, производству энергии и устранению отходов» [Wolman, 1965]. На практике, по мнению автора, исследование городского метаболизма включает анализ «большой картины» («big picture») – определение количества входящих материалов, продукции и хранение энергии, воды, питательных веществ, материалов и отходов для городских систем.



История исследования СЭМ городов

Для понимания того, как эволюционировала концепция СЭМ, необходимо обратиться к обзору исследований в исторической перспективе. Обзор литературы показывает, что после некоторых формирующих исследований в 1970-х гг., заинтересованность в изучении городского метаболизма почти исчезла в 1980-х. Однако после возобновления интереса к изучению СЭМ в 1990-х гг. число публикаций по исследованию городского метаболизма существенно возросло (около 30 статей по теме).

Начиная с пилотного исследования городского метаболизма Уолмана в 1965 г., было проведено около 30 комплексных исследований городского метаболизма (см. таблицу 1). Приоритетными направлениями стали количественные исследования, в противоположность работам, которые выполнены в контексте политологических исследований (например, Хайен и др. [Heunen et al, 2005]) или в качественно-историческом ключе (например, Тарр [Tarr, 2002]).

Таблица 1

Хронология исследований городского метаболизма¹

Автор	Город или регион изучения	Вклад в СЭМ
Wolman (1965)	Вымышленный американский город размером в 1 млн чел.	Пионерское исследование метаболизма
Zucchetto (1975)	Майями	Подход с точки зрения энергии (Emergy approach)
Stanhill (1977); Odum (1983)	Париж (1950-е гг.)	Подход с точки зрения энергии (Emergy approach)
Hanya and Ambe (1976)	Токио	-
Duvigneaud and Denayeyer-De Smet (1977)	Брюссель	Исследование включает баланс природной энергии
Newcombe et al. (1978); Boyden et al. (1981)	Гонконг	Комплексное исследование метаболизма
Girardet (1992)	-	Метаболизм и устойчивое развитие городов
Bohle (1994)	-	Критика подхода метаболизма для изучения продовольствия в развивающихся странах
European Environment Agency (1995)	Прага	Комплексное исследование метаболизма
Nilson (1995)	Евле (Швеция)	Исследование по фосфору
Baccini (1997)	Швейцарские низменности	-

¹ [Kennedy et al, 2011]

Продолжение таблицы 1

Автор	Город или регион изучения	Вклад в СЭМ
Huang (1998).	Тайпей	Подход с точки зрения энергии (Emergy approach)
Newman (1999); Newman et al. (1996)	Сидней	Индикаторы комфортности города для проживания
Stimson et al. (1999)	Брисбан	Метаболизм и качество жизни
Hermanowicz and Asano (1999)	-	Вода и метаболизм
Hendriks et al. (2000)	Вена и Швейцарские низменности	-
Warren-Rhodes and Koenig (2001)	Гонконг	-
Baker et al. (2001)	Феникс и центральная Аризона	Баланс азота
Sörme et al. (2001)	Стокгольм	Тяжелые металлы
Svidén and Jonsson (2001)	Стокгольм	Ртуть
Obernosterer and Brunner (2001)	Вена	Трубопровод
Færge et al. (2001)	Бангкок	Азот и фосфор
Chartered Institute of Wastes Management (2002)	Лондон	-
Gasson (2002)	Кейптаун	-
Barrett et al. (2002)	Йорк, Великобритания	Материалы
Obernosterer (2002)	-	Металлы
Sahely et al. (2003).	Торонто	-
Emmenegger et al. (2003)	Женева	-
Burstrom et al. (2003)	Стокгольм	Азот и фосфор
Gandy (2004)	-	Вода
Lennox and Turner (2004)	-	Отчёт для государственного экологического департамента
Hammer and Giljum (2006)	Гамбург, Вена и Лейпциг	Материалы
Kennedy et al. (2007)	-	Изменяющийся метаболизм в городах
Schulz (2007)	Сингапур	материалы
Barles (2007a)	Париж	Историческое исследование азота в метаболизме пищевых систем
Forkes (2007)	Торонто	Исследование азота в метаболизме пищевых систем
Zhang and Yang (2007)	Шеньчжень , Китай	Индикаторы эко-эффективности
Ngo and Pataki (2008)	Лос Анджелес	-

Окончание таблицы 1

Автор	Город или регион изучения	Вклад в СЭМ
Chrysoulakis (2008)	Новый проект в рамках гранта EU 7th framework	-
Schremmer and Stead (2009)	Новый проект в рамках гранта EU 7th framework	-
Barles (2009, 2007b)	Париж	Анализ города и пригородов
Zhang et al. (2009)	Пекин	Подход с точки зрения энергии (Emergy approach)
Niza et al. (2009)	Лиссабон	Материалы
Deilmann (2009)	-	Метаболизм и городской ландшафт
Baker et al. (2001)	-	Вода
Thériault and Laroche (2009)	-	Вода
Browne et al. (2009)	Лимерик, Ирландия	Индикаторы эффективности метаболизма

В своём оригинальном исследовании Уолмен [Wolman, 1965] использует национальные данные по анализу водных ресурсов, продовольствия и расхода топлива наряду с объёмом сточных вод, загрязнения водных объектов, чтобы определить скорость их потоков на душу населения для гипотетического американского города численностью в один миллион человек. Его подход к определению материальных потоков, даже с упущением важных характеристик, таких как электричество, инфраструктура, материалы помогли сосредоточить внимание на воздействии всей системы потребления товаров и производства отходов городской экосистемы.

