

УДК 712.2

Рубан Людмила Іванівна

Кандидат архітектури, доцент, докторант КНУБА, ORCID: 0000-0002-5973-4362

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**ОБ'ЄКТИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ ВОДНИХ ТЕРИТОРІЙ
(світові тенденції на початку 21 століття)**

***Анотація.** Робота присвячена дослідженню світових тенденцій щодо створення різноманітних об'єктів відновлювальної енергетики на водних територіях. У роботі надана характеристика проектів сонячних та вітрових електростанцій на воді, розкрито їх затребуваність. Визначені перспективні напрями енергетики на водних територіях, що пов'язані із використанням приливної енергії, енергії хвиль та енергії океанських підводних течій, проектування яких активізувалося останнім часом в світі. В роботі проаналізовано найсучасніший міжнародний проектний досвід за останні 5 років.*

***Ключові слова:** система прибережних та водних територій; сонячна електростанція, що плаває на воді; морська вітряна електростанція; система приливної лагуни; плавуча підводна турбіна*

Постановка проблеми

В світі рішення нової Паризької угоди в рамках Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (UNFCCC) (1), що вступить в силу із 2020 року та замінить Кіотський протокол (1992 р.), кожна країна має побудувати оптимальний баланс своєї енергонезалежності з точки зору економіки, технологій, екології, національної енергетичної безпеки та інших чинників у відповідності до змін клімату та нагальних потреб людства. Місце та частка альтернативних джерел в державній енергетичній політиці повинно бути визначено. Україна приєдналася до Європейського енергетичного співтовариства, взявши на себе зобов'язання виробляти 11% електроенергії із відновлюваних джерел енергії до 2020 року (2).

Останніми роками на ринках розвинених країн сформувалась тенденція, що характеризується інноваційним використанням водних територій як відновлюваного джерела «чистої» енергії. Розвиток отримують всі альтернативні джерела енергії, як то сонячне, вітрове, енергій припливів або океанських течій. Водні простори різних природних та штучних водних об'єктів стають місцями розташування нових інноваційних об'єктів енергетики.

Аналіз основних досліджень та публікацій

Загальним питанням енергоефективності та подальшого розвитку відновлювальних джерел енергопостачання у світі та в Україні присвячено багато наукових праць. Велика кількість робіт

присвячена дослідженню гідроенергетики, яка займає значну частку в енергетиці України (3, 4, 5). Багато праць аналізують особливості використання різних відновлювальних джерел: гідроресурсів, вітрової, сонячної, геотермальної енергії тощо. Так, економічним питанням конкурентоспроможності різних альтернативних джерел присвячена наукова праця Нараєвського С.В., в якій проаналізовано найбільш розповсюджені технології альтернативної енергетики у світі, розрахована ефективність використання технологічного устаткування підприємствами, що працюють у гідроенергетиці, вітроенергетиці та сонячній енергетиці, вивчені зміни українського енергетичного ринку, що пов'язані з прийняттям Закону України «Про внесення змін до деяких законів України стосовно встановлення «зеленого» тарифу» тощо (6). Слід зазначити, що в роботах головна увага приділена прогнозуванням напрямів розвитку енергетичного ринку країни, технічним питанням та технологічним розрахункам в енергетиці відновлювальних джерел тощо. В той же час питання енергетичного потенціалу водних територій країни не висвітлені в публікаціях останніх років.

Формулювання мети статті

Основною метою статі є визначення сучасних світових тенденцій розвитку сектору альтернативної енергетики на водних територіях на основі аналізу міжнародного досвіду (проектного та реалізованого) за останні 5 років.

Основна частина

В зв'язку із змінами клімату на планеті та стрімким розвитком технології в системі «прибережна територія – природна водойма» з'являються нові питання, що потребують уваги спеціалістів щодо свого вирішення у відповідності до вимог часу.

