

## О формировании модели жизненного цикла подземного сооружения

*Е.А. Муравьева, А.В. Манько*

*ФГБОУ ВО НИ Московский государственный строительный университет, Москва*

**Аннотация:** В данной статье рассмотрен разрабатываемый подход, вариант формирования жизненного цикла на примере подземного сооружения. Рассмотрена наиболее новая модель жизненного цикла, применяемая в зарубежных странах, и на основании этой модели представлена разрабатываемая схема модели жизненного цикла подземного сооружения.

**Ключевые слова:** Жизненный цикл, Building Information Modeling (BIM), технологии информационного моделирования (ТИМ), подземные сооружения, моделирование, информационное строительство, редевелопмент, мониторинг, ГИС.

В рамках данной статьи под жизненным циклом подземного сооружения понимается комплексное информационное обеспечение проекта от концепции до сноса, реконструкции или редевелопмента.

Работы по созданию модели жизненного цикла здания (ЖЦ) в России ведутся очень давно [1]. За рубежом эту работу начали еще в 60-х - 80-х годах XX века [2, 3]. Значительных успехов в этом вопросе достиг Королевский Институт Британских Архитекторов (Royal Institute of British Architects - RIBA), который впервые в Великобритании в 1968 году создал первую модель жизненного цикла строительного объекта, которая, претерпев множество изменений в 2020 году, приняла свою нынешний вид [4]. Понятие «жизненный цикл» давно и прочно вошло во многие области строительства, такие, как: инженерные сети [5], мостостроение [6], реконструкция жилой застройки [7], эксплуатация зданий и сооружений [8], экологические риски строительства и многие другие сферы. И почти не ведутся работы по формированию жизненного цикла подземного сооружения [9].

Различные авторы включают в жизненный цикл подземного сооружения следующие основные этапы: возведения, эксплуатации, ликвидации [10]. Но этот список не может удовлетворить потребности проекта жизненного цикла подземного сооружения в настоящее время.

Проанализировав различные подходы к проектированию жизненного цикла подземного сооружения, можно сделать вывод о том, что напрямую жизненный цикл не может быть применен в BIM. BIM это Building Information Modeling, что в российских нормах сейчас закреплено как ТИМ – технологии информационного моделирования, которые активно развиваются и внедряются в строительство [11]. Причина того, что ЖЦ не может быть напрямую реализован в BIM в том, что не достаточно трех этапов. Данные этапы очень крупные и не отражают специфику жизненного цикла подземных сооружений.

В настоящее время более целесообразным видится адаптировать зарубежный опыт применения проекта жизненного цикла подземного объекта. В качестве основы для адаптации проекта жизненного цикла сооружения авторами принята схема, предложенная RIBA.

Данная схема была принята как стандарт в 2020 году для формирования жизненного цикла любого здания или сооружения, которое проектируется и строится на территории Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии, а также на Британских Заморских Территориях. Этот стандарт формирования проекта жизненного цикла здания является самым новым из ныне принятых и поэтому представляется возможной его адаптация для условий строительства подземных сооружений в России. В соответствии с данным стандартом RIBA, весь жизненный цикл подземного сооружения можно разделить на следующие этапы (по номерам):

- №1. стратегия долгосрочного развития;
  - №2. общий анализ текущей ситуации;
  - №3. концептуальные решения проекта;
  - №4. предварительные проектные решения;
  - №5. рабочая документация на строительство;
  - №6. строительство подземных и вспомогательных сооружений;
-

№7. сдача объекта;

№8. эксплуатация сооружения;

№9. ликвидация (реконструкция или редевелопмент).

Все этапы содержат информацию, необходимую для девелоперов, менеджмента, экономики, проектирования, строительства и эксплуатации подземного сооружения.