Первые исследования метаболизма в реальных городах стали проводиться в 1970-х гг. Примечательно, что первые три исследования Токио [Hanya & Ambre, 1976], Брюсселя [Duvigneaud & Duvigneaud P., Denayeuer-De Smet, 1977] и Гонконга [Newscombe et al, 1978] проводились в междисциплинарном ключе инженерами-химиками, экологами и инженерами-строителями (см. рис. 1).

В это время развивались две самостоятельные школы: первая, основанная на работах Одума [Odum, 1983], описывала городской метаболизм с точки зрения энергетических эквивалентов. Вторая школа инкорпорировала более широкий подход, изучая городские потоки воды, материалов и питательные вещества.

Школа Одума прежде всего изучала метаболизм с точки зрения солнечной энергии, однако данный подход к изучению городского метаболизма не стал классическим. Суть его позиции состояла в том, что эквиваленты солнечной энергии используются в качестве универсальной метрики. В то же время, сформулированный им энергетический подход внёс вклад в развитие идеи устойчивого развития, но господствующая школа городского метаболизма стала использовать более практические единицы, которые были предложены чиновниками местных органов власти. Тем не менее, эти две школы недалеко друг от друга; они измеряют одни и те же характеристики, но используют различные единицы измерения.

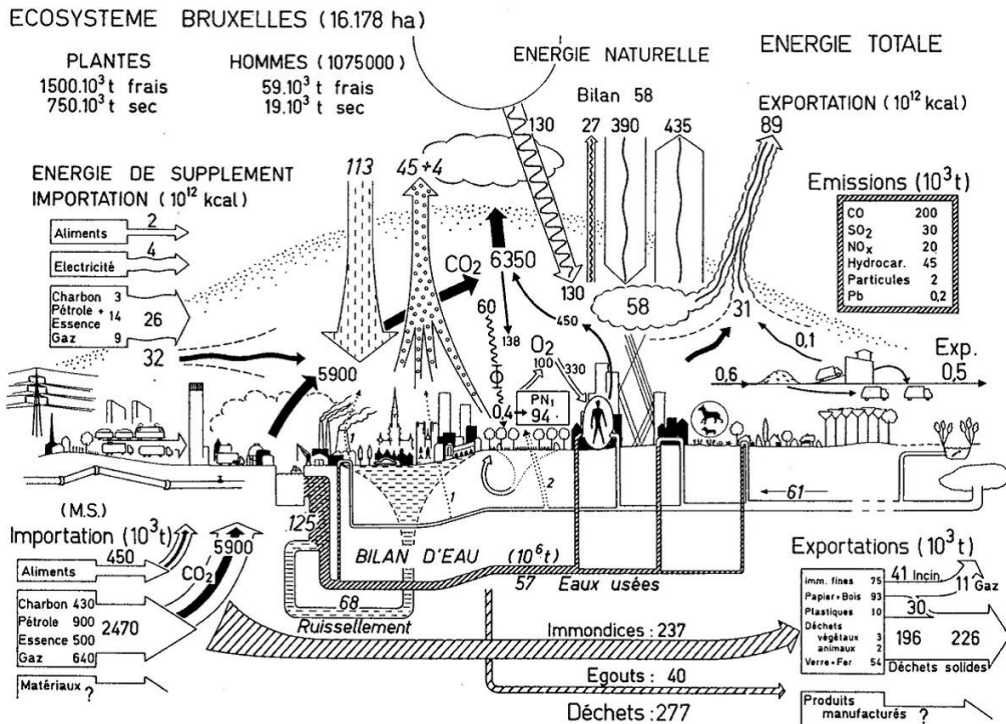


Рис. 1. Изучение городского метаболизма Брюсселя в 1970-х гг.

В течение 1980-х и в начале 1990-х гг. усилия по изучению городского метаболизма были крайне скромными. Несмотря на то, что в Кобэ (Япония) в 1993 г. прошёл международный симпозиум по изучению СЭМ, немногие работы были опубликованы по данной тематике. Исключение составила работа Бохле [Bohle, 1994], который применил анализ метаболизма городских систем к исследованию проблемы обеспечения продовольствием городского населения в развивающихся странах. Такие исследователи, как Урайтерс и Жирардет стали изучать городской метаболизм и устойчивое развитие города [Girardet, 1992].

