

УДК 72.01:005+711.13:504

І. І. Устінова,
*кандидат архітектури,
доцент кафедри містобудування*
А. В. Чубарова,
*магістр архітектури,
архітектор ТОВ «Альтис-проект»*

ЕКОЛОГО-МІСТОБУДІВНІ СИСТЕМИ: ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗВИТКУ ТА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ВИМІРИ

Анотація: викладено результати дослідження фундаментальних засад сталого розвитку еколого-містобудівних систем.

Ключові слова: еколого-містобудівні системи, сталий розвиток, екологічна рівновага, демографічна ємність, просторово-часові виміри.

З моменту виникнення людського суспільства, розвиток цивілізації й природних процесів нерозривно пов'язані не тільки історично. Ці процеси обумовлюють один одного, розвиваючись за одними законами. Таке розуміння взаємозв'язку природи й людства, як складних систем, що еволюціонують на засадах єдиних універсальних законів, отримує все більш глибоке розуміння та освітлення не тільки в природничих та суспільних науках [1-6], але й у містобудівних [7-11]. В уявленні сучасної науки, розвиток будь-якої системи – це, перш за все, зміни її станів, що визначаються сукупністю значень головних характеристик системи [12]. Для містобудівної системи – це, перш за все, розміри площі її території, кількість населення, функціонально-планувальна структура, соціальна та інженерно-транспортна інфраструктури. Розвиток – це рух, без якого природа не може існувати ні миті [12]. В масштабах планети спостерігається прискорення темпів цього руху, якому підпорядковується розвиток будь-якої системи, в тому числі й містобудівної [3,11,13].

Містобудівна система, що зароджувалась як тимчасове поселення людей у «безкрайому» просторі, в початковий період не мала відчутного впливу на природне оточення, а її зміни були ледь помітними. Поступово ця система збільшувалась чисельно, розширювалася територіально, структурно ускладнювалася за своїми функціями та інформаційно об'єднувалася з іншими подібними їй системами. На сьогодні вона являє собою надскладну еколого-містобудівну систему (ЕМС) з надмірним антропогенним тиском на природне середовище та обмеженими ресурсами [11]. Еколого-містобудівну систему, як сукупність систем «населення ↔ середовище», об'єднаних в ціле, яке породжує нову якість, не можна збагнути, вивчаючи лише властивості та стани її

компонентів. Цю систему не можливо зрозуміти без знання загальних законів формування та розвитку систем оточуючого нас світу. Розвиток систем відбувається на основі інформаційних програм їх взаємодії у просторі й часі. «Розвиваються: живі організми, екосистеми, відносини між людьми, економічні суб'єкти, міста... Розвиток – необоротна, спрямована, закономірна зміна системи на основі реалізації внутрішньо властивих їй механізмів самоорганізації... Самоорганізація – це процес упорядкування внутрішньої структури й потоків речовини, енергії і інформації, що проходять крізь багатовимірну систему, який забезпечується механізмами регуляції самої системи (механізмами зворотного зв'язку)» [12, с.25].

Механізми та сили самоорганізації й саморегуляції спрямовані на впорядкування й еколого-містобудівної системи [9-11]. Означене зумовлено прагненням досягнення мети певного циклу багаторівневого розвитку цієї системи – стану сталості у межах діапазону її екологічної (динамічної, коливальної) рівноваги [4-6,11]. У той же час, розвиток пов'язаний й зі здатністю системи до саморозвитку – сталої трансформації та змін. Саморозвиток не може бути без самоорганізації та саморегуляції, які забезпечують стани сталості – стани, при яких система здатна акумулювати енергію, необхідну для її подальших трансформацій [12, с.26].

На початковій стадії формування та розвитку містобудівних систем, життєдіяльність в поселеннях людей більшою мірою регулювалася законами родинних зв'язків. Згодом ці поселення переростали у міські поселення. Їх життєдіяльність регулювалася вже законами кооперації – взаємовигідної взаємодії людей різних професій – своєрідного «симбіозу», при якому більш ефективно використовуються потоки речовини, енергії та інформації, що плінуть системою. На цьому етапі відбувалась диференціація професій та виникнення цехів із подальшою їх інтеграцією на основі ще більшої вигоди та взаємодоповнення «мутуалізму», що створювало ще більш комфортні й безпечні умови для життєдіяльності населення у містах [1-13].