В системі прибережних та водних територій водні простори різних водних об'єктів є визначальними. Водні території, що складаються із водної поверхні, водної товщі та підводного берегу, стають об'єктом архітектурно-ландшафтного проектування (апробація на конференції «Підводні технології-2017», КНУБА), (7). Особливостями їх проектування стає врахування природних циклів, законів водних екосистем тощо. Водні території в найближчому часі можуть стати територіями реального розселення людини (8), і в той же час, як показує дослідження, вже понад 5 років йде їх інтенсивне освоєння для видобутку альтернативної енергії.

Кожна країна освоює свої водні території, будь то морські, річкові, озерні, а також території штучних водних об'єктів. На водних територіях останніми роками побудовані плаваючі сонячні електростанції, вітрові електростанції різних типів, розроблені інноваційні проекти для приливних

лагун, технології плаваючих підводних турбін тощо.

Найбільш затребуваним є сегмент сонячної енергетики на воді. Плаваючі сонячні електростанції вийшли на ринок відновлювальної енергетики останніх декілька років. Стійкий розвиток отримали із 2010 року. Кожний рік в світі реалізуються проекти нових сонячних електростанцій, що плавають на воді, в різних частинах світу. За 2010-2016 роки побудовані плаваючі сонячні станції в Японії (2014-2018), Австралії (2015), Ізраїлі (2010-2012), Південній Кореї (2014), анонсувала запуск подібного проекту Бразилія (2015) тощо.

Такі сонячні електростанції відрізняються потужністю, площею та технологіями. Потужність сонячних електростанцій на воді стрімко зростає з кожним проектом: перші станції 2012-14 років зведення мали потужність в 1,0-1,2 МВт, сьогодні вони об'єднуються в єдині енергетичні мережі потужністю в 60 МВт (Японія) (9). Розміщуються на різних водних об'єктах: як природних - озера (Швейцарія, Ізраїль, Японія, Британія), морській лагуні (Японія, Ізраїль), так й на штучних – водосховищах (Японія, Британія, Ізраїль), ставках (Японія, Ізраїль), каналах (Індія), навіть у каналізаційному басейні поруч з очисною спорудою (Австралія) (Рис.1). Станції на штучних водоймах поступово займають пріоритетну позицію.

