DOI: 10.34031/2071-7318-2025-11-9-55-66

Кузнецов И.В.
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
E-mail: elias96@mail.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация. *Настоящее исследование направлено на развитие методических основ для выявления территорий, благоприятных для градостроительного освоения в сложных условиях горного рельефа. Объектом исследования выступают горные территории, обладающие значительным потенциалом для пространственного развития, а предметом – влияние особенностей рельефа на принятие градостроительных решений. Для достижения цели был проведён аналитический обзор научно-технической и нормативной литературы, а также осуществлён комплексный геоинформационный анализ территорий, удовлетворяющих объекту и предмету исследования. В рамках ГИС-анализа с применением цифровых моделей рельефа были проанализированы такие параметры как крутизна и ориентация склонов, а также проведена оценка рисков проявления опасных процессов (оползней, селей и проч.). В результате предложен вектор развития методических подходов по инженерной подготовке, что позволяет ранжировать территории по степени благоприятности для застройки, иллюстрацией чего могут быть картограммы параметров рельефа и градостроительных ограничений. Данный подход предоставляет научно обоснованный инструментарий для принятия планировочных решений, способствующих снижению природных рисков и обеспечению «устойчивого» развития горных регионов с высокоурбанизированными территориями.*

Ключевые слова: *инженерная подготовка территорий, специальные методы инженерной подготовки, горные территории, сложный рельеф, оценка рельефа территории, влияние природных факторов, крутизна склонов, экспозиция склонов, геоинформационные системы, ГИС-анализ.*

Введение. Высокая потребность в реализации социально-экономических нужд городского населения влечёт за собой активное городское строительство, а также является яркой иллюстрацией высокого уровня урбанизации. Эти факторы, а также историко-культурные истоки являются причиной освоения горных территорий со сложным рельефом [1]. В целях эффективной градостроительной деятельности в горных местностях со сложным рельефом необходимо проводить инженерную подготовку территорий с применением специальных методов, обеспечивающих безопасность строительства и эксплуатации зданий и сооружений [2]. Выбор методов инженерной подготовки обусловливается анализом рельефа территории и оценкой влияния природных факторов [3].

В соответствии с Федеральным законом от 30.12.2009 №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» опасными природными процессами и явлениями (далее – ОПП) считаются землетрясения, сели, оползни (рис. 1), лавины, подтопление территории, ураганы, смерчи, эрозия почвы и иные подобные процессы и явления, оказывающие негативные или разрушительные воздействия на здания и сооружения.



Рис. 1. Оползни в долине реки Ирик, Эльбрусский район, КБР (фото автора статьи, 2025)

Объектом исследования являются горные территории, обладающие перспективами к активному градостроительному освоению. Предметом исследования является влияние характеристик рельефа и геофизических и геологических условий на принятие градостроительных решений в рамках территориального планирования. Цель исследования заключается в предложении комплексной оценки горных территорий, объединяющей ряд показателей, учитываемых косвенно или не учитываемых вовсе при разработке схем территориального планирования, и позволяющей уточнить процесс ранжирования территорий по степени сложности градостроительного освоения. Достижение поставленной цели осуществлялось посредством решения задач: проведение аналитического обзора научно-технической и нормативной литературы, документов территориального планирования; аналитический обзор специальных мероприятий инженерной подготовки, характерных для горных территорий; проведение геоинформационного анализа горных территорий (на примере Карачаево-Черкесской (далее – КЧР) и Кабардино-Балкарской (далее – КБР) Республик) и сравнение со схемами территориального планирования.

Вопросы комплексной инженерной подготовки территорий в интересах градостроительства в своих трудах рассматривали д-р техн. наук Владимиров В.В., д-р техн. наук Оленьков В.Д., д-р техн. наук Строментов А.Е., канд. техн. наук Бакутис В.Э., канд. техн. наук Евтушенко М.Г., канд. техн. наук Коробейникова А.Е., канд. арх. Крогиус В.Р., канд. техн. наук Леонтович В.В., канд. техн. наук Слепнев П.А., канд. техн. наук Чижиков И.А., Горелихин В.Ф., Орлова Н.А. и др.

В российских условиях многие из ОПП характерны в том числе для Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, в частности для территорий КЧР и КБР. Географические границы исследования были определены в административных границах КЧР и КБР, как одних из примеров регионов с урбанизированными территориями на сложном рельефе.

