

УДК 69.05:728

В. Г. Поляков^а, С. А. Чебанова^а, Н. С. Кузьмин^б

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *ООО «Промтех»*

СТРОИТЕЛЬСТВО НА СЛОЖНОМ РЕЛЬЕФЕ В ГОРОДЕ ВОЛГОГРАДЕ

Рассмотрены виды сложного рельефа местности под строительство, изучены проблемы возведения жилых зданий при перепаде высот в городе Волгограде. Проведен анализ организационно-технологических решений строительства в условиях сложного рельефа на примере существующих зданий города Волгограда.

Ключевые слова: сложный рельеф местности, строительство, организационно-технологические решения, перепад высот, уклон, вертикальная планировка, жилые здания, топография.

Введение

В сфере строительства и архитектуры существует термин «сложный рельеф», который используется для описания местности с разнообразными формами рельефа, включающими в себя различные высоты, склоны и перепады. Этот термин охватывает широкий спектр географических особенностей, таких как холмы и горы различной высоты, ущелья и овраги, а также реки и другие природные элементы [1].

В условиях стремительного роста городов становится важной задачей эффективное использование территорий, находящихся в непосредственной близости от центра города, с целью сохранения их природной уникальности [2]. И так как многие территории, позволяющие вести в удобных условиях строительство зданий уже заняты, а рост городов продолжается, то необходимо использовать и участки, имеющие сложный рельеф. Однако строительство в таких условиях сопряжено с рядом особенностей и трудностей. Например, повышение уровня уклона местности оказывает непосредственное влияние на тип и характер застройки, а основная сложность заключается в преодолении перепада высот [3]. Потому вопрос организационно-технологических решений возведения зданий и сооружений на сложном рельефе актуален для многих территорий и городов, включая Волгоград.

Цель исследования — изучить влияние и характер рельефа города Волгограда, рассмотреть публикации по данной тематике, проанализировать организационно-технологические решения возведения жилых зданий в условиях перепада высот на примере существующих зданий.

Материалы и методы

Достижение цели реализуется путем решения следующих задач:

- рассмотрение видов уклона и проблем, возникающих при строительстве в условиях сложного рельефа Волгограда;
- обзор статей по тематике сложного рельефа местности;
- исследование воздействия рельефа на примере существующих жилых строений, возведенных на участках со сложным рельефом в Волгограде.

Предметом исследования являются проблемы и особенности организационно-технологических решений возведения зданий в условиях сложного рельефа местности.

Научная новизна данного исследования заключается в комплексном анализе рельефа Волгограда и соответствующих особенностей существующих жилых зданий, возведенных в условиях перепада высот, с целью выявления оптимальных методов строительства на сложном рельефе.

Участки и территории, характеризующиеся сложным рельефом, представляют собой инженерные и геологические объекты повышенной сложности по сравнению с равнинными территориями. Высокая степень сложности и комплексности процесса освоения таких участков требует разработки инновационных технических и организационных решений в области подготовки строительных площадок и осуществления строительства.

Анализируя специфику организации строительных процессов на участках, характеризующихся значительным уклоном, можно сделать вывод, что применение традиционных типовых методов неизбежно сопряжено с рядом существенных трудностей:

- необходимость вертикальной планировки потенциальных строительных площадок;
- проведение масштабных земляных работ;
- возведение подпорных стенок, контрфорсов, шпунтовых конструкций;
- создание более сложных подземных и надземных инженерных коммуникаций;
- оригинальное благоустройство территории.

Совершенно очевидно, что осуществление всех этих сложных процессов сопряжено со значительными финансовыми затратами в сравнении с возведением объектов на равнинной местности [3—5].

Обозревая источники по теме строительства в условиях сложного рельефа, стоит заметить, что некоторые работы внесли особый вклад в ее развитие, ниже представлен краткий обзор этих статей.