В 2000-х гг. произошёл ренессанс исследований в области СЭМ: стало появляться всё больше работ по данной проблематике. Так, Ньюман издал работу по исследованию метаболизма Сиднея [Newman et al, 1996]; Бацини и Брунер применили метод анализа потоков материалов¹ к изучению СЭМ Вены [Vaccini & Brunner, 1991], Уоррен-Родос и Кёниг изучали метаболизм Гонконга [Warren-Rhodes & Koening, 2001].

¹ Анализ потоков материалов представляет собой подход для объяснения процессов урбанизации, а также воздействия городов на изменение экосистем. Анализ потоков материалов представляет собой метод для оценки СЭМ, который заключается в изучении экономики как системы, которая воспроизводит сама себя не только социально и культурно, но также физически через постоянный обмен энергией с природными и другими социально-экономическими системами. В СЭМ потоки материалов выступают «мостиком» между экономической и экологической системами. Сырые материалы, вода и воздух используются в качестве сырья для экономической системы.

Изучение метаболизма Гонконга, например, показало, что рост численности населения города на 3 млн человек с 1971 по 1997 гг. увеличил нагрузку на экологическую систему: потребление продовольствия увеличилось на 20% на душу населения, воды – на 40%, материалов – на 149%. По мнению учёных, данная тенденция роста нагрузки на окружающую среду будет только усиливаться, поскольку по прогнозам к 2016 г. рост населения города составит 8,9 млн чел.

Несмотря на использование большого статистического материала, авторы не раскрыли причин и последствий подобного роста потребления ресурсов для города и населения. Вместе с тем, изучение трендов потоков материалов визуализирует для чиновников проблемные поля в городском метаболизме Гонконга (неэффективное использование материалов, энергии, водных ресурсов и чрезмерные объёмы потребления).

Ещё одна работа по изучению метаболизма Сиднея была проведена П. Ньюманом по заказу австралийского государственного экологического департамента. Интерес представил включение в исследование индикатора «удобства города для жизни» («liveability»). В комплексную модель экологического метаболизма были включены такие индикаторы как здоровье, трудоустройство, доход, образование, свободное время, деятельность сообществ. Можно сказать, что автор ввёл традицию по изучению метаболизма в ключе изучения индикаторов качества жизни населения, которые позже использовали в своих работах другие учёные (например, Стипсон [Stimpson et, 1999]; Леннокс и Турнер, 2004 [Lennox & Turner, 2004]).

Кеннеди [Kennedy et, 2007] провёл обзор исследований городского метаболизма с акцентом на методику изучения метаболизма. Его сравнительный анализ исследований Торонто [Sahely et al, 2003], Кейптауна [Gasson, 2002] и Лондона [Chartered Institute..., 2002] показал увеличение потоков СЭМ в городах. Большое внимание было уделено роли природных запасов, которые необходимо учитывать при изучении метаболизма.

Китайский исследователь Джанг [Zhanga et al, 2009] на примере СЭМ Пекина предлагает рассматривать города как большие суперорганизмы, которые перерабатывают сырые материалы из среды обитания и перераспределяют их через экономические отношения и процессы в конечный товар (например, при строительстве, в ЖКХ и т. д.). Эти переработанные материалы возвращаются в среду обратно в виде мусора и выбросов [Matthews, 2000]. Базовый концепт метаболизма был усложнён при помощи включения в него понятия «удобства города для жизни» («liveability») и, таким образом, социально-экономические аспекты устойчивого развития были интегрированы.

Городские метаболические системы включают социально-экономическую систему и внутреннюю среду. Под последней понимаются все природные сферы внутри города. Открытость и взаимозависимость городских систем означает, что городские метаболические потоки не могут питаться внутренними ресурсами, а зависят напрямую от внешней среды. Внешняя среда включает все регионы за пределами городского административного деления, которые поставляют материалы и энергию в города.

Отдельный блок исследований СЭМ посвящён изучению проблемы водных ресурсов и городского метаболизма: например, Сейли и Кеннеди [Sahely, 2007], Бейкер [Baker, 2009].

Ещё одна школа СЭМ изучает метаболизм города на основе анализа потоков городских материалов: например, Оберностер и Бруннер [Obernosterer, 2001]; Оберностер [Obernosterer, 2002]. Согласно методике Евростата главный «входящий» индикатор потока материалов — добыча на территории страны, который включает ежегодное потребление сырья (за исключением воды и воздуха) для экономических нужд.

Лаусон и Дуглас [Huang & Hsu, 2003] оценили эксплуатацию ресурсов планеты для анализа экологических последствий СЭМ. Они высказали точку зрения о том, что квантификация потоков материалов и переработка отходов должны быть важными компонентами анализа устойчивости развития городов. Качество жизни населения городов определяют количество и тип использования ресурсов. Авторы полагают, что бессмысленно критиковать огромный объём потребления больших городов, вопрос должен быть изменён следующим образом: «Что могут сделать города для переработки метаболических потоков и повышения устойчивости?».