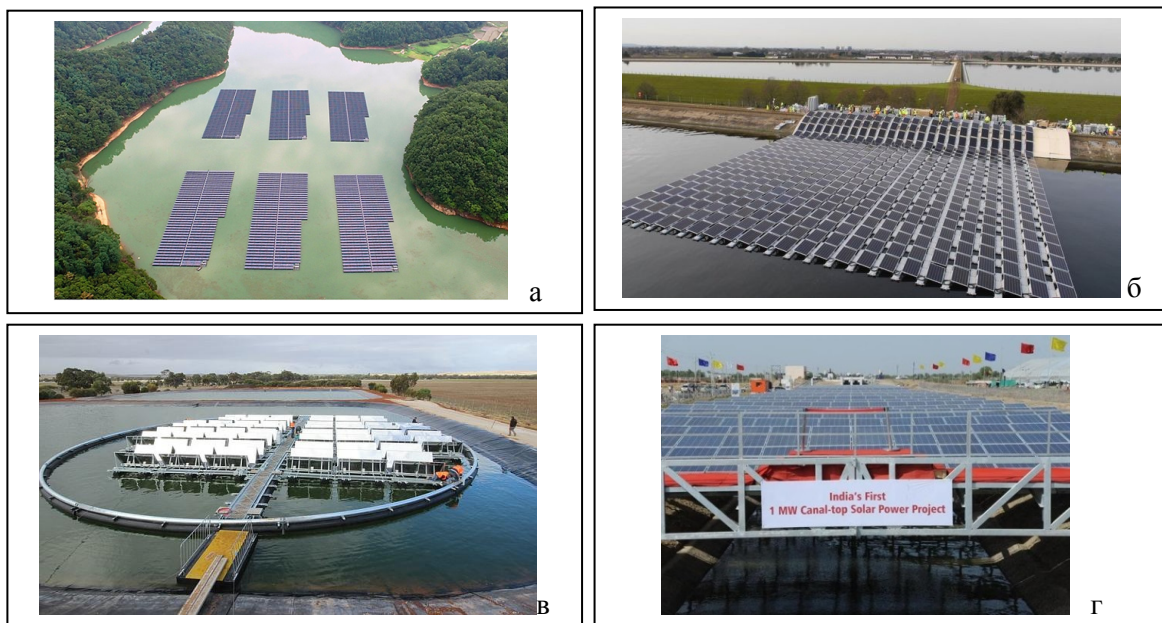


Рисунок 1 – Плаваючі сонячні станції у світі на різних водоймах: а) – від LG CNS, на водоймищах Otae та Jiryeong, Sangju, провінція North Gyeongsang Province, Південна Корея, 2015 р.; б) – від Thames Water та Lightsource, на водоймищі the Queen Elizabeth II, Walton-on-Thames, Surrey, Великобританія, 2016 р.; в) – від Infratech Industries, в каналізаційному басейні поруч з очисною спорудою, біля Jamestown, South Australia, Південна Австралія, 2015 р.; г) – пілотний проект 1MW Canal-Top Solar Power Project, над водною поверхнею каналу, канал Narmada Canal, State Gujarat, Індія, 2012 р.

Про переваги використання сонячних електростанцій, що плавають на водній поверхні, свідчать факти: ці станції є більш ефективними у порівнянні із наземними сонячними електростанціями відповідних розмірів за рахунок водяного охолодження; для них характерні суттєва економія землі, значне зниження CO₂, зменшення цвітіння токсичних водоростей у водоймищах; сприяють зменшенню випаровування води із водної поверхні водойми; характеризуються відносною мобільністю монтажу (що проявляється у легкість монтажу та демонтажу, нарощування об'ємів на базі модульності, можливість перенесення на іншу водойму) тощо. За розмірами, які визначаються технічними показниками та гідрографічними характеристиками водойми, станції можуть займати різні площі: і в 8 тис.кв.м, і в 18 тис.кв.м. Такі сонячні електростанції можуть стати джерелами енергії для автономних поселень на воді (8). Сьогодні окремі електростанції використовуються із поєднанням функцій: як рибоводний завод, як туристичний об'єкт, як освітній центр тощо. Так, на сонячній електростанції Kagoshima Solar Power в Японії проводяться ознайомчі туристичні тури (9), як в у випадку музею захисного бар'єру Barriers в Лондоні на Темзі (10).

Глобальний ріст морського сектору поновлювальних джерел енергії спостерігається останніми роками у всьому світі. Так, в 11 країнах Європи існує на сьогоднішній день 84 морські вітрові електростанції, в 2014 році вітровий парк Китаю налічував 226 морські вітрові турбіни, в 2016 р в США введено до експлуатації першу морську вітроелектростанцію тощо. Цей сектор альтернативної енергетики має затребуваність через наявність великих морських просторів та постійних сильних вітрів. Доведено, що вітрові електростанції виробляють на 40% енергії більше, ніж подібні електростанції на суші. Такий глобальний ріст сприяв зростанню інвестицій в сектор і інтерес привів до зниження цін майже на 60% в порівнянні з 2000 р. (11, 12).

Однім із останніх інноваційних проєктів в цьому сегменті стане створення найбільшої плавучої вітроелектростанції у Шотландії - The Hywind pilot park offshore Peterhead в Абердинширі, будівництво якої почнеться наприкінці 2017 року (13). Statoil буде встановлювати 30 МВт вітрової турбінні ферми на плавучих конструкціях на Б'юкен Діп, в 25 км від берега Пітерхед, в більш глибоких водах, ніж будь-які із попередніх морських вітрових турбін по всьому узбережжю Великобританії.

Перспективними напрямками є використання приливної енергії, енергії хвиль та енергії

океанських підводних течій.