В статье [2] автор исследует специфику возведения сооружений в условиях сложного рельефа, уделяя особое внимание таким аспектам, как геологические условия, гидрогеология и климатические особенности местности. В работе приводятся примеры успешных проектов, а также рассматриваются основные принципы работы в подобных условиях. Этот же автор отмечает, что строительство на сложном рельефе не всегда является целесообразным. В связи с чем необходимо тщательно подходить к выбору организационно-технологических решений при возведении сооружений.

В статье [4] рассматриваются особенности проектирования зданий в условиях сложного рельефа и инновационные возможности внедрения технологий, направленных на экономию ресурсов. В данной работе показано, что высокая сложность создает необходимость в разработке новых организационно-технологических решений возведения зданий в условиях сложного рельефа.

Особенности проектирования и выбора технологии для зданий, находящихся в условиях большого уклона, к таким особенностям относятся различные способы вертикальной планировки площадки, приведены в статье [6]. В ней рассмотрены примеры таких зданий за рубежом. Представлены характеристики рельефа на территориях нашей страны и за рубежом, выявлены их достоинства и недостатки.

Далее следует дать характеристику рельефа местности и степени его уклона, которые определяют сложность проекта и предстоящие финансовые

затраты на строительство [7, 8]. В зависимости от уклона возможны различные варианты использования участка. Рассмотрим типы уклонов и соответствующие им конструктивные решения:

1. Незначительный уклон (до 3 %) позволяет использовать данную территорию для строительства стандартных зданий без необходимости проведения масштабных работ по вертикальной планировке строительной площадки. Кроме того, возведение зданий на такой территории не требует применения специальных организационно-технологических решений и специальной техники.

2. Малый уклон (3...8 %) — здесь ровной поверхности можно добиться путем искусственного выравнивания участка [8—10]. Также такую территорию можно использовать для строительства зданий без подвалов, выравнивая здание цокольным этажом. Отличным примером служат «хрущевки» на ул. им. Хользунова в Волгограде (рис. 1.). Эти дома расположены вдоль уклона, что позволяет максимально использовать территорию, наибольший перепад высот на длину здания составляет около 3 м.

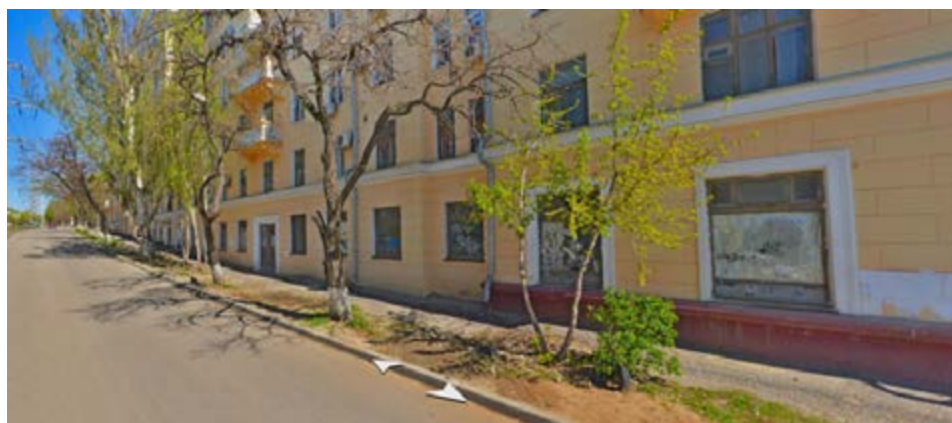


Рис. 1. Жилые здания, расположенные на ул. им. Хользунова

3. Уклон средней или высокой степени (8...15 %) позволяет использовать площадку для ряда технологий: возведение цокольного этажа, строительство зданий с различным количеством этажей и сооружений на колоннах [10]. Как пример можно привести жилой комплекс «Александровский», расположенный по адресу Волгоград, ул. Гомельская.

4. При значительном уклоне участка (выше 15...20 %) необходимо создавать специальный проект. Это может подразумевать разработку многоуровневой конструкции или здания с террасами (рис. 2). Террасную форму жилого дома можно осуществить, используя конструкцию ступенчатых поперечных стен [10, 11].