Согласно другому подходу, разработанному группой исследователей из Португалии, для достижения устойчивости потоков материалов урбанизированной территории, необходимо понимать СЭМ города и анализ его потоков материалов [Samuel, 2009]. Данные мероприятия должны включать: 1) квантификацию потоков материалов и рост запасов материалов; 2) анализ последствий потоков и запасов материалов на нескольких уровнях: экономическом, экологическом и социальном; 3) контроль и уменьшение потоков материалов (через стратегии дематериализации, например).

К примеру, исследования потоков материалов Лиссабона показали, что ежегодное потребление материалов в городе составило 11 223 млн тонн, то есть 20 тонн материалов на душу населения. Около 80% потребления материалов составили невозобновляемые источники энергии, а возобновляемые — только 18%.

В изучении СЭМ особую роль приобрели **математические модели**. К примеру, модели SIMBOX (Бацини и Бейдер [Baccini & Bader, 1996]), STAN (Сендик и Речбергер [Cencic & Rechberger, 2008]; Брунер и Речбергер [Brunner & Rechberger, 2004]). Эти модели включают исследование процессов, направленных на анализ метаболических потоков, которые в большинстве случаев связаны с экономическими переменными. Эти модели также имеют прогностическую функцию, поскольку могут моделировать изменения в системе. К примеру, для описания СЭМ Пекина авторы применили математическую модель,



на основе изучения которой они приходят к мнению, что с 1990 по 2004 гг. СЭМ Пекина значительно вырос. Несмотря на рост эффективности метаболизма Пекина и другие улучшения в структуре метаболизма, всё же остаётся большая зависимость города от невозобновляемых источников энергии и природных ресурсов, потребляемых вне города [Zhanga et al, 2009].

Использование концепций метаболизма в **городском дизайне** – достаточно новое направление в науке. Первая серьёзная попытка перейти от анализа к дизайну в изучении городского метаболизма была совершена Освальдом и Бацини [Oswald & Vaccini, 2003]. Отправной точкой стал посыл о том, что модель «центр-периферия» является устаревшей, при этом новое городское развитие не является устойчивым. Авторы предложили четыре принципа для изменения дизайна города: идентификация, многообразие, гибкость, самодостаточность и ресурсоэффективность для измерения основных компонентов городской экосистемы (вода, продовольствие, строительные материалы и энергия).

Дж. Фернандес со своими студентами из Массачусетского технологического института использовали концепт городского метаболизма применительно к дизайну Нового Орлеана после урагана Катрина [Quinn, 2007]. Студенты университета Торонто описали метаболизм применительно к дизайну инфраструктуры «устойчивых городов» на примере Торонто (см. рис. 2). Была использована единица анализа «метаболизм городского квартала» (neighbourhood metabolism) [Codoban & Kennedy, 2008].

Применение метаболического подхода (в частности изучение движения потоков материалов) к городскому планированию, по мнению большинства учёных, должны стать практикой, а не единичным экспериментом, поскольку большинство исследований СЭМ на сегодняшний день превратились в «бухгалтерские операции» (accounting operations) – в подсчёт потоков материалов, квантификацию СЭМ и т. д.

Учёные, изучающие СЭМ городов, пришли к мнению, что большинство исследований по метаболизму проведено в рамках промышленной экологии, которая расширила предмет своего анализа с промышленного метаболизма до социального и городского.

По мнению учёных, достоинствами применения подхода изучения городского метаболизма как теоретической модели является следующее [Pincetl & Bunje, 2007]: 1) идентификация границ системы; 2) изучение входящих и исходящих единиц; 3) иерархический подход к анализу города; 4) наличие декомпозиционных элементов, позволяющих проводить секторальные исследования; 5) анализ городской политики по достижению устойчивости городских систем; 6) интеграция социальных наук с естественными.

Вместе с тем, для более комплексного изучения СЭМ, необходимы: 1) работы, изучающие связи между городским метаболизмом и незащищёнными слоями населения; 2) работы по изучению систем классификации для потоков метаболизма; 3) включение социальных индикаторов в анализ, в частности индикаторов ЗОЖ населения и экономических показателей.