Стратегия долгосрочного развития необходима, чтобы представить в будущем место и роль объекта. Если нет долгосрочных перспектив развития района строительства, то и нет необходимости закладывать большой срок службы объекта. Общий анализ необходим для рассмотрения краткосрочных перспектив подземного и связанных с ним надземных объектов, необходимых для определения сроков окупаемости. Большие сроки окупаемости совместно с маленьким жизненным циклом приведут к потере прибыли или вообще объект будет убыточен. Концептуальные проектные решения необходимы для предварительного согласования проекта со всеми заинтересованными сторонами: от инвестора до управляющей компании. Предварительный проект и рабочая документация разрабатывается на стадии согласования строительства, получения различных разрешений, финансирования и начало строительства. Сдача объекта вынесена отдельным этапом потому, что в этот период заканчивается жизненный цикл инвестиций строительства и начинается этап извлечения прибыли. Жизненный цикл инвестиций относится к экономической части и в рамках данной статьи не рассматривается и не учитывается. Эксплуатация подземного сооружения является самым главным фактором в том, насколько продолжительным будет период жизненного цикла. Жизненный цикл подземного объекта должен закончиться одним из следующих шагов:

- его полной ликвидацией с последующим восстановлением окружающей среды и ландшафта до первоначального вида (так называемая концепция «зеленая лужайка»);
- его полной ликвидацией и строительством на этом месте нового объекта иного назначения;
- его реконструкцией и продлением сроков жизненного цикла;
- его перепрофилизацией (редевелопмент) в другое функциональное назначение в рамках существующего подземного сооружения.

Из этих шагов только реконструкция с продлением сроков жизненного цикла представляется наиболее экономически оправданным шагом. Остальные шаги более затратные. Но это мнение с точки зрения экономики строительства. С точки зрения других этапов жизненного цикла, например, если стратегия долгосрочного развития района менялась вместе с планом развития и реконструкции города, строительство нового объекта, его полная ликвидация или перепрофилирование может быть более экономично.

Если адаптировать идею, заложенную в модели ЖЦ RIBA, и предлагаемые этапы к реалиям России, то получается схема формирования модели жизненного цикла, представленная на рис. 1.

Как видно из представленной схемы, жизненный цикл подземного сооружения неразрывно связан с BIM (ТИМ), геоинформационными системами (ГИС) и мониторингом. Во многих случаях ГИС неразрывно связана с BIM, а в некоторых прикладных программах они объединены.

Часть этапов, такие, как №1, №2, и №6, непосредственно влияют на формирование модели в BIM. Остальные, кроме №№ 7 и 9, могут быть смоделированы при помощи информационного моделирования, но также, в свою очередь, могут влиять на формирование самой модели. Этап №7 закрывает экономическую информационную модель, которая на формирование данной модели не влияет и поэтому этот этап не связан с

---

информационными технологиями напрямую, а только зависимостью. Этап №9 закрывает модель ЖЦ и может влиять на модель BIM (реконструкция) или необходимо создавать новый проект и тогда необходимо пройти весь путь заново, начиная с этапа №1.

