

## **АРХИТЕКТУРА ПОДВОДНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ: ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Козич В. Ю., Щербенок В.Д.

*Научный руководитель – Платонова М. А.*

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

Идея создания подводных домов возникла у ученых после того, как они обеспокоились проблемой перенаселения планеты, ведь число жителей ежегодно увеличивается на 75-80 млн. человек. Возможно, скоро людям не хватит места на материках, и придется осваивать новые пространства для жизни.

Люди уже много лет изучают подводное строительство, и на сегодняшний день существуют современные технологии для создания подводных зданий и сооружений. Несмотря на то, что в настоящее время под водой находятся только те города, которые были затоплены с течением времени, планы по созданию подводных городов будущего рассматриваются.

Важнейшими этапами в истории архитектуры под водой можно выделить создание подводных туннелей и станций метро, а также проектирование экспериментальных жилых комплексов [1].

Подводные здания могут быть как временными, так и постоянными, они используются для научных исследований в области океанологии, биологии, геологии, а также для размещения коммуникационных систем, нефтегазовых платформ, подводных кабелей и трубопроводов. Они также могут служить местами отдыха и развлечения, предоставляя уникальную возможность погружения в мир подводных глубин.

Ранние эксперименты по созданию станций для полноценной жизни под водой прошли в 1960-е годы, а первый гидрополис построил французский исследователь Жак-Ив Кусто. В сентябре 1962 г. у берегов Марселя он опустил свою установку на глубину 10 м. «Преко́нтинент-1» изготовили из железной цистерны. Первые жители провели в нем неделю. Его габариты были не так уж велики: металлическая цистерна была длиной 5 м и 2,5 м в диаметре.

Уже в 1963 г. был запущен новый проект, превосходящий предыдущий, первая подводная деревня – «Преко́нтинент-2», в которой постоянно жили 6 человек и попугай. На морском дне расположилось настоящее подводное поселение, состоявшее из нескольких специализированных сооружений. Самым крупным из них был пятикомнатный дом «Морская звезда», имевший форму гигантской четырехконечной звезды (Рис. 1).



Рисунок 1. Сооружения «Преко́нтинент-2»

В двух отрогках размещались спальные отсеки, в третьем – лаборатория, кухня, фотомастерская, туалет, а в четвертом находилась кладовая, где хранилось водолазное снаряжение, входной люк и душ. Обитатели дышали воздухом, подаваемым по шлангу с обеспечивающего судна. Электроэнергия и пресная вода также подавались с поверхности.

В 1965 г. был начат «Преко́нтинент-3» последний крупный эксперимент команды в этой сфере. Большой купол был размещен на дне Средиземного моря между Ниццей и Монако на глубине 100 м. Шестеро человек на протяжении трех недель жили в подводном доме, более автономном, чем его предшественники [2].

При создании подводных зданий необходимо учитывать ряд особенностей, которые связаны с условиями работы под водой. Во-первых, необходимо обеспечить стабильность и прочность конструкций, учитывая давление воды и другие факторы окружающей среды. Во-вторых, необходимо учитывать возможность коррозии материалов из-за воздействия воды и соли.

К наиболее распространенным материалам, используемым в подводном строительстве, относятся:

- бетон, разновидности которого используются под водой, способны быстро схватываться и эксплуатироваться даже в соленой воде;
- сталь, которая в сочетании с бетоном образует прочную конструкцию для подводных зданий;
- акриловое стекло, устойчивое к солнечному свету, прочное и довольно жесткое, хорошо подходящее для подводного строительства.

Кроме того, для предотвращения коррозии материалов под водой применяются различные защитные покрытия и антикоррозионные составы.

За прошедшие годы появилось несколько основных методов и конструкций, которые позволяют строительным компаниям возводить в больших и малых водоемах. Наиболее важные из них:

- кессоны,
- коффердамы,
- забивные сваи, а также
- внеплощадочное строительство [3].

Все эти методы подводного строительства преследуют одну и ту же цель: избежать строительства под водой. Вместо этого вода отводится или избегается различными способами во время строительства. Таким образом, «строительство под водой» – это больше о создании конструкций, способных противостоять воде после завершения строительства.