Відомо, що ефективний розвиток системи заснований на підвищенні в ній порядку. «Порядок визначається як наявність умов для сталих (то б то триваючих відносно тривалий період часу) спрямованих змін» [12, с.29]. Для виникнення ж у певному місці порядку, ця частина простору має бути певним чином інформаційно організована та внутрішньо врегульована, щоб надати змінам, які виникають, стійкий спрямований характер. Але для цього, перш за все, система має мати певний енергетичний потенціал, здатний викликати до життя будь-які зміни та рух [12, с.31].

Щодо потенціалу еколого-містобудівної системи. Екологічний потенціал цієї системи визначається природно-кліматичними умовами та територіальними

ресурсами й вимірюється демографічною ємністю – її можливістю вмістити, прогнати і забезпечити комфортні умови життєдіяльності для певного, максимально можливого за кількістю, стабільного населення [11]. Містобудівний потенціал цієї системи, окрім соціально-культурного та інженерно-транспортного, визначається й виробничим потенціалом, який вимірюється економічною ємністю території [14] – можливістю забезпечити населення робочими місцями для ефективного і стабільного розвитку промислового виробництва в різних сферах виробничої діяльності на базі ресурсних природних можливостей території та відновлення ресурсів [12, с.31]. Виміри означених потенціал певною мірою перебувають у зворотній залежності: при значному збільшенні одного з них, значення іншого показника можуть значно, інколи лавиноподібно зменшитися. Енергетична різниця цих потенціалів порушує екологічну рівновагу системи. Проте цей дисбаланс стає рушійною силою її кількісних та якісних змін [12, с.32]. Позитивна спрямованість цих змін призводить до переходу процесів розвитку системи «населення ↔ середовище» на новий просторовий рівень цілісності [7-12].

Розвиток системи можна трактувати й як процес накопичення та перетворення енергії, для чого вона має бути відкритою. Система «населення ↔ середовище», як відкрита система, для підтримки сталого розвитку та відтворення екологічного потенціалу, використовує приплив і накопичення сонячної енергії в продукції сільського господарства, тваринництва, лісового та рибного господарства, корисних копалинах, екофільних технологіях вироблення енергії. Розвиток містобудівного потенціалу цієї системи відбувається завдяки виробничій діяльності людей, що створюють і накопичують матеріальні цінності у будівництві житлових, цивільних та промислових будівель; доріг, транспортних засобів та споруд; споруд комунального господарства, інженерної підготовки, озеленення та обводнення територій; об'єктах культури, освіти, науки та зв'язку, військового та оборонного комплексу, тощо. Гарантією сталого розвитку цієї системи є гармонійність – взаємна узгодженість розвитку означених потенціалів [1-13].

Просторова впорядкованість системи забезпечується її структурою, під якою зазвичай розуміють розташування в просторі окремих її частин – підсистем та сукупність сталих зв'язків між ними [12, с.31]. В містобудівному розумінні означене впорядкування забезпечують згадані вже структури та інфраструктури містобудівного об'єкту [8,9,16,17]. Інформаційна упорядкованість системи забезпечує організовану в просторі й часі сталу спрямованість її матеріально-енергетичних потоків, як основи її функціонування та розвитку [12, с.31]. В містобудуванні означене забезпечують регіональна політика, стратегії й тактики управління, містобудівні програми та

плани розвитку територій [7,8,17], які, за нашим дослідженням, мають враховувати фундаментальний закон розвитку відкритих систем – закон збереження потужності (Лагранж, 1788; Максвелл, 1855), який виявляється законом екосистемної саморегуляції [11]. Відповідно до цього закону, в умовах «недонаселеності» території чисельність населення зростає, за умов «перенаселеності» – зменшується [6]. Дослідженням [11] встановлено, що механічні та електромагнітні коливання (за П.Я. Мякішевим, Б.Б.Буховцевим), розвиток еколого-містобудівної системи кориться однаковим кількісним законам. Подібність процесів відноситься до природи процесів їх періодичних змін (табл. 1) [11,15].

