

Підводна урбаністика: питання та відповіді сучасності

Людмила Рубан

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський просп, 31, Київ, Україна, 03037
knuba.landscape@gmail.com, I_Ruban@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-5973-4362

Анотація. Стаття присвячена причинам виникнення зацікавленості підводною урбаністикою та відповідям на питання сучасності міжнародною архітектурно-будівельною та інженерною думкою.

В роботі вода розглянута як середовище існування людини в її трьох можливих агрегатних станах - як рідини, криги та пари. Головна увага приділена морським екосистемам та їх можливому подальшому освоєнню у XXI столітті. Також розглянуто проживання в умовах вічної мерзлоти, де вода існує в своєму твердому стані в якості криги та снігу. Та виявлені напрями використання пароподібного стану води в сучасній архітектурі та мистецтві.

Розглянуто ключові пропозиції щодо можливого планування підводних та надводних поселень, проведено аналіз міжнародного проектного досвіду за останні п'ять років, систематизовано науково-проектний матеріал, запропоновано класифікацію поселень на воді тощо.

Проведений аналіз міжнародного досвіду проектування нових міст у водному середовищі висвітлює нові підходи та сучасні інженерно-технологічні рішення, розкриваючи потенціал морських екосистем для майбутнього освоєння.

Ключові слова: підводна урбаністика, морські екосистеми, місто на воді, три фізичні стани води: лід, рідина, пара; території вічної мерзлоти, стійкий розвиток.

ВСТУП

Виникнення та розвиток людства на планеті органічно пов'язано з водним середовищем. Освоєння водного середовища

має свої коріння та традиції, але й, водночас, має величезний потенціал для майбутнього. Стійкість зв'язку між людством та водним середовищем простежується в наш час і набуває нових напрямків свого подальшого розвитку. Все частіше піднімаються питання щодо впровадження наукових інновацій в справі пошуку способів вирішення проблеми підвищення рівня моря та наслідків зміни клімату. Сьогодні напрому постає питання перевірки та тестування майбутнього планування наших міст відносно взаємодії з водним оточенням. Яким чином ми будемо розбудовувати урбанізовані центри у майбутньому, маючи обмеження нашої планетарної екосистеми? Потрібно вже сьогодні вибудувати головні принципи політики підтримуючих відношень з найбільшими екосистемами планети – водними.

Отже, актуальність дослідження пов'язано з наступними фактами.

- Вода є одним з найбільш розповсюджених природних елементів на планеті. Існування водних екосистем, та й біосфери в цілому, повністю залежить від унікальних властивостей води як одного з головних мінералів Землі [1]. Водні екосистеми складають більшу частину біосфери, займають приблизно 71% поверхні Землі, а океани продукують більше 50% земного кисню. Як один із життєво найважливіших елементів, вода завжди грала значну роль в житті людини.

- Один із важливих аспектів проблеми змін клімату планети безпосередньо

пов'язаний з водним середовищем. В 20 сторіччі загальний підйом рівня світового океану склав лише десять сантиметрів, та теперішньому сторіччю прогнозують п'ятдесят [2]. Згідно прогнозам Міжурядової групи еволюції клімату, в зоні затоплення можуть опинитися близько 25 мільйонів мешканців нашої планети, що проживають в районах вздовж узбережжя [3]. В зв'язку із змінами клімату острівні країни та країни, що мають велику прибережну границю, знаходяться в зоні ризику затоплення територій океанськими водами та повинні виробити політику адаптації до кліматичних змін.

- Людство завдяки сучасному розвитку технологій та виникнення нових матеріалів впритул підійшло до можливості успішної реалізації амбіційних проєктів автономного розселення на воді [4]. По світу вже побудовано чимало споруд під водою, зокрема готелі, трубопроводи, тунелі, біостанції вирощення водоростей тощо. Такі проєкти реалізовано в Англії, Сінгапурі, Японії, Італії, Китаї, Америці, ОАЕ, Фіджі тощо.

МЕТА ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета нашого дослідження – вивчити можливі напрями містобудівного освоєння водних ландшафтів, розкрити потенціал морських екосистем для майбутнього урбаністичного освоєння на основі гармонійного співіснування людини та океану.

Методи дослідження – порівняльний аналіз сучасного міжнародного проєктного досвіду міських поселень на воді, систематизація зібраного науково-проєктного матеріалу та інших вихідних даних; класифікація даних поселень у водному оточенні. Методологічний авторський підхід щодо проведення дослідження з позиції розгляду трьох можливих агрегатних фізичних станів води дозволяє значно розширити межі самого дослідження, підійти до проблеми більш комплексно та зрозуміти системність питання.

ПІДВОДНА УРБАНІСТИКА: ТЕРМІН ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТІВ

Посилаючись на визначення «урбаністики» у електронній енциклопедії [5], автор пропонує розглядати термін «підводна (або, відповідно, водна) урбаністика» в даній роботі як напрям містобудівного та економіко-географічного дослідження, що займається комплексним аналізом та вивченням проблем, пов'язаних з функціонуванням та розвитком міських поселень у водному середовищі. Найбільш затребуваними в цьому питанні є морські екосистеми.