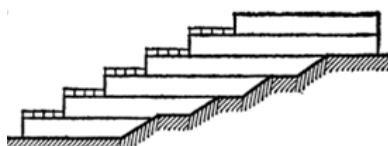


Рис. 2. Схема здания террасного типа

Также оптимальным решением для территории с уклоном более 15 % станет создание подпорных стен из бетонных или монолитных железобетонных конструкций [12]. Данный вид зданий может быть наиболее актуален для поймы р. Царицы или для береговой зоны Волгограда.

Детально рассматривая рельеф Волгограда на топографической карте (рис. 3), можно сделать вывод, что он имеет ярко выраженную холмистость с перепадом высот до 135...140 м от самой высокой точки, до береговой линии, средняя высота над уровнем моря составляет 55 м. Самые резкие перепады высот находятся в местах оврагов и балок, которых в Волгограде довольно много по направлению к р. Волге, самым наглядным примером является долина р. Ельшанки, перепад высот в которой достигает почти 50 м. Это свидетельствует о ярко выраженной ярусности территории, которая предопределяет сложный рельеф городской местности. Одной из характерных черт планировки на таком рельефе является привязка различных высотных зон к определенным ярусам, расположенным параллельно Волге [7]. Наиболее часто используемые территории для строительства жилых зданий имеют уклон от 3 до 8 %, такие участки наиболее просты в технологии возведения, а значит, если позволяют геологические условия, и строительство будет экономичнее.

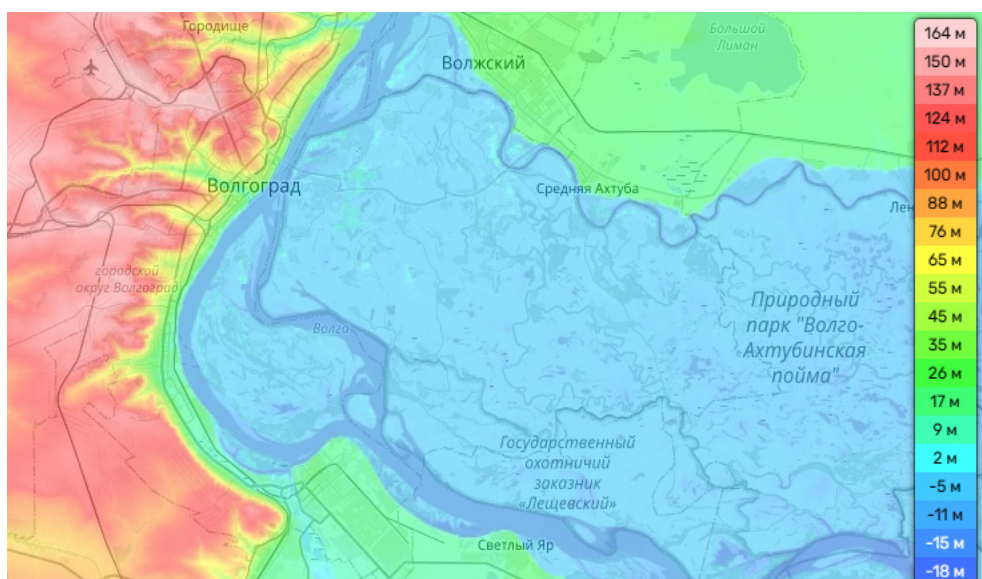


Рис. 3. Топографическая карта города Волгограда

К основным проблемам сложного ландшафта в Волгограде можно отнести:

- увеличение стоимости строительства, т. к. для данной территории зачастую требуется разработка уникальных организационно-технологических и конструктивных решений;
- отсутствие площадки для складирования конструкционных материалов. Существуют несколько решений этой проблемы: создание промежуточных складов, поставка на объект материалов малыми партиями или производство монтажа «с колес» [12—15];

- оползни, осыпания, эрозия склона — данная проблема может решаться укреплением склонов [16];

- организация подъездных путей;
- изготовление подпорных стен, террасирование, использование шпунтового ограждения. Эти методы наиболее актуальны для береговой зоны.