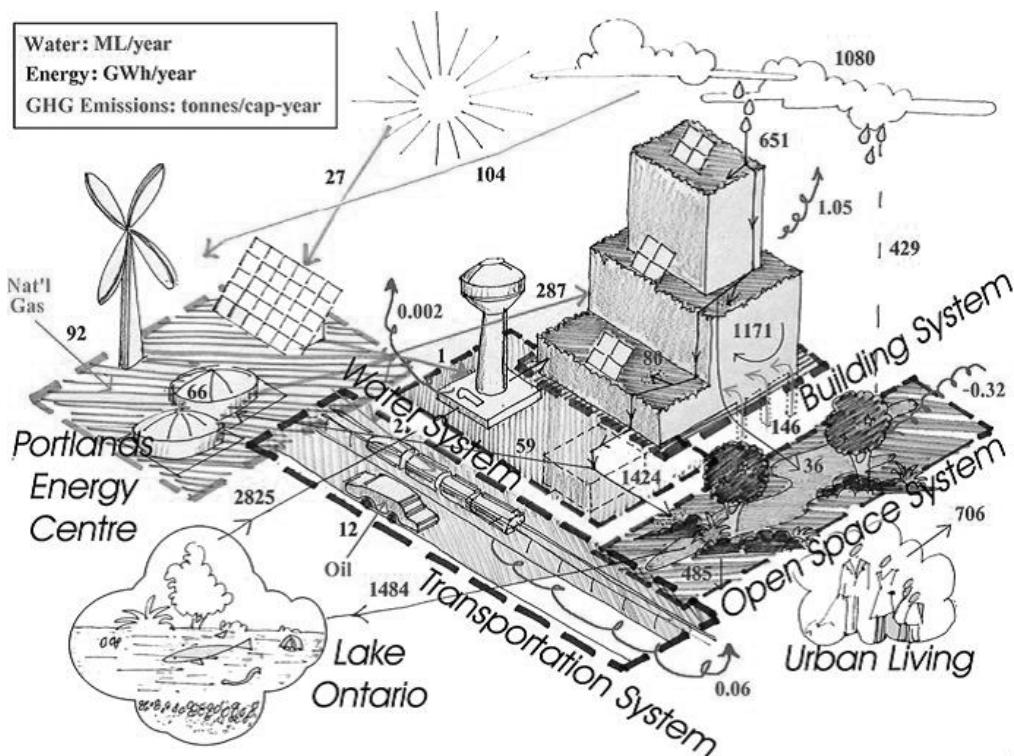


Рис. 2. СЭМ Торонто [Codoban & Kennedy, 2008]

Выводы и дискуссия

Анализ зарубежных источников показал, что исследование социально-экологического метаболизма – удачный пример плодотворного объединения усилий учёных естественных и социальных наук. Однако изначально СЭМ изучался исключительно учёными естественнонаучного направления (экологи, биологи, химики, инженеры), что неизбежно отразилось на терминологии («социально-экологический метаболизм», «потoki движения материалов» и т. д.) исследования процессов СЭМ посредством изучения потоков движения материалов, квантификацию СЭМ и построения математических моделей. В данной перспективе происходит отождествление учёными городского метаболизма с природным: города рассматриваются как суперорганизмы, которые потребляют ресурсы и выделяют отходы.

Однако довольно быстро стала очевидна ограниченность подобной модели для объяснения сложных процессов социальных систем. Соответственно, базовый концепт СЭМ был дополнен социологическим концептом «удобством для жизни», который измерял такие индикаторы, как здоровье, трудоустройство,

доход, образование, свободное время, деятельность сообществ. Этот подход способствовал корректировке понятия СЭМ, который приобрёл иное прочтение: физические объекты стали восприниматься как полноценные акторы городского пространства, переосмысливая связи между социальными и природными системами города.

Впервые городской метаболизм стал изучаться на Западе в 1960-х годах на материалах гипотетического американского города. Однако предпосылки данного подхода были сформированы ранее Г. Спенсером, а также отечественными учёными-естествоиспытателями и философами В. Вернадским, С. Соловьёвым, А. Чижевским и т. д. Вместе с тем, до сих пор полноценных исследований СЭМ городов российскими учёными не проводилось за редким исключением работ, выполненных О. Яницким, О. Усачёвой, С. Давыдовой по изучению практик поведения населения в ходе природных катастроф [Яницкий 2010, 2013]. В связи с этим, в рамках самостоятельного исследования было интересно проанализировать и сравнить СЭМ в российской и мировой перспективах.

Вместе с тем интерес к изучению СЭМ на Западе носит несистематический характер — после всплеска исследований в 1970-х гг. заинтересованность в изучении городского метаболизма почти исчезла в 1980-х. Однако после возобновления интереса к изучению СЭМ в 1990-х гг., исследования городского метаболизма снова возобновились. В это время развивались две самостоятельные школы: энергетическая школа (Одум) и школа, направленная на изучение городских потоков воды, материалов и питательных веществ (Оберностер и Бруннер). Данные школы измеряют одни и те же характеристики, но используют различные единицы измерения.

К основным тенденциям по изучению СЭМ городов, которые были сформированы в зарубежной литературе, можно выделить следующие: 1) доминирование количественных исследований по отношению к исследованиям, выполненным в антропологическом и историческом ключе; 2) объединение усилий междисциплинарных групп учёных (социологов, инженеров-строителей, экологов, экономистов, социальных географов и т. д.), направленных на изучение всей палитры биофизических и социальных процессов и практик, происходящих в городах; 3) акцент на изучение потоков материалов, которые наглядно демонстрируют для городских менеджеров тренды развития города, а также проблемные поля в городском метаболизме (например, неэффективное использование ресурсов и т. д.); 4) использование возможностей математического моделирования для построения моделей развития СЭМ города на основе набора факторов.