СТІЙКІСТЬ СЕРЕДОВИЩА ІСНУВАННЯ В ХХІ СТОЛІТТІ: ВОДНЕ ОТОЧЕННЯ

Водне середовище: три фізичні стани води

Вода є єдиною речовиною на Землі, що існує в природі в усіх трьох агрегатних станах – рідкому, твердому та газоподібному (вода, лід, пара). Власне ці три стани стануть відправною точкою нашого дослідження. Існування води як рідини найбільш розповсюджено, отже цьому стану буде приділено головну увагу. Вивчення середовища проживання в умовах вічної мерзлоти (для твердого стану існування води) або впливу пари на сучасну архітектуру істотно розширить межі сприйняття проблеми та шляхи її вирішення. Такий методологічний підхід автора був представлений у доповідях на міжнародних науково-практичних конференціях: міжнародній конференції 1st World Multi-Conference on Intelligent Building Technologies & Multimedia Management IBTMM 2013 (Poland, Krakow, 16-18 жовтня 2013 р.) [6, 7]; XIV Международной конференции «Новые идеи для нового века» (Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, 25-27 февраля 2014 г.) [8]; 2-ї щорічній Міжнародній конференції з архітектури та громадянського будівництва ACE 2014 (Singapore, 24-25

березня, 2014 р.), де отримано диплом за краще дослідження – Best Research Paper (разом із проф. Куц С., Польща) [9, 10].

Водне середовище існування: вода як рідина

Найбільш традиційний стан сприйняття води – це її існування в якості рідини. Увага спеціалістів повернута до морських екосистем планети як найбільш затребуваних та перспективних.

До аналізу було обрано 8 проектів зі всього світу, що були розроблені або адоптовані за останні 5 років.

Систематизацію зібраних матеріалів щодо обраних проектів було проведено з визначенням наступних даних: країна, авторський колектив, рік проектування; розмір поселення та кількість мешканців; функціональне призначення; планувальні, конструктивні та інших проектні особливості; фактори стійкості («sustainability»), в окремих випадках – заплановані строки реалізації.

Всі проекти тією чи іншою мірою спрямовані на розвиток *концепції стійкого проживання в водних умовах*, що передбачає розробку альтернативних джерел енергопостачання, вивчення морських та океанських глибин, самодостатність поселень, самозабезпеченість продуктами харчування, вирішення питань дихання, очищення океанських вод, розвиток технологій та еконо-

мічного зростання цих урбанізованих поселень на воді або під нею тощо.

Проект плавучого міста Harvest City від архітектора Е. Kevin Schopfer сумісно з фірмою Tangram 3DS було розроблено наприкінці 2010 року [11]. Проект розроблявся для подолання наслідків руйнівного землетрусу 2010 року на острові Гаїті. В основі створення та планування *Harvest City* лежать три головні концепції: створення додаткової, автономної, плаваючої, самодастатньої території для проживання, так необхідної для Гаїті; планування на базі принципу Arcology (архітектури та екології), який втілює в собі екологічно стійку і практичну містобудівну платформу; заснування та розвиток міста за теорією чартерних міст [11].

Місто розраховано на 30 000 мешканців та займає водну поверхню діаметром майже у 2 милі (Рис.1). Загальне планування міста розподілене на чотири зони, що з'єднуються між собою за допомогою системи вузьких прямих каналів. За проектом штучні плаваючі модулі скріплюються між собою і об'єднуються навколо внутрішньої «гавані» з центром міста, школами, адміністративними та громадськими будинками, а також загальним ринком. Висота забудови житлових кварталів дорівнює 4 поверхам. На околицях островів запроєктовані сільськогосподарські угіддя. Можливі урагани та тайфуни матимуть мінімальний вплив на



Рис. 1. Проект плавучого міста Harvest City, архітектор Е. Kevin Schopfer спільно з фірмою Tangram 3DS, Гаїті, 2010

Fig. 1. Harvest City, by arch. E. Kevin Schopfer & Tangram 3DS, Republic of Haiti, 2010

плаваючу конструкцію міста завдяки «низькому» профілю всієї забудови (не вище 4 поверхів), її невисокій вантажопідйомності та пригнічувачам хвиль, розташованим по периметру конструкції. Хвилерізи будуть сконструйовані таким чином, щоб додати стабільності місту.

Harvest City мав бути першим плаваючим містом на Гаїті. [11]. Відкрита система плавучих платформ дуже мобільна в своєму плануванні: дозволяла збільшити розміри поселення, з'єднатися з іншими майбутніми містами в гавані тощо.

Проект органічних міст для Об'єднаних Арабських Еміратів від Luca Cusi Architects був розроблений у 2010-2013 рр. [12]. Це комплекс органічних будівель на суші та три «місяця» різних за розмірами на воді для 150 000 мешканців. Водні «місяці» трактуються як штучні острови, деякі з яких поєднанні між собою та сушею автошляхами та зеленими зонами, а до інших можна дістатися виключно водним або авіа транспортом. Функціональне різноманіття вражає: житлові апартаменти, готелі, офіси, магазини, фітнес-клуби, салони краси, спа-центри, зали культури, спортивні будівлі тощо. Три комплекси на воді запроєктовані під різне житло: у великому «місяці» розташуються резиденції, апартаменти та готель, у середньому – тільки готелі, у малому – виключно приватні резиденції. Кожна

будівля проекту трактується як екологічно чиста, й такі будівлі стають частиною сучасних мегаполісів узбережжя. Будівельні матеріали, технології – не вказані, як і строки реалізації.

