

УДК 69.003

DOI: 10.17213/mgvgif/2026-5-426-432

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ Г. ШАХТЫ

А. Ю. Прокопов¹, А. Д. Греков²

¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

²Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ДГТУ,
г. Шахты, Россия

Аннотация. Рассматриваются особенности управления жизненным циклом объектов строительства, размещённых в пределах подработанных территорий г. Шахты Ростовской области. На основе накопленного массива инженерно-геологических, гидрогеологических и градостроительных данных выполнен анализ ключевых геоэкологических и геотехнических факторов, формирующих условия работы оснований и фундаментов зданий на подрабатываемых и подтопляемых территориях. С позиций концепции жизненного цикла объекта строительства показано, как указанные факторы влияют на принятие решений на стадиях инженерных изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации (консервации) объектов. Показано, что переход к риск-ориентированному управлению жизненным циклом в условиях города Шахты требует интеграции информации о подработке и подтоплении в систему градостроительного регулирования и в практику инженерного обоснования решений на всех стадиях жизненного цикла.

Ключевые слова: жизненный цикл объекта строительства, подработанные территории, город Шахты, подтопление, основания и фундаменты, геотехнические риски, управление жизненным циклом

MANAGEMENT OF THE LIFE CYCLE OF CONSTRUCTION FACILITIES IN THE SUBSIDED TERRITORIES OF SHAKHTY CITY

A. Yu. Prokopov¹, A. D. Grekov²

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

²Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of Don State Technical University,
Shakhty, Russia

Annotation. The article examines the specifics of managing the life cycle of construction facilities located within subsided territories of the city of Shakhty, Rostov Oblast. Based on an accumulated dataset of engineering-geological, hydrogeological, and urban planning data, an analysis has been conducted of the key geoecological and geotechnical factors that shape the performance conditions of building foundations and subgrades in subsided and flood-prone areas. From the perspective of the construction facility life cycle concept, the article demonstrates how these factors influence decision-making across the stages of engineering surveys, design, construction, operation, and decommissioning (conservation) of facilities. It is shown that transitioning to risk-oriented life cycle management in the city of Shakhty requires integrating subsidence and flooding data into the urban planning regulatory framework and engineering justification practices at all life cycle stages.

Keywords: construction facility life cycle, subsided territories, Shakhty city, flooding, foundations and subgrades, geotechnical risks, life cycle management

Введение

Жизненный цикл объекта капитального строительства традиционно рассматривается как совокупность взаимосвязанных этапов от возникновения замысла и проведения инженерных изысканий до эксплуатации и полной ликвидации (сноса) объекта, включая возможные стадии реконструкции и капитального ремонта. Для каждого этапа жизненного цикла принимаются управленческие решения, определяющие не только стоимость реализации проекта, но и долговечность, надёжность и безопасность объекта на протяжении всего периода его существования [1].

В условиях сложных инженерно-геологических и геоэкологических обстановок, типичных для старопромышленных и угледобывающих регионов, управление жизненным циклом объектов строительства приобретает выраженную риск-ориентированную направленность. В частности, подработанные и подтопленные территории характеризуются изменённым напряжённо-деформированным состоянием массива горных пород, нарушенным гидрогеологическим режимом, опасностью газовыделения и провалов, что принципиально влияет на условия работы оснований и фундаментов зданий и сооружений.

Город Шахты Ростовской области относится к числу крупных угольных центров Восточного Донбасса, где в результате многолетней подземной угледобычи и последующей массовой ликвидации шахт сформировался комплекс неблагоприятных факторов: подработанные толщи, провалоопасные зоны, техногенное подтопление, газовыделение, деформации земной поверхности. Эти факторы необходимо системно учитывать при управлении жизненным циклом как проектируемых, так и существующих объектов строительства.

Цель работы — на основе материалов по городу Шахты выделить основные геоэкологические и геотехнические факторы подработанных территорий и показать, каким образом они должны учитываться при управлении жизненным циклом объектов строительства на стадиях инженерных изысканий, проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации (консервации).

Особенности подработанных территорий г. Шахты как объекта управления жизненным циклом

Город Шахты исторически развивался как угледобывающий центр, на территории которого к концу XX века действовали десятки шахт с различной глубиной и системой разработки пластов. Массовая реструктуризация угольной промышленности, проведённая в 1990–2000-е гг., привела к закрытию десяти шахт внутригородского размещения, формированию обширных зон подработки и затопления выработанного пространства, а также к нарушению режима подземных и поверхностных вод [5].

В результате на территории города сформировались:

- подработанные зоны с неоднородными осадками, развитием трещин и проседаний;
- провалоопасные участки над стволами, шурфами, выработками и геологоразведочными скважинами;
- зоны техногенного подтопления, характеризующиеся подъёмом уровней грунтовых и шахтных вод, заболачиванием, затоплением подвалов;
- участки газовыделения с выходом на поверхность шахтных газов и «мёртвого воздуха».