Таблиця 1

Аналогія між механічними та електромагнітними величинами й показниками розвитку еколого-містобудівних систем (EMC)

Механічні	Електромагнітні	Урбо-екологічні
маса (m)	індуктивність (L)	чисельність населення EMC (H)
координата (x)	заряд (q)	ємність демографічна EMC = максимальна чисельність стабільного населення ($C_d = H_m$)
швидкість ($v_x = x'$)	сила струму ($i = q'$)	динаміка чисельності (H')
прискорення ($a_x = x''$)	електромагнітні коливання у контурі ($q'' = -q/LC$)	прискорення – гальмування зростання – скорочення чисельності населення (H'')
сила пружності ($F_x = -kx$)	опір контуру (R)	опір середовища ($1 - C_d/H$)
жорсткість пружини (k)	величина зворотна ємності конденсатора ($1/C$)	жорсткість середовища ($1/C_d$)
потенційна енергія ($kx^2/2$)	енергія електричного поля ($q^2/2C$)	потенційна енергія EMC ($C_d/2$) *
кінетична енергія ($mv_x^2/2$)	енергія магнітного поля ($Li^2/2$)	реалізована енергія EMC ($H_\Delta H^2/2$)

Примітки: * Узгоджується із даними Ю.Одума, за яким «оптимальна підтримуюча ємність, яка здатна зберігатися довгий час, незважаючи на примхи середовища, нижче теоретично максимальної, можливо, на цілих 50%» [4, т. I, с. 180];

** Певною мірою пояснює привабливість великих міст та урбанізованих регіонів.

Згідно з Дж.Максвеллом, А.Пуанкаре, М.Бором, А.Ейнштейном, Р.Бартіні, П.Г. Кузнецовим, фізична величина є універсальною тоді і тільки тоді, коли зрозуміло її зв'язок із простором й часом [3, с.162]. У містобудуванні зв'язок із простором та часом досліджували З.Гидеон, М.М. Габрель, М.М.Дьомін, А.М.Плешкановська, В.О. Тимохін, Н.М.Шебек та інші. Проте саме виявлення аналогій, що наведено у таблиці 1, надало можливість зробити наступний надзвичайно важливий крок для розвитку містобудівної науки, а саме: перекласти основні виміри еколого-містобудівної системи «населення ↔ середовище» на мову універсальних просторово-часових [LT] фізичних величин [3, с.47].

Загальновідомо, що для містобудівних об'єктів вихідними [LT] величинами є довжина $[L^1]$, площа $[L^2]$, об'єм $[L^3]$ та час $[T^1]$ існування в екологічному просторі. Однак, виникає питання як ці просторово-часові виміри пов'язані із населенням – найважливішою характеристикою еколого-містобудівної системи? Як зазначає О.Л.Кузнєцов, посилаючись на статтю Р.Бартіні «Співвідношення між фізичними константами», «Усі фізичні величини мають просторово-часову природу і можуть бути виведені з двох величин: довжини й часу» [3, с. 162]. Він вказує на можливість вивести всі фізично вимірювані величини з двох основних й представити їх у вигляді добутку цілочисельних ступенів довжини $[L^R]$ й часу $[T^S]$, які при різних R і S дають: безрозмірні константи $[L^0T^0]$, об'єкти геометрії $[L^R T^0]$, «часові» й «частотно-часові» виміри $[L^0 T^S]$ (табл. 2) [3, с.162].

Таблиця 2.