Проект науково-дослідної станції «Океанська спіраль» з житловим комплексом було розроблено у 2013 році провідною будівельною компанією Shimizu, Японія [13], Рис.2. Комплекс розрахований на 5000 мешканців. В ньому передбачається поєднання декількох функцій: науково-дослідної, житлової, торговельної, готельної тощо. Верхня частина комплексу занурена у воду, нижня частина спіральної структури достає до дна океану (див. Рис. 2). Загальна довжина спіральної конструкції складає 4 км або 2,5 милі. Спіральні структури будуть зроблені з полімерних компонентів за допомогою промислових 3D-принтерів. В проекті також передбачено нові заходи видобутку енергії за рахунок температурних коливань води. Строки реалізації – до 2030 року.

Наступний проект *Lilypad Floating City*, позиціонований автором як «плавучий екополіс для кліматичних біженців» (2008 р), адаптовано для умов Дубаю у 2014 році. Його автор французький архітектор бельгійського походження Vincent Callebaut [2, 3, 14, С.208].

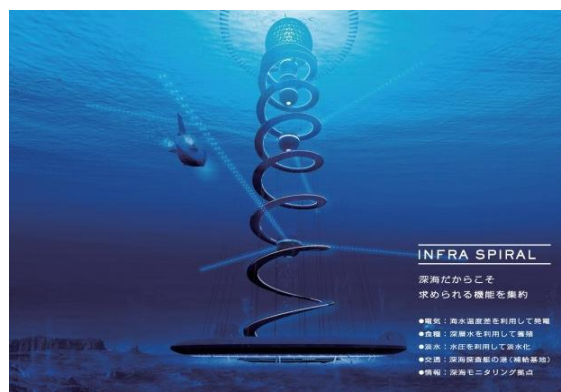
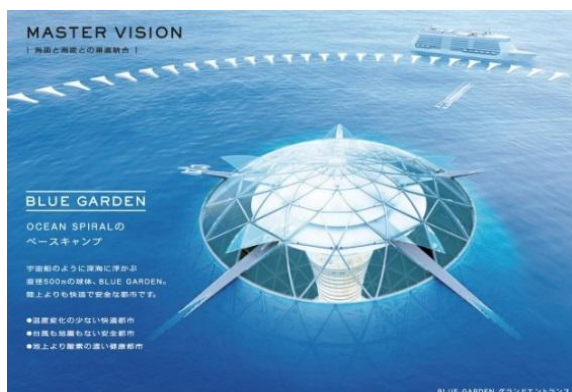


Рис. 2. Проект науково-дослідної станції «Океанська спіраль» з житловим комплексом, будівельна компанія Shimizu, Японія, 2013

Fig. 2. The research station "Ocean spiral" with apartment complex, by the construction company Shimizu, Japan, 2013

Це експериментальний зразок самодостатнього земноводного міста. Площа кожної плаваючої платформи у формі квітки лілії дорівнюється 500 000 м². Місто розраховано на 50 000 мешканців. Центром платформи Līlurad буде прісноводна лагуна з подвійною функцією. В ній збиратиметься для очищення дощова вода. Водночас лагуна буде слугувати стабілізуючим баластом плаваючої платформи, весь об'єм якої знаходиться нижче за рівень води [3]. Планування міста на воді засновано на трьох пристанях для яхт та трьох висотних будівельних об'ємів для бізнесу та розваг. Місто використовуватиме всі інженерні та технічні рішення в стилі екологічної безпеки [2]. «Зелені» рішення представлені: використанням сонячних батарей, енергії вітру і припливів, енергії біомаси Землі, збором і переробкою дощової води, очищенням води тощо. Весь вуглець і непотрібні продукти будуть перероблятися. Місто проектується як самодостатнє, з нульовим впливом на оточення. Конструкція зовнішніх огорожувальних стін планується з високоміцного поліефірного волокна, вкритого шаром діоксиду титану. Дах критий фотоелементами сонячних панелей [2]. Інвестори з Об'єднаних Арабських Еміратів покладають на цей проект надії з точки зору туризму. За думкою архітектора, проект може бути реалізований не раніше 2058 року [3].



Проект плаваючої океанської метрополії, який розробляється спеціалістами China Communications Construction Company (CCCC-FHDI) в соавторстві з архітектурним бюро AT Design Office, був представлений у 2014 році у Китаї [15, 16], Рис.3. Концептуальний проект розроблено для довгострокового автономного проживання у океанських водах. Це структура з об'єднаних плаваючих гексагональних модулів загальною площею 10,36 км² [16]. Проектна чисельність населення точно не вказана. В плані конфігурація поселення, що складається з окремих збірних гексагональних модулів розмірами 150 метрів на 30, може бути на основі рівностороннього трикутника та п'ятикутника (див. Рис. 3). Проектом передбачені житлова, комерційна та розважальна зони, що розташуються на різних рівнях, як над водою так й під нею. Велика за площею територія буде віддана під зелені насадження, які теж розташуються на різних рівнях. Так, громадський зелений пояс на поверхні води може забезпечити суспільний простір для спорту та відпочинку в оточенні свіжого повітря. Підводний зелений пояс може використовуватися для рекреаційних турів.