*Кессоны* представляют собой водонепроницаемые конструкции, которые можно опускать в воду, сохраняя при этом сухую среду внутри. Внутри сухой части открытого кессона рабочие могут копать, чтобы добраться до твердой поверхности, на которую будет опираться конструкция. В конце концов, кессоны становятся частью фундамента сооружения, часто моста или плотины.

*Коффердамы* – это временные ограждения, которые позволяют откачивать воду, создавая сухую среду для строительства. Полностью построенный коффердам выглядит как большая обнесенная стеной яма, окруженная водой. Их можно использовать для строительства различных сооружений, от причалов и пирсов до частично или полностью затопленных зданий (Рис. 2).

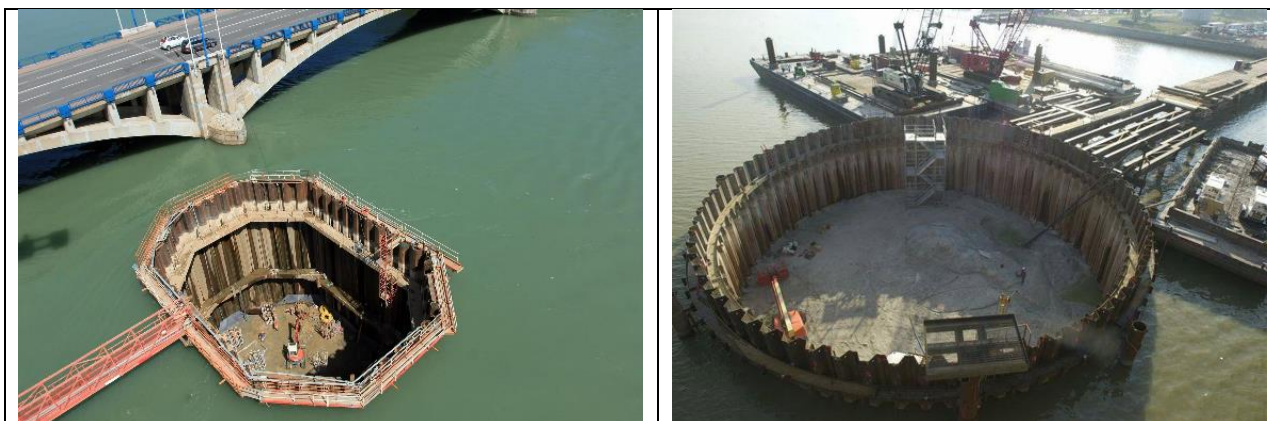


Рисунок 2. Кессоны и коффердамы

*Забивные сваи* представляют собой заранее изготовленные стержни из железобетона или металла. Сваи являются одним из наиболее экономичных способов возведения элементов фундамента подводных зданий. Например, забивные сваи были использованы для закрепления потрясающего частично затопленного магазина «Apple» в Marina Bay Sands в Сингапуре.

*Внеплощадочное строительство* – это процесс, который включает в себя точное и быстрое проектирование, производство и перемещение

изготовленных строительных компонентов. Часто конструкции или части конструкции спускаются на воду или буксируются баржами, а затем опускаются на место. При необходимости воду откачивают из конструкции после того, как она опускается на место [4].

Рассмотрим несколько примеров подводных сооружений по всему миру.

Одним из наиболее известных и популярных подводных сооружений является *подводный отель «The Muraka» на Мальдивах*. Этот отель располагается на глубине более 5 м под водой и предлагает гостям уникальное окружение и виды на подводный мир. Вся конструкция из стали, бетона и акрила была изготовлена на суше, и весит около 600 тонн. На остров она была доставлена на специальном корабле. Устойчивость подводного этажа обеспечивают 10 бетонных опор (Рис.3).