Періодична система просторово-часових фізичних величин
Р. Бартіні, П.Г.Кузнєцова

T^{-6}					Зміна потужності	Швидкість передачі потужності
T^{-5}		Зміна тиску	Поверхнева потужність	Швидкість змін сили	Потужність	Швидкість передачі енергії
T^{-4}	Зміна щільності струму	Тиск	Кутове прискорення маси	Сила	Момент сили. Енергія	Швидкість передачі дії
T^{-3}	Щільність струму	Напруженість електро-магнітного поля. Гradient	Струм. Масовий розхід	Швидкість поширення заряду. Імпульс	Момент кількості руху. Дія	Момент дії
T^{-2}	Прискорення	Різниця потенціалів	Маса. Кількість магнетизму та електрики	Магнітний момент	Момент інерції	
T^{-1}	Швидкість	Об'яльність 2-х мірна	Об'ємний розхід	Швидкість зміщення об'єму		
T^0	Довжина. Самоіндукція	Поверхня	Об'єм просторовий			
L^0	L^1	L^2	L^3	L^4	L^5	L^6

Виявляється, що в свій час, у трактаті «Про електрику і магнетизм» (1873), Дж.Максвеллом був встановлений зв'язок розмірності «маси» (разом із позначенням її у квадратних дужках) із простором й часом [3, с. 151]. За Максвеллом, просторово-часова розмірність маси має вимір $[L^3 T^{-2}]$ – об'єм $[L^3 T^0]$ з кутовим прискоренням $[L^0 T^{-2}]$. З'ясована нами функціональна подібність чисельності населення до маси тіла (див. табл.1) надала можливість викласти

основні показники розвитку ЕМС мовою універсальних просторово-часових величин (табл. 3).

Таблиця 3

Просторово-часові виміри показників стану, спрямованості змін та потенціалів розвитку еколого-містобудівної системи «населення ↔ середовище»

Еколого-містобудівний показник	Одиниці виміру чи прояв	Фізичний аналог	$L^R T^S$ координати
Просторово (L) – часові (T) відстані між населеними пунктами	км, години	довжина шляху, тривалість поїздки	$L^1 T^0$ $L^0 T^1$
Період, що розглядається (T)	рік, година	період	$L^0 T^1$
Швидкість пересування (L/T)	км/час	швидкість	$L^1 T^{-1}$
Чисельність населення (H)	тис.осіб	маса	$L^3 T^{-2}$
Демографічна ємність – максимальна чисельність стабільного населення на конкретній території (Єд)	тис.осіб для визначеного періоду часу і конкретної території	потужність	$L^5 T^{-5} = \text{const}$
Динаміка чисельності населення (H')	тис.осіб / рік	струм	$L^3 T^{-3}$
Швидкість зростання – скорочення населення (H'')	тяжіння – відштовхування	кутове прискорення (гальмування) маси	$L^3 T^{-4}$
Опір середовища (1- Єд /H)		напруженість електромагнітного поля	$L^5 T^{-5} / L^3 T^{-2} = L^2 T^{-3}$
Жорсткість середовища (1/ Єд)	1/тис.осіб	величина зворотна потужності	$L^{-5} T^5$
Щорічна потенційна енергія ЕМС (Єд /2)		електричне поле регіону	$L^5 T^{-5}$
Реалізована енергія ЕМС (H*ΔH ² /2)		магнітне поле міста	$L^3 T^{-2} * (L^3 T^{-3})^2 = L^9 T^{-8}$
Площа міста, регіону (S)	тис.км ²	поверхня, територія	$L^2 T^0$
Динаміка площі міста, регіону (ΔS)	тис. км ² / рік	об'ємність 2-х вимірна	$L^2 T^{-1}$
Щільність населення (ρ=H/S)	осіб/ км ²	прискорення	$L^3 T^{-2} / L^2 T^0 = L^1 T^{-2}$
Екологічно рівноважний модуль простору життєзабезпечення людини (M= S/H)	км ² / особу	відповідної фізичної величини в даний час немає	$L^{-1} T^2$
Співставлення потенціалів в конкретний період (Єд/H*T)	можливість зростання	різниця потенціалів (квадратошвидкість)	$L^5 T^{-5} / (L^3 T^{-2}) * T = L^2 T^2$
Запас демографічної ємності на конкретній території у визначений період розвитку (об'єм часу) (Єд -H*S/T ³)	тис. осіб на конкретній території у визначений період часу	«вільна енергія» розвитку системи у визначений період часу	$L^5 T^{-5}$
Міграція населення (зворотна і незворотна) – кількість людей, що переміщується у просторі із певною швидкістю	тис. осіб на певній території у визначений період часу, які мігрують у просторі із певною швидкістю	мобільність – швидкість передачі потужності	$L^6 T^{-6}$