Транспортне сполучення між модулями буде здійснено через розгалужену мережу підводних тунелів та надводних тротуарів [16]. До віддалених модулів можна буде добратися на підводних човнах або яхтах.

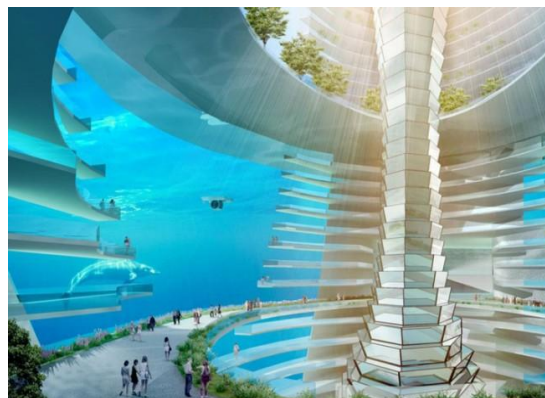


Рис. 3. Проект міста на воді, China Communications Construction Company (CCCC-FHDI) & AT Design Office, Китай, 2014

Fig. 3. Entitled Floating City, by China Communications Construction Company (CCCC-FHDI) & AT Design Office, China, 2014

Крім того, також планується будівництво магістралі наземного транспорту на електричній тязі.

Місто буде повністю самодостатнім, з нульовим викидом вуглецю, з низьким енергоспоживанням. На острові розташуються вертикальні сади та ферми для тварин, які забезпечують мешканців всім необхідним об'ємом їжі. Енергія для острова буде добуватися в процесі екологічного перероблення відходів.

Реалізувати цей проект планується за допомогою тих самих технологій, що використовуються зараз СССС-FHDI при будівництві 31-мильного мосту між містами Гонконгу, Макао і Чжухай: із штучними островами та підводними тунелями [15]. Інвестиційна фірма China Transport Investment Co анонсувала, що має наміри найближчим часом приступити до будівництва окремого модуля зменшених розмірів для тестування.

Великий інтерес представляють проекти, що спрямовані на очищення океанських вод, наприклад *проект водного міста Aequorea* для Ріо де Жанейро в Бразилії, що був розроблений у 2015 році архітектором Vincent Callebaut (автором концепції *Lilypad*, розглянутої вище) [17], Рис.4. Для проживання 20 000 мешканців запропоновано створення 1000 веж діаметром 500 м кожна. Головне призначення – очищення океанських вод від пластикового сміття, дослідження мор-

ських глибин з медичними цілями тощо. В проекті також закладено можливість його побудови за допомогою 3D друку з вилонених у океані пластикових відходів. Виробництво харчових продуктів передбачено на фермах з вирощування водоростей, планктону і молюсків, а сади і городи запроєктовані на вершині раковини-подібних надводних структур. Транспортна система буде живитися також за рахунок водоростей і рослин. Будуть використовуватися нові поновлювані джерела енергії. Як новий інноваційний матеріал буде використано *alginoplast*, винайдений композитний матеріал, що виготовляється з водоростей і сміття. Строки реалізації – не вказані.

На архітектурному бієнале 2015 року у Чикаго – Chicago Architecture Biennial 2015 – представлено *концептуальний проект міста на воді 3-C, CITY: Climate, Convention, and Cruise* від американського авторського тандему WORKac and Ant Farm design [18]. Головна мета проекту полягає у створенні плавучого міста як дослідницької лабораторії, конференц-центру та «провідника ідей», яке не обмежене будь-якими границями та слугує для вільного спілкування між людьми й обговорення важливих питань сучасності. Отже, проект не був прив'язаний до жодного географічного пункту.



Рис. 4. Проект міста на воді Aequorea, архітектор Vincent Callebaut, Бразилія, 2015

Fig. 4. Floating City Aequorea, by architect Vincent Callebaut, Brazil, 2015

Планування міста передбачає наступне. Його наріжний периметр створений за допомогою надувних конструкцій, що призначені для житлових функцій, в якому також присутні великі вертикальні об'єми для «колективної активності», де можуть розміщатися їдальні, зали тощо. Внутрішня частина міського простору призначена для громадських функцій та віддана для відкритого спілкування людей з морськими тваринами – дельфінами та китами.

Представлений виключно як ідея між людського спілкування, проект не містив в собі якихось більш детальних інженерно-технічних рішень та конкретних цифр.

Наприкінці 2015 року був представлено *проект майбутнього розвитку Токіо* на воді від Kohn Pedersen Fox and Leslie E. Robertson Associates [19]. Даний проект було розроблено у відповідь на передбачені зміни клімату та виклики екологічної уразливості територій. Розраховане на 55 000 мешканців, місто на воді має стільникову мережу гексагональних лагун зі змішаними комерційними, промисловими і туристичними функціями, яка також служитиме для руйнування хвиль і виступатиме в якості тимчасового бар'єру від повеней під час штормових припливів. Композиційним центром стане житлова вежа в мілью заввишки (1,6 км), яка сама по собі є збірником найновіших технологічних досягнень висотного будівництва сучасності: форма вежі розроблена за допомогою аеродинамічного модельного експериментування, фасадна поверхня розчленована з урахуванням збору дошової води, унікальна система ліфтів, яка використовує недавно розроблену технологію магнітної левітації тощо. Рішення для енергозабезпечення міста включатимуть використання: кінетичної енергії від руху поїздів через бухту, сонячної енергії від фотоелементів та енергії вітру, отриманою за допомогою мікротурбін верхніх поверхів головної вежі тощо. Строки реалізації анонсовані до 2045 року. Компанія розробник проекту вже має досвід возведення хмарочосу Lotte World Tower висотою понад 555 м у Сеулі в Південній

Кореї, завершення якого планується у 2015 році.