Одновременно городская территория сложена сложнопостроенными толщами каменноугольных, неогеновых и четвертичных отложений, включающих просадочные и набухающие грунты, что дополнительно осложняет условия работы оснований и фундаментов.

Перечисленные особенности подработанных территорий напрямую влияют на надёжность и долговечность объектов строительства и должны рассматриваться как ключевые управляющие факторы на всех стадиях жизненного цикла.

Основные геоэкологические и геотехнические факторы подработанных территорий

С точки зрения управления жизненным циклом объектов строительства на подработанных территориях города Шахты можно выделить следующие основные группы факторов:

1. Горно-геологические и техногенные факторы:

подработанные толщи, глубина и схема отработки пластов, наличие провалоопасных зон, незадокументированные выработки, стволы и скважины, возможные тектонические нарушения и сдвиги. [3]

2. Гидрогеологические и водно-экологические факторы:

изменение уровней грунтовых и шахтных вод, формирование техногенных водоносных горизонтов, подтопление и заболачивание территории, агрессивность подземных и шахтных вод по отношению к материалам фундаментов и подземных конструкций. [4]

3. Геотехнические характеристики грунтов основания:

наличие просадочных, набухающих, слабых и неоднородных грунтов, изменчивость модуля деформации и расчётного сопротивления при замачивании и подтоплении основания.

4. Газогеохимические факторы:

выход шахтных газов и «мёртвого воздуха» на дневную поверхность по трещинам, скважинам, стволам и подземным коммуникациям, опасность их проникновения в подвалы и подполы зданий.

5. Градостроительные и конструктивные факторы: плотность и возраст застройки, типы фундаментов и конструктивных схем, наличие или отсутствие инженерной защиты (дренажи, гидроизоляция, противофильтрационные и противогазовые мероприятия), фактическое техническое состояние объектов.

Взаимодействие указанных факторов во времени определяет сценарии изменения условий эксплуатации зданий и сооружений и, следовательно, должно учитываться при управлении жизненным циклом.

Влияние факторов подработки на стадии жизненного цикла объектов строительства

Стадия инженерных изысканий

На подработанных территориях стадия инженерных изысканий становится ключевой для последующего управления жизненным циклом объектов. По отношению к обычным условиям необходим расширенный состав изысканий, включающий:

- детализированное инженерно-геологическое и гидрогеологическое обследование с оценкой влияния затопления шахт и изменения уровней грунтовых вод;
- анализ горно-геологической информации: границы горных отводов, планы горных работ, данные о ликвидации выработок, стволов и скважин;
- идентификацию провалоопасных зон и участков потенциальных техногенных деформаций;
- оценку агрессивности подземных вод и газогеохимической обстановки.

Результатом изысканий должны быть не только традиционные отчёты, но и актуализация специализированной геоинформационной модели территории, позволяющей фиксировать выявленные риски и использовать их на последующих стадиях жизненного цикла.

Стадия проектирования

На стадии проектирования управление жизненным циклом заключается в выборе таких решений по планировке, конструкциям и инженерной защите, которые обеспечат приемлемый риск и долговечность объекта в условиях подработки и подтопления.

С учётом факторов подработанных территорий города Шахты на стадии проектирования необходимо:

- учитывать данные о подработке и провалоопасных зонах при выборе площадки и планировочных решений, избегая размещения особо ответственных объектов в зонах максимального риска;

- выбирать типы оснований и фундаментов (свайные, комбинированные, усиленные плитные решения) с учётом возможных деформаций основания, изменения прочностных характеристик грунтов при подтоплении и агрессивности вод;

- предусматривать инженерную защиту от подтопления (дренажные системы, регулирование водоотлива, противофильтрационные мероприятия) и от газовыделения (вентиляция, газоизоляция, системы контроля);

- закладывать возможности мониторинга и доступа к конструкциям на стадии эксплуатации (датчики, репера, смотровые устройства).

Таким образом, проектные решения на подработанных территориях должны рассматриваться через призму совокупной стоимости владения объектом и затрат на защиту и ремонт в течение всего жизненного цикла.

Стадия строительства

На стадии строительства основное влияние подработанных условий связано с требованиями к организации производства работ, контролю качества и оперативному реагированию на выявленные геотехнические аномалии.

Для условий города Шахты можно выделить следующие аспекты:

- необходимость оперативного уточнения инженерно-геологических условий при вскрытии котлованов, в том числе фиксации притоков грунтовых и шахтных вод, слабых прослоев, проявлений газовыделения;

- корректировка проектных решений при выявлении расхождений фактических и расчётных характеристик основания;

- тщательный контроль качества дренажных и гидроизоляционных систем, а также элементов усиления оснований и фундаментов;

- обеспечение безопасности строительно-монтажных работ с учётом возможных локальных деформаций и провалов.