Также строительство на сложном рельефе требует особого подхода и внимательного учета множества факторов, включая геологические параметры, глубину подземных вод и климатические особенности [12].

К преимуществам жилых зданий, находящихся в условиях сложного рельефа, можно отнести:

- гармоничное сосуществование с природным ландшафтом и органичное слияние архитектурного сооружения с окружающей средой [17];

- сохранение первозданного облика природы и минимальное вмешательство в естественный ландшафт, на котором располагается жилое здание [18];

- устойчивость к воздействию внешних факторов и сохранение первоначального вида на протяжении длительного времени;

- многообразие технологий размещения в сложном рельефе. Например, можно рассмотреть возможность использования подвального этажа в качестве парковочного пространства [19].

- яркие ландшафтно-дизайнерские решения.

Освоение сложного рельефа под застройку в Волгограде началось давно, существует несколько отличных примеров жилых зданий, построенных в таких условиях, которые отличаются от остальных своими проектными и технологическими решениями. Жилой комплекс (ЖК) «Александровский» — это 25-этажное односекционное монолитно-каркасное здание (рис. 4). Дом находится в Ворошиловском районе Волгограда, на ул. Гомельская, 6, в эксплуатацию сдан в 2017 г. Его главной особенностью стала зеленая терраса с детскими площадками и прогулочной зоной, которая является своеобразным цокольным этажом в виде крытой двухуровневой автопарковки. В процессе проектирования учтен тот факт, что строительство ведется на сложном с точки зрения рельефа участке. Поэтому была разработана специальная конструкция, усиливающая природный склон балки. Фундамент здания имеет повышенную надежность, выполнен из мощных железобетонных свай, забитых на глубину 33 м. Кроме того, сваи объединены в единую конструкцию монолитной плитой, имеющей высоту 1,4 м, благодаря чему фундамент не только выдерживает нагрузку многоэтажного здания, но и способствует укреплению грунта в условиях перепада высот [20].

Застройщик провел масштабную работу по организации складских помещений на территории объекта и обеспечению подъезда строительной техники. В частности, для ЖК «Александровский» построена новая дорога, которая соединила его с улицей Череповецкой и обеспечила удобный доступ ко 2-й Продольной магистрали.

Рядом с «Александровским» располагается еще не достроенный ЖК «Фаренгейт» (рис. 5). Этот односекционный жилой дом возводится на земельном участке, подготовленном еще в 2010 г., но разрабатывать его даже опытные застройщики долго не решались. Рельеф площадки сформирован насыпными грунтами, поверхность характеризуется отметками 39,55...44,36 м в системе высот Волгограда.

Рельеф строительной площадки весьма сложен, с перепадом высот около 5,5 м, что требовало специального подхода к созданию фундамента и разработке уникальных организационно-технических решений для обеспечения полной безопасности строения. Проведенные расчеты показали, что 19-этажное здание будет расположено на свайном основании. Каждая свая будет иметь длину 31 м и диаметр 80 см. Общий объем бетона высокой прочности, использованного на свайном поле, составляет 2500 м³. Под жилым зданием запроектирована встроенно-пристроенная, подземная (частично заглубленная) трехэтажная автостоянка, которая служит и цокольным этажом для преодоления перепада высот на данной территории. Конструктивная схема здания — комбинированный многоэтажный монолитный каркас с плоскими перекрытиями. Основными несущими конструкциями здания являются монолитные стены и колонны, объединенные в единую пространственную систему монолитными перекрытиями [3].