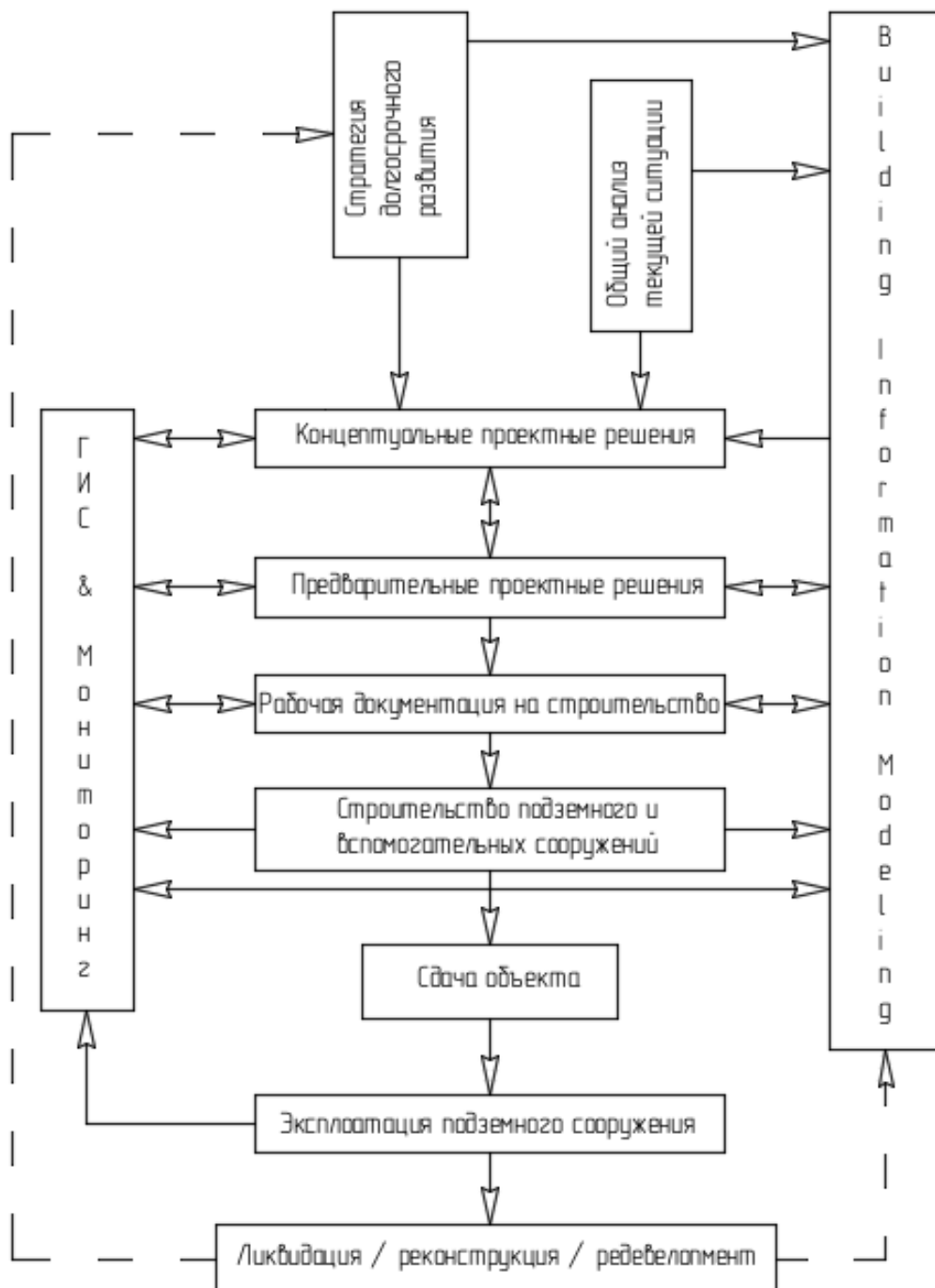


Рис. 1. - Схема формирования модели жизненного цикла подземного сооружения

Мониторинг в рамках данной статьи не затрагивался потому, что эта система еще требует разработки, основываясь на BIM и ГИС. Также предложенная схема формирования модели жизненного цикла еще требует верификации.

### Литература

1. Белокопытова Ю.В. Математическое моделирование пространственной работы несущей системы многоэтажного здания на различных стадиях жизненного цикла. Автореферат диссертации на соискание степени кандидата технических наук. Братск: БГТУ. 2003. 23 с.
  2. Frangopol D.M., Kim S. Life-Cycle of Structures Under Uncertainty. Boca Ration: CRC Press. 2020. 216 p.
  3. Sharma A., Saxena A., Sethi M. et.al. Life cycle assessment of Buildings: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, v.15, i.1, pp. 871-875.
  4. RIBA 2020 – Plan of Work // URL: [architecture.com/knowledge-and-resources/resources-landing-page/riba-plan-of-work](http://architecture.com/knowledge-and-resources/resources-landing-page/riba-plan-of-work)
  5. Бандурин М.А. Совершенствование методов продления жизненного цикла технического состояния длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений // Инженерный вестник Дона, 2013, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1510](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1510)
  6. Gong Ch., Frangoo D. Condition-Based Multiobjective Maintenance Decision Making for Highway Bridges Considering Risk Perceptions // Journal of Structural Engineering, 2020. URL: [doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002570](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002570)
  7. Зильберова И.Ю., Петров К.С. Проблемы реконструкции жилых зданий различных периодов постройки // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4(1). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1119](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1119)
-