Середовище існування: вічна мерзлота

Переходячи до твердого стану існування води у вигляді снігу та криги слід зауважити, що освоєння просторів вічної мерзлоти планети в світі кліматичних змін набуло неймовірної актуальності [7, 8, 10]. Стійкість розвитку цих територій доведено реалізованими у різних країнах за останні роки архітектурно-містобудівних проектів, яким іноді передували адміністративно-соціальні зміни статусу самих територій.

Спектр проектів, що розробляються та реалізуються, дуже широкий: від окремої північної мобільної станції, стаціонарного житла, комплексу споруд, транспортної інфраструктури місцевості до планування як окремих північних поселень, так і значного регіону цілком.

Одним з яскравих прикладів освоєння льодовиків було будівництво в 2008 році урядом Норвегії незвичайного і з архітектурної, і з цільової точки зору споруди – Всесвітнього банку – зерносховища в 1000 км від північного полюса, в умовах вічної мерзлоти Шпіцбергена [7, 8, 10, 20]. Сховище розташоване в надрах скелі, на 120-метровій глибині, і на висоті 130 м над рівнем моря, де підтримується постійна температура $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ [20]. Кожна країна безкоштовно має в сховище власний відсік для насінневого фонду. Зерносховище розраховане на ємність 4,5 мільйона зразків насіння. Станом на 2015 рік зберігається 840 000 зразків насіння зі всього світу. (Зразок насіння складається з близько 500 насіння, запечатаних в герметичному алюмінієвому мішку) [20].

Території вічної мерзлоти стають місцем проведення культурних і спортивних заходів. У грудні 2013 року в Арктиці відбувся концерт рок групи Металіка. Марафонський забіг The Polar Circle Marathon в Гренландії проводиться щорічно, інший марафон North Pole Marathon проводиться на місцезнаходженні географічного Північно-

го Полюсу, тому потрапив в Книгу рекордів Гіннеса як найпівнічніший. На Південному полюсі також проводиться Антарктичний марафон [7, 8].

Це питання вкрай широке й потребує освітлення окремою публікацією.

Середовище перебування: пара

Активне використання пари в архітектурі, в силу його розрядженого фізичного стану, вимагає індивідуального підходу, набуває особливих вимог та швидше відноситься до перспектив майбутнього.

Сьогодні затребувані два напрями.

Перший, перевірений століттями, це розвиток індустрії спа-центрів, де традиційно використовується пара. Це історичний досвід багатьох країн світу: від давніх римських терм та традиційних турецьких вологих парних – хамамів до найсучасніших спа-центрів, в яких використанні природні джерела пари як то гейзери або термальні води. Навіть у північній Ісландії, є найвідоміший у світі геотермальний спа-комплекс Blue Lagoon [21].

Інший напрям стосується мистецтва. Сьогодні, у більшості випадків, пароподібний стан води активно використовується архітекторами, художниками і скульпторами, як середовище арт-інсталяцій [7, 8, 10].

ДО ПИТАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ПОСЕЛЕНЬ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

В науковій літературі можна знайти різні підходи до вивчення міст у водному оточенні. Один із них щодо виділення типів об'ємно-планувальних взаємодій води та урбанізованих структур як то підводне або водне місто представлено в статті Лесник О. [22].

Проведений аналіз проектних пропозицій щодо поселень на воді дає змогу виявити головні тенденції розвитку даного напрямку у близькому майбутньому. Також він дозволяє провести класифікацію міст на

воді, концепції яких були розроблені та запропоновані останніми роками.

Проекти урбанізованого освоєння водного середовища, на думку автора, потрібно класифікувати:

- за структурою: одночастинний, двочастинний, полічастинний (підводний, надводний тощо);

- за мобільністю (або можливістю пересування): стаціонарний, мобільний;

- за зв'язком із сушею: пов'язаний, автономний;

- за функціональною спрямованістю: монофункціональний, поліфункціональний;

- за масштабом поселення: індивідуальна будівля, комплекс споруд, місто на воді тощо;

- за принципом енергопостачання та екологічними факторами: самодостатній, частково достатній, залежний;

- за строками реалізації: концептуальний, проектний, частково реалізований, реалізований.

Класифікація може бути розширена за допомогою інших показників, наприклад, врахування структурних вертикальних зв'язків поселення «поверхня – дно океану», рівень впливу поселення на оточуюче середовище тощо.

ВИСНОВКИ

1. Стійкий розвиток середовища існування людини у 21 столітті напряму пов'язаний з подальшим засвоєнням природних водних екосистем, сучасними напрямами використання потенціалу водних об'єктів та застосуванням нових технологій на шляху до впровадження *концепції стійкого проживання в водних умовах*.