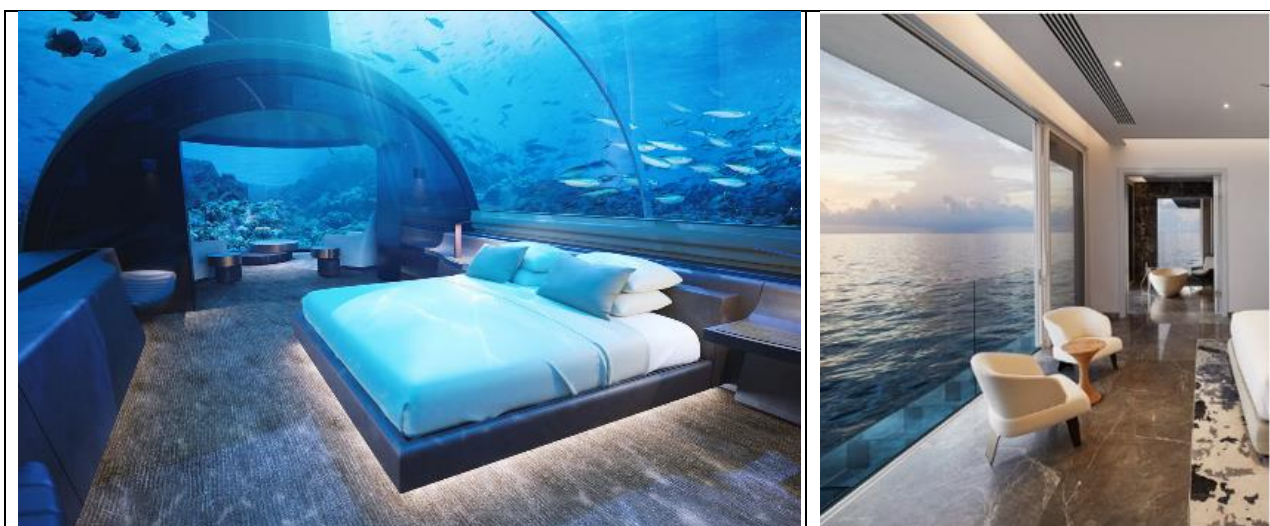


Рисунок 3. Отель «The Muraka» на Мальдивах

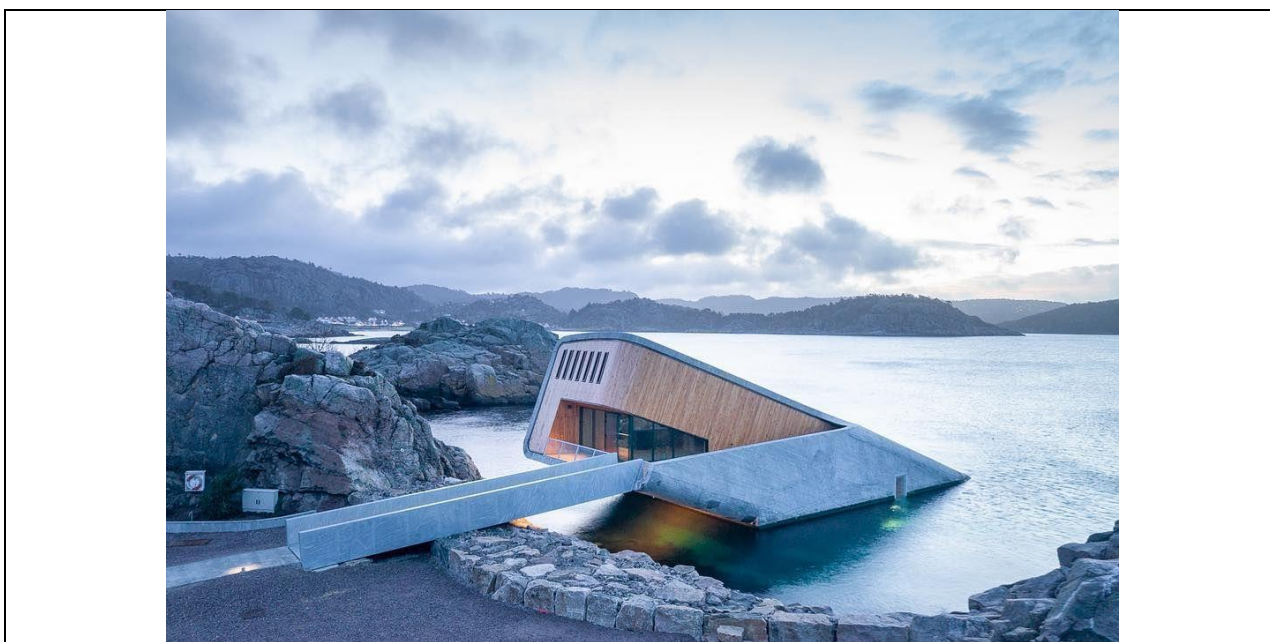


Рисунок 4. Ресторан «Under»

«Under» – интересный, красивый и необычный ресторан, который расположен у берегов Норвегии. Здание длиной 34 м погружено на 5 м под воду около деревни Болю. При этом оно выступает на 10 м над водой. Бетонная оболочка со стенами в полметра толщиной была изготовлена на барже в 20 м от задуманного расположения ресторана, затем ее заполнили водой, чтобы обеспечить погружение, и закрепили на дне (Рис.4) [5].