Найбільш важливими серед отриманих результатів є вимір щільності населення як прискорення та демографічної ємності як потужності. Ці

результати збігаються із фундаментальними законами історичного розвитку людства О.Л.Кузнєцова: законом економії часу (прояв прискорення процесів соціально-економічного розвитку) та законом зростання корисної потужності (вияв накопичення «вільної енергії» в системі «природа – суспільство – людина»). Вільною енергією розвитку у нашому випадку є запас демографічної ємності ЕМС. Означений результат має принципове значення, оскільки він співпадає із мало відомим визначенням сталого розвитку, як «стійкого зростання вільної енергії» (ПРООН «Сталий розвиток міст», Москва, 1999) [3].

В періодичній системі фізичних величин, в процесі $L^R \leftrightarrow T^S$ взаємодії формується вісь симетрії, на якій розташовуються симетрично інверсні L^{K-T^K} «осьові» інваріанти, що мають однакову розмірність, але різний знак. «Осьові» інваріанти розрізняються за швидкостями й розташовуються за рівнями у порядку зростання швидкості: 1 рівень – $[L^1T^{-1}] = [V^1]$ швидкість; 2 рівень – $[L^2T^{-2}] = [V^2]$ різниця потенціалів, «квадратшвидкість»; 3 рівень – $[L^3T^{-3}] = [V^3]$ струм; 4 рівень – $[L^4T^{-4}] = [V^4]$ сила; 5 рівень – $[L^5T^{-5}] = [V^5]$ потужність; 6 рівень – $[L^6T^{-6}] = [V^6]$ швидкість передачі потужності (мобільність) (див. табл. 2) [3, с.163]. LT система фізичних величин являє собою ієрархію вкладених мір – своєрідну «матрьошку» вимірів, вершиною якої є потужність $[L^5T^{-5}]$, у нашому випадку, це – демографічна ємність, що характеризує максимальну чисельність її стабільного населення; та швидкість передачі потужності $[L^6T^{-6}]$, у нашому випадку, нею є мобільність населення, що прискорює процеси життєдіяльності та переводить розвиток ЕМС на новий рівень її просторового розвитку [3, с.164].

Згідно періодичній системі, формування вектору осі швидкості полягає в двотактному переході від одного осьового інваріанта (в нашому випадку – просторового рівня цілісності ЕМС) до іншого із зростаючими швидкісними якостями (у нашому випадку зі зміною можливостей пересування у просторі населення, речовини, енергії та інформації). На першому такті формується направляючий вектор у Просторі, у нашому випадку – визначається пріоритетний напрям та просторовий рівень територіального розвитку міста: локальний – за рахунок ресурсів прилеглих територій чи регіональний, національний й глобальний (Світові міста) – за рахунок ресурсів віддалених від міст територій. На другому такті формується направляючий вектор у Часі, у нашому випадку – визначається послідовність містобудівних регулюючих впливів, в залежності від фази циклу багаторівневого розвитку міста у регіональному чи глобальному вимірах екологічного простору. За аналогією із таблицею 2 побудовано періодичну систему просторово-часових змін, що відбуваються в ЕМС (табл. 4). Ця таблиця, вірогідно, надасть можливість глибше проникнути в еко-фізичну суть урбо-екологічних процесів розвитку й

прогнозувати появу нових елементів розселення при досягненні межі розвитку певного рівня просторової цілісності еколого-містобудівної системи.