Використання приливної і енергії хвиль більш розроблено і в деяких частинах світу навіть близько до запуску в комерційне застосування, про що свідчить проєктний досвід Великобританії у 2014-2016 рр. Програма приливних лагун в Південно-Західному Уельсі, що розробляється під патронатом держави, пропонує можливість будівництва групи великих приливних лагун вздовж узбережжя Уельсу для виробництва електроенергії з поновлюваних джерел в великому масштабі за низькою вартістю (14, 15). Приливні енергетичні плани для Swansea Bay вперше з'явилися в 2003 році, але сучасний проєкт був розроблений протягом останніх років - із 2014 року. Початок будівництво планується на 2018 рік та триватиме чотири роки, а перші потужності, що згенерують енергію, з'являться за три роки (14). Видачі всіх необхідних для розробки проєкту морських ліцензій передують глибокий аналіз природних ресурсів Уельсу. Зараз вивчаються екологічні проблеми, проводяться спостереження, аналізується вплив на морське середовище: охопленні питання від характеру повеней до популяції риб та птахів тощо. (16).

Якщо пробна модель в одній лагуні доведе свою екологічну небезпечність, то в планах є будівництво 10 приливних лагун в країні до 2030 року, що забезпечить 10% вироблення електроенергії, скоротить викиди CO₂ на 36%. (17).

Проєкт приливної лагуни Swansea Bay складається із 9 км морської стіни і масиву з 16 турбін подвійного спрямування, розробленими, щоб використовувати енергію припливу (Рис.2).



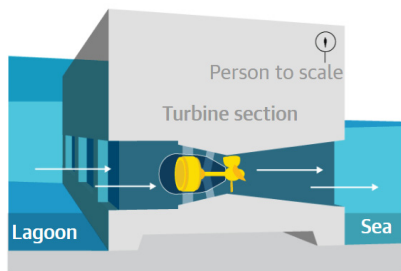


Рисунок 3 Проект приливної лагуни Swansea Bay Tidal Lagoon, Уельс, Великобританія, 2014-2018

В міру того як припливи піднімаються і опускаються лагуна заповнюється водою та порожніє. 6 метрові турбіни вироблятимуть електроенергію, незалежно від напрямку потоку (17). Проектувальники планують також використання лагуни із соціально-рекреаційними цілями: для прогулянок мешканців, релаксації, прямого контакту із морем, ознайомлення із морським життям тощо. Проект був нагороджений орденом Згоди розвитку в 2015 році і планується до реалізації (14).

Використання енергії океанських підводних течій - одна з найменш досліджених та мало розроблених ідей утилізації чистої енергії в світі, що залишається досі багато в чому концептуальною розробкою. Однак майбутнє цього підходу має величезний економічний ефект. Океанічні течії несуть в собі величезний потенціал надзвичайно стабільного і дуже надійного відновлюваних джерела чистої енергії.

Маючи жахливий досвід ядерної аварії на Фукусімі Японія поновила розробку проектів відновлювальної енергетики в секторі підводних течій. Спільна розробка японської організації New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) разом із компаніями Toshiba та ІНІ спрямована на запуск програми утилізації енергії океанічних течій на прикладі одного з найпотужніших світових океанічних течій Куросіо, що проходить в лічених кілометрах від узбережжя Японії.

Підхід NEDO із плавучими підводними турбінами є новаторським. Базові відомості майбутньої технології від Toshiba: «Підводні генератори, що «парять» у океанських водах, матимуть дві турбіни, що обертаються в протилежних напрямках. Вони будуть закріплені якорями на дні океану, і будуть парити в потоках течії як повітряні змії» (18). Компанія ІНІ побудує турбіни і плавучі корпусу, а Toshiba поставить необхідні електричні генератори і трансформатори. Проект дослідження можливостей нових генераторів триватиме до 2017 року.

«З огляду на більшу щільність води, при тій же площі поверхні вода, яка рухається зі швидкістю 20 кілометрів на годину, має таку ж силу, що і вітер, який безперервно дме зі швидкістю 180 кілометрів на годину» (18). Швидкість течії Куросіо, по океанографічним даними Флоту США, становить близько 5 кілометрів на годину.

Висновки

В системі «прибережні території – природна водойма» введення нового терміну «водні території» вважається доцільним та своєчасним. Водні території стають об'єктом архітектурно-ландшафтного проектування, в яких визначаються водна поверхня, водна товща та підводний берег. Особливостями їх проектування стає врахування природних циклів, законів водних екосистем тощо. Новий термін апробовано в роботі наукових конференцій КНУБА у 2017 році.