Несмотря на значительный объём и институционализацию исследований СЭМ на Западе, всё же на сегодняшний день ощущается дефицит исследований, выполненных в качественной парадигме, а также практико-ориентированных исследований, которые бы позволили вместо бесконечного подсчёта потоков материалов и построений сложных математических моделей выйти на формирование адекватной социальной политики для повышения устойчивости городов.

Список литературы

Яницкий О. Н. Метаболическая концепция современного города // Социологическая наука и социальная практика. 2013. № 3. С. 16–32.

Яницкий О. Н. Пожары 2010 г. в России: экосоциологический анализ // Социологические исследования. 2011. № 3. С. 3–13.

Baccini P., Brunner P. H. Metabolism of the Anthroposphere: Springer Verlag, Berlin, 1991.

Baccini P., Bader H.-P. Regionaler Stoffhaushalt, Spektrum Akad: Verlag, 1996.

Baker L. A. (Ed.). The Water Environment of Cities: Springer, US, 2009.

Bohle H. G. Metropolitan food systems in developing countries: the perspective of urban metabolism: GeoJournal 34 (3), 245–251, 1994.

Brunner P. H., Rechberger H. Practical Handbook of Material Flow Analysis: CRC Press, Boca Raton, Florida, 2004.

Cencic O., Rechberger H. Material flow analysis with software STAN: Journal of Environmental Engineering and Management 18 (1), 3–7, 2008.

Chartered Institute of Wastes Management. A Resource Flow and Ecological Footprint Analysis of Greater London. Best Foot Forward, London, 2002.

Codoban N. Kennedy C. A. The metabolism of neighbourhoods. ASCE Journal of Urban Planning and Development 134 (1), 21–31, 2008.

Decker H., Elliott S., Smith F. A., Blake D. R., Sherwood Rowland F. Energy and material flow through the urban ecosystem: Annual Review of Energy and the Environment 25, 685–740, 2000.

Duvigneaud P., Denayer-De Smet S. L'Ecosystème Urbs, in L'Ecosystème Urbain Bruxellois, in Productivité en Belgique. In: Duvigneaud, P., Kestemont, P. (Eds.), Travaux de la Section Belge du Programme Biologique International, Bruxelles, 1977.

Gandy M. Rethinking urban metabolism: water, space and the modern city: City: analysis of urban trends, culture, theory, policy, action, 8:3, 363–379, 2004.

Gasson B. The ecological footprint of Cape Town: unsustainable resource use and planning implications, SAPI International Conference: Planning Africa. Durban South Africa. 2002.

Girardet H. The Gaia Atlas of Cities: Gaia Books Limited, London, 1992.

Hanya T., Ambe Y. A study on the metabolism of cities. In: Science for a Better Environment. HSEC, Science Council of Japan, 228–233, 1976.

Heynen N. C., Kaika M., Swyngedouw E. In the Nature of Cities: Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism: Routledge, 2005.

Huang S. L., Hsu W. L. Materials flow analysis and energy evaluation of Taipei's urban construction: *Landscape and Urban Planning*, 63(2): 61–74, 2003.

Kennedy et al. The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design: *Environmental Pollution* 159, 1965–1973, 2011.

Kennedy C. A., Cuddihy J., Engel Yan J. The changing metabolism of cities: *Journal of Industrial Ecology*. (11), 43–59, 2007.

Lennox J., Turner G. State of the environment report on human settlements: stocks and flows indicators. In: Technical report CSIRO Sustainable Ecosystems. Prepared for the 2006 Australian State of the Environment Committee, 2004.

Matthews E., Amann C., Bringezu S., Fischer-Kowalski M., Httler W., Kleijn R., Moriguchi Y., Ottke C., Rodenburg E., Rogich D., Schandl H., Schutz H., van der Voet E., Weisz H. The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies. World Resources Institute, Washington, 2000.

Newcombe K., Kalma J., Aston A. The metabolism of a city: the case of Hong Kong. *Ambio* 7, 3–15, 1978.

Newman P. W. G., Birrell R., Holmes D., Mathers C., Newton P., Oakley G., O'Connor A., Walker B., Spessa A., Tait D. Human settlements. In: Australian State of the Environment Report. Department of Environment, Sport and Territories, Canberra, Australia, 1996.

Obernosterer R. Urban metal stocks: future problem or future resource? Substance flow and stock analysis as a tool to achieve sustainable development. In: International Conference Regional Cycles: Regional Economy Towards Sustainability, 31 October–2 November, Leipzig, Germany, 2002.

Obernosterer R., Brunner P. H. Urban metal management the example of lead: *Journal Water, Air, & Soil Pollution: Focus* 1 (3–4), 241–253, 2001.

Odum H. T. *Systems Ecology, an Introduction*: Wiley-Interscience, New York, NY, 1983.