8. Куцыгина О.А., Стародубцев М.А., Журавлев П.А. и др. Организационно-методические основы анализа и прогнозирования затрат на эксплуатационное содержание объектов недвижимости // Инженерный вестник Дона, 2011, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/381](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/381)
9. Букунов А.С., Нурулин Ю.Р. Экологическая оценка жизненного цикла зданий на основе BIM // Инженерный вестник Дона, 2020, №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6464](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6464)
10. Bisinella V., Christensen T.H., Astrup T.F. Future scenarios and life cycle assessment: systematic review and recommendations // The International Journal of Life Cycle Assessment, 2021. URL: [doi.org/10.1007/s11367-021-01954-6](https://doi.org/10.1007/s11367-021-01954-6)
11. Беляев А.В., Антипов С.С. Жизненный цикл объектов строительства при информационном моделировании зданий и сооружений // Промышленное и гражданское строительство, 2019, № 1, С. 65-72.
12. Добрецов М. ТИМ: от проектирования к строительству // Строительная газета, № 41 от 22.10.2021. URL: [stroygaz.ru/publication/technologies/tim-ot-proektirovaniya-k-stroitelstvu/](http://stroygaz.ru/publication/technologies/tim-ot-proektirovaniya-k-stroitelstvu/)

### References

1. Belokopytova Ju.V. Matematicheskoe modelirovanie prostranstvennoj raboty nesushhej sistemy mnogojetazhnogo zdaniya na razlichnyh stadijah zhiznennogo cikla. Avtoreferat dissertacii na soiskanie stepeni kandidata tehniceskikh nauk. [Mathematical modeling of the spatial work of the load-bearing system of a multi-storey building at various stages of the life cycle. Abstract of the dissertation for the degree of candidate of technical sciences]. Bratsk: BGTU, 2003. 23 p.
2. Frangopol D.M., Life Cycle of Structures under Uncertainty. Boca Ration: CRC Press. 2020. 216 p.



3. Sharma A., Saxena A., Sethi M. et.al. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, v.15, i.1, pp. 871-875.
4. RIBA 2020 – Plan of Work. URL: [architecture.com/knowledge-and-resources/resources-landing-page/riba-plan-of-work](http://architecture.com/knowledge-and-resources/resources-landing-page/riba-plan-of-work)
5. Bandurin M.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1510](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1510)
6. Gong Ch., Frangoo D. Journal of Structural Engineering, 2020. URL: [doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002570](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002570)
7. Zil'berova I.Ju., Petrov K.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 4(1). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1119](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1119)
8. Kucygina O.A., Starodubcev M.A., Zhuravlev P.A. i dr. Inzhenernyj vestnik Dona, 2011, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/381](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/381)
9. Bukunov A.S., Nurulin Ju.R. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №5. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6464](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6464)
10. Bisinella V., Christensen T.H., Astrup T.F. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2021. URL: [doi.org/10.1007/s11367-021-01954-6](https://doi.org/10.1007/s11367-021-01954-6)
11. Beljaev A.V., Antipov C.C. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo, 2019, № 1, pp. 65-72.
12. Dobrecov M. Stroitel'naya gazeta, № 41 от 22.10.2021. URL: [stroygaz.ru/publication/technologies/tim-ot-proektirovaniya-k-stroitelstvu](http://stroygaz.ru/publication/technologies/tim-ot-proektirovaniya-k-stroitelstvu).