2. Вивчення водного оточення як середовища існування людини є актуальним питанням для містобудівників, ландшафтних архітекторів, екологів, гідро-інженерів та інших спеціалістів. Проживання у водному середовищі викликало зацікавленість не одного покоління архітекторів, про що свідчать футуристичні проекти міст на воді 60 – 70 років минулого століття, проекти на

зламів століть та сучасні проекти останніх 5 років, аналізу яких присвячена дана публікація.

3. В світі склалися передумови для розробки таких проектів, а саме необхідність адаптації до кліматичних змін, захист урбанізованих територій, демографічна ситуація в країнах, стрімкий розвиток урбанізації, виклики часу щодо захисту планетарної екосистеми тощо. Вирішення багатьох з них органічно пов'язане з освоєнням водного середовища.

4. Готовність будівельного ринку к таким викликам – наявність технологій, будівельних матеріалів, інженерно-проектних рішень та досвіду реалізації окремих проектів у світі.

5. В роботі вода розглянута як середовище існування людини в її трьох можливих агрегатних станах - як рідини, криги та пари. Головна увага приділена дослідженню міст на воді, де вода представлена в якості рідини, як найбільш розповсюдженному природному стану її існування на планеті та звичайному, традиційному для сприйняття людиною. Морські екосистеми планети розглядаються як найбільш затребуваних та перспективних. Також розглянуто проживання в умовах вічної мерзлоти, де вода існує в своєму твердому стані в якості криги та снігу. Та виявлені напрями використання пароподібного стану води в сучасній архітектурі та мистецтві.

6. Проведений порівняльний аналіз 8 концептуальних проектів щодо поселень на воді, розроблених за останні 5 років, показав, що кожний проект тією чи іншою мірою спрямовано на розвиток *концепції стійкого проживання у водних умовах*, а саме: розробку альтернативних джерел енергопостачання, вивчення морських та океанських глибин, самодостатність поселень, очищення океанських вод, нульовий вплив на природне оточення, розвиток інноваційних технологій, нових матеріалів тощо з метою досягнення стійкого економічного зростання цих урбанізованих поселень на воді або під нею.

7. Запропоновано класифікацію поселень на воді: за структурою, за мобільністю,

за зв'язком із сушею, за функціональною спрямованістю, за масштабом поселення, за принципом енергопостачання та екологічними факторами, за строками реалізації тощо.

8. Майбутнє підводної урбаністики бачиться у *паритетному співіснуванні людства та водної екосистеми*. Нові поселення мають бути запланованими таким чином, щоб найважливіші соціальні та середовищні умови були поліпшені та могли б забезпечити краще життя у XXI столітті. Нульовий вплив на водне середовище, покращення здоров'я та соціальних умов людського проживання мають бути в центрі уваги нових урбаністичних проектів та розробок. До 2100 року, вважають інженери, в таких містах могло б проживати до 250 мільйонів чоловік.

9. Можливо дискутувати окремі питання існування в умовах стійкого морозу, але території вічної мерзлоти отримали сьогодні стійкий розвиток й потребують його в майбутньому. Це території із особливим статусом – транснаціональним. Вони перестали бути суто для місцевих народностей, вони відкриваються для всього населення планети, хто полюбає екстремальні умови життя та праці.

10. Існування води в якості пари найбільш складне, в силу її існування у розрідженому вигляді, та його активне використання в архітектурі йде за двома напрямками: традиційному – це індустрія спавідпочинку та креативному – використання в чисельних арт-інсталяціях у світі. Сьогодні на ринку затребувані з різних позицій та в різній мірі всі три стани води, як показало проведене дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Світ енциклопедій**. Природокористування. Водна екосистема. <http://gx3000.ru/prirodokoristuvannja/vodna-ekosistema.html>. Переглянуто 21.02.2016.
2. **Заводсков С., 2014**. Lilypad плаваючий город в Дубає. <http://uae-dubai.ru/uae-blogs/article/lilypad-plavayuschiy-gorod-v-dubae>. Переглянуто 22.02.2016.