Pincetl S., Bunje P. M. E. Potential Targets and Benefits for Sustainable Communities Research, Development, and Demonstration Funded by the PIER. Program, prepared for California Energy Commission, UCLA Institute of the Environment: Quinn, D., 2007.

Quinn D. *Urban Metabolism: Ecologically Sensitive Construction for a Sustainable New Orleans*, 2007. [Электронный ресурс] // Massachusetts Institute of Technology URL: http://web.mit.edu/djq/Public/Thesis/Holcim_April_07_David_Quinn.pdf (Дата обращения: 26.07.2015).

Sahely H. R., Dudding S., Kennedy C. A. Estimating the urban metabolism of Canadian cities: GTAcase study. *Canadian Journal for Civil Engineering* 30, 468–483, 2003.

Samuel N., Rosado L., Ferro P. Methodological Advances in Urban Material Flow Accounting Based on the Lisbon Case Study: *Journal of Industrial Ecology*, 2009.

Stimson R. J., Western J., Mullins P., Simpson R. Urban metabolism as a framework for investigating quality of life and sustainable development in the Brisbane-Southeast Queensland Metro region. In: Yuen B. K. P., Löw C., Low C. (Eds.), *Urban Quality of Life: Critical Issues and Options*. Springer Chapter 9, 1999.

Tarr J. A. The Metabolism of an industrial city: the case of Pittsburgh. *Journal of Urban History* 28, 511, 2002.

Warren-Rhodes K., Koenig A. Escalating trends in the urban metabolism of Hong Kong: 1971–1997: *Ambio* 30 (7), 429–438, 2001.

Wolman A. The metabolism of cities: *Scientific American* 213 (3), 179–190, 1965.

Zhanga Y., Yanga Z., Yu X. Evaluation of urban metabolism based on emergy synthesis: A case study for Beijing (China): *Ecological Modelling* 220, 1690–1696, 2009.

Socio-ecological Metabolism of Cities: Conceptualization, Research Schools, and Modern Foreign Studies

The work has been prepared within the framework of the research project “Complex research and the construction of an interdisciplinary model of socio-ecological metabolism of the modern Russian city”, supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant number 15-06-00158a

Ermolaeva Polina Olegovna

Candidate of Sociological Science, Associate Professor, Head of Department, Center for Advanced Economic Studies, Academy of Sciences, Republic of Tatarstan. Ostrovsky str., 23/1, 420111, Kazan, Russia.

E-mail: Polina.Ermolaeva@gmail.com

Abstract. The author of the article provides an overview of the original sources for the study of the conceptual foundations of socio-ecological metabolism of cities, as well as analysis of its basic schools, representatives and areas of modern scientific research. The author concludes that the concept of “socio-ecological metabolism” has a variety of connotations in English literature, depending on the position of methodological and disciplinary boundaries of scientists. In foreign sources, it focuses on quantitative research, as opposed to works that are made in the context of political science or in a qualitative and historical manner. Most of the work is focused on the study of flows of materials and construction of mathematical models. However, there is a lack of studies focused on the incorporation of the social metabolism approach to urban planning and development of relevant urban policy.

Keywords: social and environmental metabolism, city, materials flow, math models, quantification