Качественное исполнение решений, принятых на стадии проектирования, критично для дальнейшей эксплуатации объекта в условиях подработки и подтопления.

Стадия эксплуатации

Эксплуатационный этап является наиболее продолжительным и именно на нём возвращаются вложенные инвестиции, тогда как все предыдущие стадии являются затратными. В условиях подработанных территорий эксплуатация должна рассматриваться как активно управляемый процесс, включающий:

- регулярный мониторинг состояния оснований, фундаментов и надземных конструкций (осадочные и трещиномерные наблюдения, оценка кренов, обследование подполий и подвалов);

- контроль уровней грунтовых и шахтных вод, эффективности дренажных и водоотливных систем, состояния инженерных коммуникаций;

- газовый мониторинг в подвалах и подземных пространствах на участках потенциального газовыделения;
- анализ и учёт дефектов и повреждений в специализированной базе данных/ГИС с привязкой к микрорайонам и типам геотехнических условий.

На основании результатов мониторинга принимаются решения о текущем ремонте, усилении, реконструкции либо ограничении эксплуатации отдельных элементов или объекта в целом. Такой подход соответствует современным представлениям о риск-ориентированном управлении жизненным циклом зданий и сооружений.

Стадия ликвидации (консервации)

В ряде случаев, особенно для старого фонда, расположенного в наиболее неблагоприятных по геотехническому состоянию микрорайонах, управленчески оправданной может быть ликвидация или консервация объекта. На подработанных территориях эти решения должны увязываться:

- с прогнозом дальнейшего развития деформаций основания и инженерно-геологических процессов;
- с планами дальнейшего использования территории (создание зелёных зон, специальных режимных площадок, инженерной инфраструктуры);
- с необходимостью обеспечения безопасности прилегающей застройки при демонтаже фундаментов и подземных частей.

На стадии ликвидации важно не только безопасно вывести объект из эксплуатации, но и минимизировать негативное влияние на окружающую застройку и геологическую среду, что является частью общего управления жизненным циклом строительного фонда на подработанных территориях.

Заключение

Подработанные и подтопляемые территории города Шахты характеризуются комплексом геоэкологических и геотехнических факторов, включая подработанные толщи, провалоопасные и газоопасные зоны, изменение гидрогеологического режима и наличие просадочных и агрессивных грунтов, которые существенно влияют на условия работы оснований и фундаментов объектов строительства.

Управление жизненным циклом объектов строительства в таких условиях требует расширенного состава и глубины инженерных изысканий, учёта факторов подработки и подтопления при проектировании, повышенного контроля качества на стадии строительства и организации системного мониторинга в эксплуатации.

На всех стадиях жизненного цикла — от изысканий и проектирования до эксплуатации и ликвидации (консервации) — решения должны носить

риск-ориентированный характер и базироваться на комплексной оценке геотехнических условий, реализуемой, в том числе, с применением специализированных геоинформационных систем и микрорайонирования городской территории.

Практическая реализация подходов к управлению жизненным циклом объектов строительства в условиях подработанных территорий города Шахты способствует снижению геотехнических рисков, оптимизации затрат на ремонт и усиление и повышению безопасности и устойчивости городской застройки в долгосрочной перспективе.

Список источников

1. Адамцевич, Л.А. Управление жизненным циклом жилых зданий и инфраструктурных объектов в проектах комплексного развития территорий / Л. А. Адамцевич // Вестник МГСУ. – 2025. – Т. 20. – № 6. – С. 957-966. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.6.957-966.
2. Сафарян, Г. Б. Жизненный цикл объекта строительства как часть строительной системы / Г. Б. Сафарян // Строительное производство. – 2023. – № 2. – С. 62-65. DOI: 10.54950/26585340_2023_2_62.
3. Модели природно-техногенных условий как основа зонирования подработанных территорий калийного месторождения по степени экономического риска / Р. Ф. Мамаев [и др.] // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2020. – № 3. – С. 91-96.
4. Строкова, Л. А. Природные и антропогенные факторы, обуславливающие активность геологических процессов городской территории (на примере Абаканской агломерации) / Л. А. Строкова, Д. Ю. Сагалаков // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335. – № 9. – С. 94-106. DOI: 10.18799/24131830/2024/9/4771.
5. Прокопов, А. Ю. Проблемы обеспечения безопасности городской застройки на подработанных территориях Восточного Донбасса / А. Ю. Прокопов, В. Н. Жур, Я. С. Рубцова // Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. – 2016. – № 18. – С. 346-351.

© Прокопов А. Ю., Греков А. Д., 2026