Рис. 4. ЖК «Александровский»

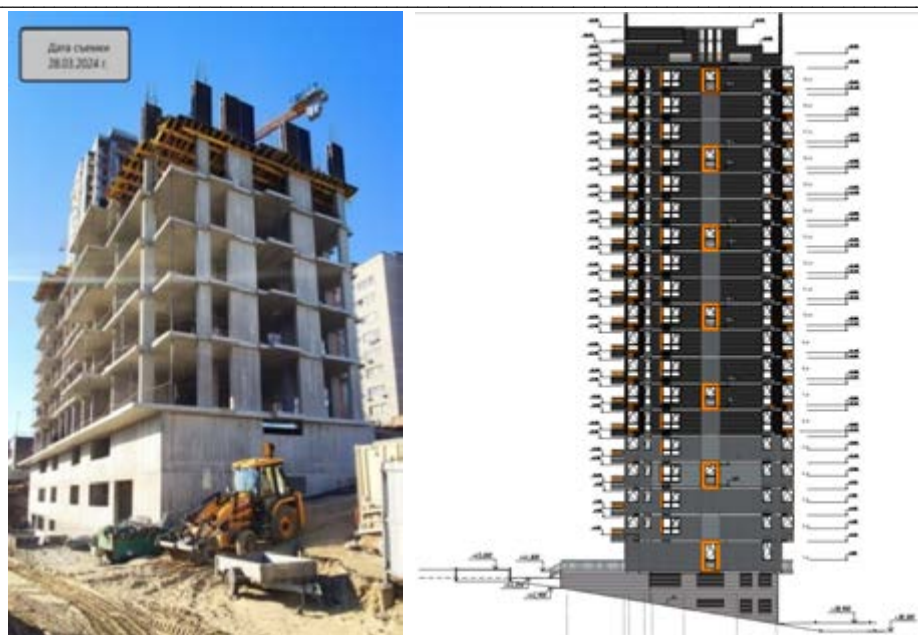


Рис. 5. Процесс строительства и фасад ЖК «Фаренгейт»

При проектировании данного здания предусмотрены инженерные мероприятия, снижающие воздействие неблагоприятных факторов, в т. ч. и сложного рельефа, как в период строительства, так и при эксплуатации. В качестве инженерных мероприятий проведены:

- вертикальная планировка территории с поднятием уровня поверхности отсыпкой грунта в понижениях рельефа;
- сооружение систем регулирования поверхностного стока (поверхностный дренаж для сбора талых и ливневых вод).

Ввод в эксплуатацию данного жилого комплекса планируется на 4 квартал 2025 г.

Стоит проанализировать ЖК «Колизей» (рис. 6), в частности, дома № 5...10, расположенные на границе Советского и Кировского районов города. Застройщиком является компания «БИС». Здания расположены на сложном рельефе местности с перепадами высот по цоколю 0,25...3,55 м. Для преодоления этих перепадов здание построено по секционной технологии, всего таких секций 4, в каждой секции имеется высокий цокольный этаж. Здания состоят из 5...8 этажей. Комплекс возводился по монолитно-кирпичной технологии — несущий каркас зданий состоит из монолитно-железобетонной конструкции, что обеспечивает комплексу высокую сейсмостойчивость и надежность [7].

Для создания необходимого перепада на территории устраиваются откосы с перепадом высот от 0,20 до 0,50 м с максимальным уклоном 1 : 2. План организации рельефа выполнен с максимальным использованием естественного рельефа и сокращением до минимума объема земляных работ (рис. 7). Организация рельефа обеспечивает отведение поверхностных вод от возводимых сооружений. В соответствии с вертикальной планировкой вдоль торцевого фасада спроектирована подпорная стенка, предназначенная для создания

необходимого перепада высоты спланированного рельефа территории, с целью увеличения полезной площади для размещения элементов благоустройства и озеленения [21]. Перепад подпорных стен составляет 0,30...2,10 м.