REFERENCE

- Yanitsky O. N. Metabolicheskaja koncepcija sovremennogo goroda. [*Socio-ecological metabolism of the modern city*]. *J. Sociologicheskaja nauka i social'naja praktika*. 2013. № 3. S. 16–32. (*In Russ.*).
- Yanitsky O. N. Pozhary 2010 g. v Rossii: jekosociologicheskij analiz. [*Fires in 2010 in Russia: the eco-sociological analysis*]. *J. Sociologicheskie issledovanija*. 2011. № 3. S. 3–13. (*In Russ.*).
- Baccini P., Brunner P. H. *Metabolism of the Anthroposphere*: Springer Verlag, Berlin, 1991.
- Baccini P., Bader H.-P. *Regionaler Stoffhaushalt*, Spektrum Akad. Verlag, 1996.
- Baker L. A. (Ed.). *The Water Environment of Cities*: Springer, US, 2009.
- Bohle H. G. Metropolitan food systems in developing countries: the perspective of urban metabolism: *GeoJournal* 34 (3), 245–251, 1994.
- Brunner P. H., Rechberger H. *Practical Handbook of Material Flow Analysis*: CRC Press, Boca Raton, Florida, 2004.
- Cencic O., Rechberger H. Material flow analysis with software STAN: *Journal of Environmental Engineering and Management* 18 (1), 3–7, 2008.
- Chartered Institute of Wastes Management. *A Resource Flow and Ecological Footprint Analysis of Greater London*. Best Foot Forward, London, 2002.
- Codoban N., Kennedy C. A. The metabolism of neighbourhoods. *ASCE Journal of Urban Planning and Development* 134 (1), 21–31, 2008.
- Decker H., Elliott S., Smith F. A., Blake D. R., Sherwood Rowland F. Energy and material flow through the urban ecosystem: *Annual Review of Energy and the Environment* 25, 685–740, 2000.
- Duvigneaud P., Denayer-De Smet S. L'Ecosystème Urbs, in L'Ecosystème Urbain Bruxellois, in *Productivité en Belgique*. In: Duvigneaud, P., Kestemont, P. (Eds.), *Travaux de la Section Belge du Programme Biologique International*, Bruxelles, 1977.
- Gandy M. Rethinking urban metabolism: water, space and the modern city: *City: analysis of urban trends, culture, theory, policy, action*, 8:3, 363–379, 2004.
- Gasson B. The ecological footprint of Cape Town: unsustainable resource use and planning implications, *SAPI International Conference: Planning Africa*. Durban South Africa. 2002.
- Girardet H. *The Gaia Atlas of Cities*: Gaia Books Limited, London, 1992.
- Hanya T., Ambe Y. A study on the metabolism of cities. In: *Science for a Better Environment*. HSEC, Science Council of Japan, 228–233, 1976.
- Heynen N. C., Kaika M., Swyngedouw E. In the Nature of Cities: *Urban Political Ecology and the Politics of Urban Metabolism*: Routledge, 2005.
- Huang S. L., Hsu W. L. Materials flow analysis and energy evaluation of Taipei's urban construction: *Landscape and Urban Planning*, 63(2): 61–74, 2003.
- Kennedy et al. The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design: *Environmental Pollution* 159, 1965–1973, 2011.
- Kennedy C. A., Cuddihy J., Engel Yan J. The changing metabolism of cities: *Journal of Industrial Ecology*. (11), 43–59, 2007.
- Lennox J., Turner G. State of the environment report on human settlements: stocks and flows indicators. In: *Technical report CSIRO Sustainable Ecosystems*. Prepared for the 2006 Australian State of the Environment Committee, 2004.
- Matthews E., Amann C., Bringezu S., Fischer-Kowalski M., Httler W., Kleijn R., Moriguchi Y., Ottke C., Rodenburg E., Rogich D., Schandl H., Schutz H., van der Voet E., Weisz H. *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies*. World Resources Institute, Washington, 2000.

Newcombe K., Kalma J., Aston A. The metabolism of a city: the case of Hong Kong. *Ambio* 7, 3–15, 1978.

Newman P. W. G., Birrell R., Holmes D., Mathers C., Newton P., Oakley G., O'Connor A., Walker B., Spessa A., Tait D. Human settlements. In: Australian State of the Environment Report. Department of Environment, Sport and Territories, Canberra, Australia, 1996.

Obernosterer R. Urban metal stocks: future problem or future resource? Substance flow and stock analysis as a tool to achieve sustainable development. In: International Conference Regional Cycles: Regional Economy Towards Sustainability, 31 October–2 November, Leipzig, Germany, 2002.

Obernosterer R., Brunner P. H. Urban metal management the example of lead: *Journal Water, Air, & Soil Pollution: Focus* 1 (3–4), 241–253, 2001.

Odum H. T. *Systems Ecology, an Introduction*: Wiley-Interscience, New York, NY, 1983.

Pincetl S., Bunje P. M. E. Potential Targets and Benefits for Sustainable Communities Research, Development, and Demonstration Funded by the PIER. Program, prepared for California Energy Commission, UCLA Institute of the Environment: Quinn, D., 2007.

Quinn D. *Urban Metabolism: Ecologically Sensitive Construction for a Sustainable New Orleans*, 2007. [Electronic resource]. Massachusetts Institute of Technology URL: http://web.mit.edu/djq/Public/Thesis/Holcim_April_07_David_Quinn.pdf (Date of treatment: 26.07.2015).

Sahely H. R., Dudding S., Kennedy C. A. Estimating the urban metabolism of Canadian cities: GTAcase study. *Canadian Journal for Civil Engineering* 30, 468–483, 2003.

Samuel N., Rosado L., Ferro P. Methodological Advances in Urban Material Flow Accounting Based on the Lisbon Case Study: *Journal of Industrial Ecology*, 2009.

Stimson R. J., Western J., Mullins P., Simpson R. Urban metabolism as a framework for investigating quality of life and sustainable development in the Brisbane-Southeast Queensland Metro region. In: Yuen B. K. P., Löw C., Low C. (Eds.), *Urban Quality of Life: Critical Issues and Options*. Springer Chapter 9, 1999.

Tarr J. A. The Metabolism of an industrial city: the case of Pittsburgh. *Journal of Urban History* 28, 511, 2002.

Warren-Rhodes K., Koenig A. Escalating trends in the urban metabolism of Hong Kong: 1971–1997: *Ambio* 30 (7), 429–438, 2001.

Wolman A. The metabolism of cities: *Scientific American* 213 (3), 179–190, 1965.

Zhanga Y., Yanga Z., Yu X. Evaluation of urban metabolism based on emergy synthesis: A case study for Beijing (China): *Ecological Modelling* 220, 1690–1696, 2009.