Водні території в найближчому часі можуть стати територіями реального розселення людини, і в той же час, як показує дослідження, вже понад 5 років йде їх інтенсивне освоєння для видобутку альтернативної енергії.

Водні території можна диференціювати в залежності від природних водних об'єктів на морські, річкові та озерні, а також території штучно створених водойм. Вони можуть розглядатися як самостійно, так і в поєднанні із прибережними територіями.

Світові тенденції у сегменті використання водних територій як джерела відновлювальної енергії дуже різноманітні. По-перше, підтверджена затребуваність на ринку по всьому світі. По-друге, формування технологій та проектних рішень йде зараз. По-третє, визначені види об'єктів відновлювальної енергетики на водних територіях: сонячні електростанції, що плавають на воді, морські вітряні електростанції, приливні лагуни тощо. Також охарактеризовані переваги, особливо скорочення викидів CO₂, окреслені перспективи розвитку. Лідерами стають держави, що вже розпочали процес 5 років тому. Всі проекти, що реалізовано та розробляються, мають підтримку на рівні держави (досвід Шотландії, Англії, країн Європи, Америки, Японії, Китаю, Бразилії тощо).

Виявлено головні тенденції сучасності, де кожний вид альтернативної енергетики на водних територіях отримує інноваційний розвиток. Мають позитивний досвід реалізації у світі сонячні та вітрові електростанції на воді. Розвиток сонячних електростанцій на воді прямує в бік збільшення площі та потужностей останніх, та збільшення частки даної енергії в загальному енергетичному балансі країни. Інноваційний проект автономних вітрових турбін, що

плавають, стартує у Шотландії (2017 р). На межі реалізації знаходиться концептуальний проект приливних лагун, для якого зараз проводиться дослідження екологічної безпеки (Англія), на стадії інтенсивного тестування – нові технології для підводних течій (Японія). Це знаменує собою важливий крок вперед для відновлювальних технологій водних територій, і потенційно відкриває нові привабливі ринки для виробництва відновлюваної енергії в усьому світі. Майбутнє саме за такими альтернативними джерелами електроенергії, адже вони дешевші за собівартістю, безпечніші та не пов'язані із шкідливими викидами, які спричиняють глобальне потепління.

Активне освоєння водних територій для цілей відновлювальної енергетики підтверджує своєчасність розгляду водних територій як об'єктів архітектурно-ландшафтного проектування. Необхідно скористатися провідними досягненнями світового енергетичного ринку та міжнародним позитивним практичним досвідом для корегування програми енергетичної політики України із визначенням та врахуванням потенціалу її водних територій для розвитку альтернативної енергетики.