3. **Французский** архитектор придумал плавучие города для климатических беженцев, **2008**. <http://reality.newsru.com/article/23Jun2008/lily>. Переглянуто 23.02.2016.
4. **Сукач М., 2015**. Перша міжнародна науково-практична конференція «Підводні технології, 2015». Підводні технології. Промислова та цивільна інженерія, Вип.1, 3-12.
5. **Урбанистика**. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Урбанистика>. Переглянуто 21.02.2016.
6. **Ruban L., 2013**. Recent Trends in the Use of Water in Modern Architecture: New Approaches to Space Modeling. 1st World Milti_Conference on Intelligent Building Technologies & Multimedia Management, 10th International Conference New Building Technologies and Architectural Design, NBTAD 2013, Krakow, Abstracts, 86.
7. **Ruban L., 2014**. Three States of Water: How Technology Makes Water a Construction Material. Technical transactions, Architecture. Cracow: Politechnika Krakowska, Issue 8-A, 27-37.
8. **Рубан Л.И., 2014**. Новые направления использования воды в архитектурно-ландшафтной практике современности. Новые идеи нового века – 2014. Материалы 14-й Междунар. науч. конф. = The new Ideas of New Century – 2014: The Fourteenth International Scientific Conference Proceedings: в 3 т. Тихоокеан. гос. ун-т. Хабаровск, Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та. 3 т., 160-166.
9. **Kuc S., Ruban L., 2014**. Water as the Factor of Techno-creation. Proceedings of a 2nd Annual International Conference of Architecture and Civil Engineering (ACE-2014), ISSN: 2301-394X, published and organized by Global Science and Technology Forum (GSTF), Singapore, 50-54. (Best Paper Awards ACE 2014).
10. **Kuc S., Ruban L., 2014**. Contemporary Water Landscapes. Trends, Issues and Techno-creation. GSTF Journal of Engineering Technology (JET), ISSN: 2251-3701, Vol. 3, N 1, DOI: 10.5176/2251-3701_3.1.116, 96-105.
11. **Lomholt Is., 2010**. Harvest City Haiti, Caribbean, 'A Concept to Recovery'. <http://www.e-architect.co.uk/haiti/harvest-city-haiti>. Переглянуто 21.02.2016.
12. **Горшкова Д., 2013**. Органические города: проект Luca Curci Architects в ОАЭ. <https://www.buro247.ru/lifestyle/design/organicheskie-goroda-proekt-luca-curci-architects.html>. Переглянуто 22.02.2016.
13. **Frearson A., 2014**. Spiralling underwater cities could make oceans inhabitable by 2030. <http://www.dezeen.com/2014/11/26/ocean-spiral-underwater-cities-shimizu-corporation>. Переглянуто 23.02.2016.
14. **Плешкановская А.М., Савченко Е.Д., 2011**. Города и эпохи. К., Институт урбанистики, 230.
15. **Скрипин В., 2014**. Китайцы планируют использовать для построения городов будущего поверхность Земли, покрытую водой. <http://itc.ua/news/kitaytsyi-planiruyut-ispolzovat-dlya-postroeniya-gorodov-budushhego-pooverhnost-zemli-pokrytuyu-vodoy>. Переглянуто 22.02.2016.
16. **Frearson A., 2014**. Floating City concept by AT Design Office features underwater roads and submarines. <http://www.dezeen.com/2014/05/13/floating-city-at-design-office>. Переглянуто 21.02.2016.
17. **Mairs J., 2015**. Vincent Callebaut proposes underwater "oceanscrapers" made from 3D-printed rubbish. <http://www.dezeen.com/2015/12/24/aequorea-vincent-callebaut-underwater-oceanscrapers-made-from-3d-printed-rubbish-ocean-plastic>. Переглянуто 21.02.2016.
18. **McKnight J., 2015**. WORKac and Ant Farm design a utopian floating city for humans and marine animals. <http://www.dezeen.com/2015/10/07/workac-ant-farm-utopian-floating-city-concept-chicago-architecture-biennial-2015>. Переглянуто 23.02.2016.
19. **Keskeys P., 2016**. Honeycomb Lagoons and a Mile-High Tower: Envisioning Tokyo Bay in the Year 2045. <http://architizer.com/blog/next-tokyo/>. Переглянуто 21.02.2016.
20. **The Svalbard Global Seed Vault, Norway, 2008**. https://en.wikipedia.org/wiki/Svalbard_Global_Seed_Vault. Переглянуто 21.02.2016.
21. **Blue Lagoon (geothermal spa), 1992**. [https://en.wikipedia.org/wiki/Blue_Lagoon_\(geothermal_spa\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Blue_Lagoon_(geothermal_spa)). Переглянуто 23.02.2016.
22. **Лесник Е.Л., 2011**. Взаимодействие урбанизированных структур и водных пространств. «Архитектон: известия вузов», Екатеринбург, Россия, №34. http://archvuz.ru/2011_22/24.

REFERENCE

1. **Svit encyklopedij**. Pryrodokorystuvannja. Vodna ekosystema. <http://gx3000.ru/prirodokorystuvannja/vodna-ekosistema.html>. Viewed 21.02.2016 (in Ukrainian).
2. **Zavodskov S., 2014**. Lilypad plavajushhyj gorod v Dubae. <http://uae-dubai.ru/uae-blogs/article/lilypad-plavayuschiy-gorod-v-dubae>. Viewed 22.02.2016 (in Russian).