Рис. 6. Схема дома № 10 ЖК «Колизей»



Рис. 7. Здание ЖК «Колизей» на этапе устройства фундамента

Заключение

Проведя анализ ЖК, возведенных в условиях сложного рельефа города, можно прийти к выводу, что строительство подобных сооружений представляет собой сложную инженерную задачу, обусловленную рядом технических и технологических особенностей. Зачастую для реализации таких проектов требуется применение нестандартных конструктивных решений для фундаментов и организационно-технологических решений, оптимальный выбор позволит уменьшить трудовые затраты и сроки возведения объекта, а также придаст зданию наибольшую архитектурную выразительность [3]. Часто вопрос оптимального использования сложного рельефа местности оказывается незамеченным, в то время как это становится одной из ключевых задач городского строительства. Изучив научные источники, топографическую карту и существующие жилые комплексы, можно прийти к заключению, что в

Волгограде существует своеобразная ярусность территории, которая обуславливает довольно большой перепад высот, а оптимальными решениями преодоления перепада высот являются:

- вертикальная планировка территории и устройство цокольного этажа. Эти технологии наиболее подходят для нашего города, т. к. не требуют крупных финансовых затрат на строительство и эксплуатацию, кроме того, на территории Волгограда довольно много неиспользованных территорий с небольшим или средним уклоном, которые подходят для такой технологии;
- террасирование и разноуровневые дома. Территорий под застройку по этой технологии в Волгограде немного, но она насыщает ландшафт, выделяя основные его формы пропорциями сооружений, а также вписывается в рельеф, не нарушая целостности его восприятия.

Тем не менее, необходимо учитывать, что внедрение подобных технологий влечет за собой увеличение объемов земляных работ, усложняет процесс строительства, повышает как производственные, так и эксплуатационные издержки, а также создает дополнительные трудности при прокладке подземных инженерных коммуникаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ефимова Н. В.* Эффективность строительства в зависимости от местности // Синергия Наук. 2019. № 35. С. 792—796.
2. *Махов В. С.* Строительство на сложном рельефе // Информационные системы и технологии АПК и ПГС: сб-к науч. статей международной научно-технической конференции. 2023. Т. 2. С. 97—98.
3. *Скяев А. Р., Шукуров И. С.* Особенности размещения застройки на территориях со сложным рельефом // Время открытий. 2019. № 4(4). С. 3—8.
4. *Федосенкова К. Э., Кузьмина К. Д.* Особенности проектирования зданий в условиях сложного рельефа: возможности применения ресурсосберегающих принципов и технологий // Оригинальные исследования. 2022. Т. 12. № 6. С. 189—194.
5. *Arsene C., Bondrea M. V.* The analysis regarding the stability of a construction situated on a earthworking difficult terrain // 17th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM. 2017. Vol. 17. P. 601—608. DOI: 10.5593/sgem2017/22/S09.075.
6. *Amangeldi K. T.* Building a house on a slope and difficult terrain // Студент года 2020: сб-к статей XII международ. науч.-исследовательского конкурса. 2020. С. 128—133.
7. *Янько А. Д.* Особенности проектирования и строительства на сложном рельефе // Избранные доклады 64-й университетской науч.-техн. конф. студентов и молодых ученых: сб-к докладов. 2018. С. 611—614.
8. *Годованец О. А.* Особенности технологии строительства на сложном рельефе // Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики: мат-лы VIII международ. науч.-практ. конф. 2018. Т. 2. С. 665—667.
9. *Раевская А. А., Быков А. О., Платицына А. И.* Строительство на сложном рельефе // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаем будущее: сб-к статей IX международ. науч.-практ. конф. 2017. Т. 1. С. 108—111.
10. *Ramana G. V., Moghal A. A. B.* Case Study on Planning and Execution of Residential Building on Complex Hilly Terrain: Sustainable Perspective // Indian Geotechnical Journal. 2020. DOI: 10.1007/s40098-020-00452-0.
11. *Xu Y., Zhao Sh., Fan J.* Urban planning construction land standard and its revision based on climate and topography in China // Journal of Geographical Sciences. 2021. Vol. 31. No. 4. Pp. 603—620. DOI: 10.1007/s11442-021-1861-9.
12. *Чебанова С. А., Поляков В. Г., Бурлаченко О. В.* Организационно-технологические решения строительства в стесненных городских условиях // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1(48). С. 179.
13. *Поляков В. Г., Чебанова С. А., Антонов А. Д.* Организационно-технологические проблемы при строительстве в стесненных городских условиях // Вестник Волгоградского

государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 2(79). С. 113—118.