Література

1. Паризька угода (2015) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B7%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0_\(2015\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B7%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0_(2015)) – назва з екрану.
2. Корольчук Ю., Відновлювана енергетика: перспективи України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.radiosvoboda.org/content/article/25044801.html> – назва з екрану.
3. Маковський А.М. Енергоресурси та гідрологічні основи гідроенергетики: навч. посіб. / А.М. Маковський, Ю.Ю. Філіпович; Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. - Рівне : НУВГП, 2010. - 128 с.
4. Васько П.Ф. Мала гідроенергетика України: реалії сьогодення та аспекти подальшого розвитку / П.Ф. Васько, Ю.О. Віхорев // Відновлюв. енергетика. - 2008. - N 2. - С. 62-65.
5. Рубан Л.І. Ландшафтні аспекти нової архітектури об'єктів малої гідроенергетики / Л.І. Рубан // Енергозбереження в будівництві та архітектурі. – К. : КНУБА, 2016. – Вип. 8. – с. 326-332.
6. Нараєвський С.В. Конкурентоспроможність альтернативних технологій отримання енергії: Автореф. дис. ... канд. економ. наук: 08.00.04/ КПП. – К., 2015. - 22 с.
7. Рубан Л.І. Програма III міжнародної науково-практичної конференції «Підводні технології-2017, промислова та цивільна інженерія» // К. : КНУБА, 2017. - ISSN 2415-8550 - с.9
8. Рубан Л.І. Підводна урбаністика: питання та відповіді сучасності / Л.І. Рубан // Підводні технології. – К. : КНУБА, 2016. – Вип. 3. – с. 54-65.
9. Kagoshima Nanatsujima Mega Solar Power Plant, Japan [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.power-technology.com/projects/kagoshima-nanatsujima-mega-solar-power-plant/> – назва з екрану.
10. Рубан Л.І. Проблеми сучасної архітектурно-ландшафтно-організації прибережних територій (на прикладі проектної практики Лондону, Великобританія) / Л.І. Рубан // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. Частина 2. - К.: КНУБА, 2016. - Вип. 43 - С. 179-187.
11. The European offshore wind industry – key trends and statistics 2015, Wind Europe [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://windeurope.org/about-wind/statistics/offshore/key-trends-2015/> – назва з екрану.
12. Offshore Wind Power, Siemens [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.siemens.com/global/en/home/markets/wind/offshore.html> – назва з екрану.
13. Statoil to build the world's first floating wind farm: Hywind Scotland [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.statoil.com/en/news/hywindscotland.html> – назва з екрану. November 3, 2015
14. An iconic, world-first infrastructure project in South West Wales [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tidallagoonpower.com/projects/swansea-bay/> – назва з екрану.
15. Swansea Bay tidal lagoon project backed by independent review [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.itv.com/news/wales/2017-01-12/swansea-bay-tidal-lagoon-project-backed-by-uk-government-review/> – назва з екрану.
16. Tidal lagoon: £1.3bn swansea bay project to be backed, construction buzz #98 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukconstructionweek.com/news/construction-buzz/985-tidal-lagoon-1-3bn-swansea-bay-project-to-be-backed-construction-buzz-98> – назва з екрану.
17. Swansea Bay tidal lagoon backed by government review [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.theguardian.com/environment/2017/jan/12/tidal-lagoons-could-ensure-uk-power-supplies> – назва з екрану.

18. Япония строит подводные воздушные змеи для сбора энергии океанических течений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://top.thepo.st/1331302/Yaponiya-stroit-podvodnyie-vozdushnyie-zmei-dlya-sbora-energii-okeanicheskikh-techeniy/> – назва з екрану.

Стаття надійшла в редколегію 27.03.2017

Рецензент: канд. арх., доц. Т. О. Кашенко, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

Рубан Людмила Ивановна

Кандидат архитектуры, доцент, докторант КНУСА, ORCID: 0000-0002-5973-4362

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ОБЪЕКТЫ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ВОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (мировые тенденции в начале 21 века)

Аннотация. Работа посвящена исследованию мировых тенденций по созданию различных объектов возобновляемой энергетики на водных территориях. В работе дана характеристика проектов солнечных и ветряных электростанций на воде, раскрыта их востребованность. Определены перспективные направления энергетики на водных территориях, связанных с использованием приливной энергии, энергии волн и энергии океанских подводных течений, проектирование которых активизировалось в последнее время в мире. В работе проанализирован современный международный проектный опыт за последние пять лет.

Ключевые слова: система прибрежных и водных территорий; солнечная электростанция на воде; морская ветряная электростанция; система приливной лагуны; плавающая подводная турбина

Ruban Liudmyla

Doctor of Philosophy (Architecture), Associate Professor, Doctoral KNUCA, ORCID: 0000-0002-5973-4362

Kiev National University of Construction and Architecture, Kiev

OBJECTS OF RENEWABLE ENERGY ON WATER AREAS (Global trends in the early 21th century)

Abstract. The work investigates global trends towards creation of a variety of renewable energy facilities on water areas. The paper outlines the characteristics of solar projects and wind farms on the water and uncovered their demand. It identifies promising areas of energy water areas associated with the use of tidal energy, wave energy and ocean energy undercurrents, the design of which has intensified recently in the world. The paper analyzes the most modern international design experience over the last 5 years.

Keywords: system of water and coastal territories; floating solar power plants; floating offshore wind farm; tidal lagoon system; floating underwater turbine