Весной 2015 г. в Санкт-Петербурге открылся *вестибюль станции метро «Спортивная»*. Выходы расположены по разные стороны Невы. Переход, соединивший два берега, стал уникальным сооружением: он проходит под рекой, а пассажиры перемещаются по нему на горизонтальных эскалаторах – траволаторах [6].

Таким образом, можно выделить следующие *преимущества* использования подводных зданий:

1. Способность сохранять ценные природные и исторические объекты под водой, обеспечивая им защиту от разрушения и вандализма.
2. Увеличение жилой и коммерческой площади в плотно заселенных районах, где доступ к земле ограничен.
3. Возможность уменьшить ущерб от природных бедствий, путем размещения инфраструктуры под водой.
4. Создание уникального опыта и обеспечение новых возможностей для развития туризма.

Однако существуют *ограничения и проблемы* при создании подводных сооружений:

1. Высокая стоимость проектирования, строительства и обслуживания подводных зданий из-за необходимости использования специальных материалов и технологий.
2. Трудности с обеспечением связи, электроэнергии и других коммунальных услуг для подводных поселений.
3. Необходимость борьбы с влагой, коррозией и другими агрессивными условиями, которые могут ускорить износ и разрушение подводных сооружений.
4. Ограниченные возможности для расширения и модернизации подводных зданий из-за сложности доступа и особенностей их конструкции.

Со всеми этими невероятными подводными сооружениями, существующими по всему миру, возникает естественный вопрос: почему мы не можем строить подводные города? Короткий ответ: можем. У нас есть материалы, технологии и методы строительства для поддержания городов под водой. Но подводные города имеют стоимость, которая делает их строительство неразумным, поэтому мы можем видеть подводные сооружения только на дорогих курортах по всему миру.

Тем не менее, человеческие инновации позволили построить подводные сооружения способами, которые совсем недавно казались

немыслимыми. Возможно, пройдет совсем немного времени, прежде чем плавающие и подводные города станут реальностью.

### *Литература*

1. Дома будущего: как устроены гидрополисы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gge.ru/press-center/news/doma-budushchego-kak-ustroeny-gidropolisy>. – Дата доступа: 20.04.2024.

2. Подводная деревня Жака Ива Кусто [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://pikabu.ru/story/podvodnaya\\_derevnya\\_zhaka\\_iva\\_kusto\\_4840684?ysclid=lxar9p2bmz120009570\\_future\\_Perspectives\\_from\\_Europe](https://pikabu.ru/story/podvodnaya_derevnya_zhaka_iva_kusto_4840684?ysclid=lxar9p2bmz120009570_future_Perspectives_from_Europe). – Дата доступа: 16.04.2024.

3. Кропачева, В. В., Шмидт, В. С., Першинова, Л. Н. Подводное строительство / В. В. Кропачева, В. С. Шмидт, Л. Н. Першинова // Архитектура и архитектурная среда: вопросы исторического и современного развития: сб. ст.: в 2 т. / М-во науки и высш. образования РФ; редкол: А. Б. Храмов (отв. ред.) [и др.]. – Тюмень: Тюмен. индустриальный ун-т, 2021 – Т. 1. – С. 232-240.

4. Amazing Underwater Structures: How Underwater Construction Works Infrastructure and German Landscape Planning [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigrentz.com/blog/underwater-construction> – Дата доступа: 23.04.2024.

5. Тайны глубин: топ-10 самых впечатляющих подводных сооружений мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/Za0E2kSLuy-TvxFo> – Дата доступа: 20.04.2024.

6. Уникальный питерский подводный тоннель в фотографиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ridus.ru/unikalnyj-piterskij-podvodnyj-tonnel-v-fotografijah-277657.html>