3. **Francuzskij** arhytektor pryдумал plavuchye goroda dlja klymatycheskyh bezhencev, 2008. <http://realty.newsru.com/article/23Jun2008/lily>. Viewed 23.02.2016 (in Russian).
4. **Sukach M., 2015.** Persha mizhnarodna naukovopraktychna konferencija «Pidvodni tehnologii', 2015». Pidvodni tehnologii'. Promyslova ta cyvil'na inzhenerija, vyp.1, 3-12 (in Ukrainian).
5. **Urbanistyka.** <http://ru.wikipedia.org/wiki/Urbanistyka>. Viewed 21.02.2016 (in Russian).
6. **Ruban L., 2013.** Recent Trends in the Use of Water in Modern Architecture: New Approaches to Space Modeling. 1st World Milti_Conference on Intelligent Building Technologies & Multimedia Management, 10th International Conference New Building Technologies and Architectural Design, NBTAD 2013, Krakow, Abstracts, 86.
7. **Ruban L., 2014.** Three States of Water: How Technology Makes Water a Construction Material. Technical transactions, Architecture. Cracow: Politechnika Krakowska, Issue 8-A, 27-37.
8. **Ruban L. 2014.** New Trends in Usage of Water in Modern Architectural and Landscape Practice. "The new Ideas of New Century – 2014: The Fourteenth International Scientific Conference Proceedings: v 3 t. Tyhookean. gos. un-t. Habarovsk, Yzd-vo Tyhookean. gos. un-ta. 3 t., 160-166 (in Russian).
9. **Kuc S., Ruban L., 2014.** Water as the Factor of Techno-creation. Proceedings of a 2nd Annual International Conference of Architecture and Civil Engineering (ACE-2014), ISSN: 2301-394X, published and organized by Global Science and Technology Forum (GSTF), Singapore, 50-54. (Best Paper Awards ACE 2014).
10. **Kuc S., Ruban L., 2014.** Contemporary Water Landscapes. Trends, Issues and Techno-creation. GSTF Journal of Engineering Technology (JET), ISSN: 2251-3701, Vol. 3, N 1, DOI: 10.5176/2251-3701_3.1.116, 96-105.
11. **Lomholt Is., 2010.** Harvest City Haiti, Caribbean, 'A Concept to Recovery'. <http://www.e-architect.co.uk/haiti/harvest-city-haiti>. Viewed 21.02.2016.
12. **Gorshkova D., 2013.** Organycheskye goroda: proekt Luca Curci Architects v UAE. <https://www.buro247.ru/lifestyle/design/organicheskie-goroda-proekt-luca-curci-architects.html>. Viewed 22.02.2016 (in Russian).
13. **Frearson A., 2014.** Spiralling underwater cities could make oceans inhabitable by 2030. <http://www.dezeen.com/2014/11/26/ocean-spiral-underwater-cities-shimizu-corporation>. Viewed 23.02.2016.
14. **Pleshkanovskaja A.M., Savchenko E.D., 2011.** Goroda y epohy. K., Ynstytut urbanistyky, 230 (in Russian).
15. **Skrypyn V., 2014.** Кытайсы planirujut yspol'zovat' dlja postroenija gorodov budushhego poverhnost' Zemly, pokrytuju vodoj. <http://itc.ua/news/kitajtsy-planiruyut-ispolzovat-dlya-postroeniya-gorodov-budushhego-poverhnost-zemli-pokrytiyu-vodoy>. Viewed 22.02.2016 (in Russian).
16. **Frearson A., 2014.** Floating City concept by AT Design Office features underwater roads and submarines. <http://www.dezeen.com/2014/05/13/floating-city-at-design-office>. Viewed 21.02.2016.
17. **Mairs J., 2015.** Vincent Callebaut proposes underwater "oceanscrapers" made from 3D-printed rubbish. <http://www.dezeen.com/2015/12/24/aequorea-vincent-callebaut-underwater-oceanscrapers-made-from-3d-printed-rubbish-ocean-plastic>. Переглянуто 21.02.2016.
18. **McKnight J., 2015.** WORKac and Ant Farm design a utopian floating city for humans and marine animals. <http://www.dezeen.com/2015/10/07/workac-ant-farm-utopian-floating-city-concept-chicago-architecture-biennial-2015/>. Viewed 23.02.2016.
19. **Keskeys P., 2016.** Honeycomb Lagoons and a Mile-High Tower: Envisioning Tokyo Bay in the Year 2045. <http://architizer.com/blog/next-tokyo/>. Viewed 21.02.2016 (in English).
20. **The Svalbard Global Seed Vault, Norwegia, 2008.** https://en.wikipedia.org/wiki/Svalbard_Global_Seed_Vault. Viewed 21.02.2016.
21. **Blue Lagoon (geothermal spa), 1992.** [https://en.wikipedia.org/wiki/Blue_Lagoon_\(geothermal_spa\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Blue_Lagoon_(geothermal_spa)). Viewed 23.02.2016.
22. **Lesnyk E.L., 2011.** Vzaymodejstvye urbanyzirovannyh struktur y vodnh prostranstv. «Arhytektion: yzvestyja vuzov», Ekaterynburg, Rossyja, №34. http://archvuz.ru/2011_22/24 (in Russian).

**Underwater urban studies:
modern issues and trends**

Liudmila Ruban

Kyiv National University of Construction
and Architecture

Povitroflotsky prosp., 31, Kyiv, Ukraine, 03037

e-mail: knuba.landscape@gmail.com

l_Ruban@knuba.edu.ua

orcid.org/0000-0002-5973-4362

Summary. The paper is devoted to the causes and reasons of the interest paid to the underwater urban studies; to the answers on the main issues of our time by the international architectural, construction and engineering minds.

The paper examined the water as the habitat in its three possible physical states – liquid, solid and vapor. The main focus is on marine ecosystems and their possible future development in the 21st century. It's also considered the accommodation in permafrost where water is in its solid form as ice and snow. The directions of water's usage as vapor in modern architecture and art are identified.

The possible planning of underwater and above-water settlements, the analysis of international project's experience over the past five years, the systematization of the scientific and project materials, the classification of cities on water and other issues are considered as key proposals of this research.

Conducted analysis of international experience in the design and planning of new cities in the aquatic environment highlights the new approaches in modern engineering and technology solutions, revealing the potential of marine ecosystems for future development and coming accommodation.

Key words: underwater urban studies, marine ecosystems, city on water, three physical states of water: liquid, solid and vapor; territory of permafrost, sustainable development.