14. Chebanova S. A., Polyakov V. G., Azarov A. V. Designing of organizational and technological solutions for construction in constrained urban environments // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 687. 6 p. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/687/4/044004/pdf>. DOI:10.1088/1757-899X/687/4/044004.

15. Поляков В. Г., Чебанова С. А., Бусуркин С. К., Федорова Д. Н. Анализ организационно-технологических решений строительства в стесненных городских условиях // Инженерный вестник Дона. 2019. № 4. 6 с. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5914>.

16. Шевелев В. П., Кузина Ю. А. Проблемы планировки и застройки городов в условиях сложного рельефа // Архитектурные исследования. 2018. № 2(14). С. 104—117.

17. Ніколаєнко В. А., Руденко М. О. Принципи архітектурно-планувальної організації громадських будинків і споруд в умовах складного рельєфу (на прикладі кар'єрів) // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2014. № 2(106). С. 159—162.

18. Коньшьева О. В., Коростелева Н. В. Проблемы и пути освоения сложного рельефа города Волгограда // Ежегодная науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава и студентов Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета: материалы конф. 2014. Т. I. С. 297—300.

19. Giyasov A. Architectural-planning and constructive structures of residential buildings and buildings on complex terrain // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 365. Art. 022024. DOI: 10.1088/1757-899X/365/2/022024.

20. Hong Xia F., Li Y. Vertical Planning Study on Complex Terrain Site Based on GIS // Advanced Materials Research. 2013. Vol. 726—731. Pp. 4714—4717. DOI:10.4028/726-731.4714.

21. Ghosh R., Debbarma R. Effect of slope angle variation on the structures resting on hilly region considering soil-structure interaction // Int J Adv Struct Eng. 2019. Vol. 11. Pp. 67—77. DOI: 10.1007/s40091-019-0219-3.

© Поляков В. Г., Чебанова С. А., Кузьмин Н. С., 2025

Поступила в редакцию
в декабре 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Поляков В. Г., Чебанова С. А., Кузьмин Н. С. Строительство на сложном рельефе в городе Волгограде // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 1(98). С. 50—60. DOI: 10.35211/18154360_2025_1_50.

Об авторах:

Поляков Владимир Геннадиевич — д-р экон. наук, проф., зав. каф. городского строительства, экономики и управления проектами, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; polana58@mail.ru

Чебанова Светлана Александровна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; sveta_nes@mail.ru

Кузьмин Никита Сергеевич — сотрудник производственно-технического отдела, ООО «Промтех». Российская Федерация, 400081, г. Волгоград, ул. Ангарская, 102; nikita171126@gmail.com

Vladimir G. Polyakov^a, Svetlana A. Chebanova^a, Nikita S. Kuzmin^b

^a *Volgograd State Technical University*

^b *"Promtex" LLC*

THE STUDY OF CONSTRUCTION ON COMPLEX TERRAIN IN THE CITY OF VOLGOGRAD

The types of complex terrain are considered are considered, the problems of constructing residential buildings with height differences in the city of Volgograd are studied. An analysis of organizational and technological solutions for construction in conditions of complex terrain was carried out using the example of existing in the city of Volgograd.

Key words: complex terrain, construction, organizational and technological solutions, height difference, slope, vertical layout, residential buildings, topography.

For citation:

Polyakov V. G., Chebanova S. A., Kuzmin N. S. [The study of construction on complex terrain in the city of Volgograd]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 1, pp. 50—60. DOI: 10.35211/18154360_2025_1_50.

About authors:

Vladimir G. Polyakov — Doctor of Economics, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; polana58@mail.ru

Svetlana A. Chebanova — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; sveta_nes@mail.ru

Nikita S. Kuzmin — employee of the Production and Technical Department, "Promtex" LLC. 102, Angarskaya st., Volgograd, 400081, Russian Federation; nikita171126@gmail.com