Таблиця 4

Просторово-часові виміри процесів змін еколого-містобудівних систем

T^{-6}						Мобільність
T^{-5}			Прискорення змін чисельності		Демографічна ємність	
T^{-4}			Швидкість змін чисельності населення			
T^{-3}	Швидкість зміни щільності	Опір середовища	Динаміка чисельності населення			
T^{-2}	Щільність. Прискорення швидкості контактів	Швидкість змін площі	Чисельність населення. Зростання забудови			
T^{-1}	Швидкість пересування (контактів)	Зміна площі. Діяльна поверхня	Забудова міста			
T^0	Радіус контактів	Площа міста, регіону	Просторовий об'єм			
L^0	L^1	L^2	L^3	L^4	L^5	L^6

Список використаних джерел

1. Гумилев Л.Н. География этноса в исторический период / Л.Н. Гумилев. - Л.: Наука, 1990. - 279 с.
2. Глазычев В.Л. Социально-экологическая интерпритация городской среды / В.Л. Глазычев. – М.: Наука, 1984. – 180 с.
3. Кузнецов О. Л. Устойчивое развитие: Научные основы проектирования в системе природа-общество-человек: учебн. [для студ. висш. уч. зав.] / О. Л. Кузнецов, Б. Е. Большаков. – Санкт-Петербург – Москва – Дубна: Гуманистика, 2002. – 616 с.
4. Одум Ю. Экология: в 2 т. / Ю. Одум; пер. с англ. Б.Я. Виленкина, под ред. В. Е. Соколова. - М.: Мир. 1986. – Т.1 – 328 с.; – Т.2 – 376 с.
5. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
6. Дольник В.Р. Существуют ли биологические механизмы регуляции численности людей? / В.Р. Дольник // Природа. - 1992. - № 6. - С. 3-16.
7. Владимиров В.В. Расселение и экология / В.В. Владимиров. – М.: Стройиздат, 1996. – 392 с.

8. Демин Н. М. Управление развитием градостроительных систем / Н. М. Демин – К.: Будивельник, 1991. – 185 с.
9. Тімохін В. Архітектура міського розвитку. 7 книг з теорії містобудування / В.О. Тімохін. – К.: КНУБіА, 2008. – 628 с.
10. Плешкановская А. М. Города и эпохи / А. М. Плешкановская, Е. Д. Савченко. – К.: Ин-т Урбанистики, 2011. – 229 с.
11. Устінова І.І. Методологічні основи сталого розвитку еколого-містобудівних систем: автореф. дис. на здобуття наук. степеня докт. арх.: спец. 18.00.01 «Теорія архітектури, реставрація пам'яток архітектури» / І. І. Устінова. – К., 2016. – 46 с.
12. Мельник Л.Г. Тайны развития / Л.Г. Мельник. – Сумы: Университ. книга, 2005. – 378 с.
13. Згуровский М.З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей (2005-2007/2008 годы) / М.З.Згуровский, А.Д. Гвишиани. – К.: НТУУ «КПИ» «Политехника», 2008. – 331с.
14. Рогожин О.Г. Формування демографічної ситуації в селах України: механізм, регіональний аналіз і прогноз: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора екон. наук: 08.00.07 «Демографія, економіка праці, соціальна економіка і політика» / О.Г. Рогожин. – К., – 2011. – 47 с.
15. Устінова І.І. Екологічні паралелі фізичних законів у процесах розвитку еколого-містобудівних систем / І.І. Устінова // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2007. – Вип.18. – С.184-191.
16. Містобудування: довідник проектувальника / [За ред. Т. Ф. Панченко]. – К.: Укрархбудінформ, 2001. – 192 с.
17. Білоконь Ю. М. Регіональне планування (теорія та практика) / Ю. М. Білоконь; за редакцією І.О. Фоміна. – К.: Логос, 2003. – 246 с.

Аннотация

Изложены результаты исследования фундаментальных основ устойчивого развития эколого-градостроительных систем.

Ключевые слова: эколого-градостроительные системы, устойчивое развитие, экологическое равновесие, демографическая емкость, пространственно-временные измерения.

Annotation

Contained the results of a study of the fundamentals of sustainable development of ecological-urban systems.

Key words: ecology-town-planning systems, sustainable development, ecological balance, demographic capacity, space-time dimension.