Методы, оборудование, материалы. Теоретической базой исследования является научно-техническая и нормативная литература в сфере геофизики опасных природных воздействий при различных видах градостроительной деятельности, а также в сфере инженерной подготовки территорий в градостроительных целях. Анализ рельефа территории и оценка влияния природных факторов проводились на основе методических положений, представленных в руководстве по комплексной оценке и функциональному зонированию территорий в районной планировке (1982), а также в рекомендациях по учёту природно-климатических факторов в планировке, застройке и благоустройстве городов и групповых систем населённых мест (1980), разработанных коллективом ЦНИИП градостроительства Госгражданстроя. Источником данных выступала в том числе федеральная государственная информационная система территориального планирования (ФГИС ТП), а также открытые данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Для картографического анализа территорий использовался инструментарий географической информационной системы (далее – ГИС) QGIS. Комплексное применение перечисленных источников данных и инструментов анализа позволило достичь высокого уровня верификации данных.

Основная часть.

1. Опасные природные процессы и явления, характерные для горных территорий, и специальные мероприятия инженерной подготовки по их предупреждению и борьбе с ними (на примере Карачаево-Черкесской и Кабардино-Балкарской Республик).

По данным картографических материалов СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий», геофизические и геологические условия территорий в границах КЧР и КБР схожи и относятся к районам с лавинной активностью разной её степени (прил. Б, рис. Б.1) и селевой активностью преимущественно низкой и средней её степени (прил. Б, рис. Б.2), а также к районам распространения оползней преимущественно от малоопасных до весьма опасных (прил. Б, рис. Б.3) и суффозий (прил. Б, рис. Б.4).

Кроме того, по данным схемы территориального планирования КЧР для её территории характерны такие ОПП как оползни (рис. 1), сели, обвалы (камнепады), осыпи (рис. 2), курумы (глыбовые россыпи) (рис. 3), лавины. Аналогичные ОПП характерны и для территории КБР. Оползни (рис. 1), обвалы (рис. 2), сели, снежные лавины (рис. 7) – физико-геологические явления, причиной наиболее активного развития которых является потеря устойчивости тем или иным физическим телом (массой грунта, скальных пород, снега), выражающаяся в движении этих тел к базису эрозии. Наличие участков, подверженных ОПП, требует особого внимания при анализе рельефа и оценке влияния природных факторов, а также при подготовке территорий для градостроительного освоения.



Рис. 2. Примеры обвалов и осыпей: слева – обвал в долине реки Гарабаши, Эльбрусский район, КБР (фото автора статьи, 2025); справа – осыпь в долине реки Ирик, Эльбрусский район, КБР (фото автора статьи, 2025)



Рис. 3. Примеры курумов: слева – курумы в долине реки Малая Дукка, Зеленчукский район, КЧР (фото автора статьи, 2024); справа – курумы в долине реки Терскол, Эльбрусский район, КБР (фото автора статьи, 2025)

Среди объектов инженерной защиты от опасных геологических процессов на территории КБР применяются противооползневые (противообвальные) (рис. 4), противоселевые, противолавинные сооружения, а также сооружения для защиты берегов водохранилищ, озёр и рек и для защиты от затопления и подтопления [4].

Противообвальные (противокамнепадные) улавливающие конструкции представлены преимущественно в формате барьеров (рис. 4). Основная задача таких конструкций заключается в перехвате и остановке падающих обломков горных пород на склонах для защиты зданий и сооружений населённых пунктов, линейных объектов, инженерной и транспортной инфраструктуры.

Процессу эрозии склонов, вызванной паводковыми и атмосферными осадками, препятствуют различные виды снегозащитных ограждений (рис. 5). Они контролируют перенос снега ветром и предотвращают снежные заносы на автомобильных и железных дорогах.



Рис. 4. Пример противообвальных (противокамнепадных) барьеров на южном склоне хребта Абишира-Ахуба, Зеленчукский район, КЧР (фото автора статьи, 2024)



Рис. 5. Снегозащитные ограждения на южном склоне Эльбруса, Эльбрусский район, КБР (фото автора статьи, 2025)

Для укрепления откосов склонов используются геосинтетические сетки, геоматы и георешётки, кольчужные защитные сетки, зафиксированные на склонах крепёжными анкерами, тросово-анкерные системы, габионные сетчатые изделия и проч. (рис. 6) [5]. За счёт внедрения в практику таких мероприятий удаётся достигнуть поверхностной стабилизации склонов, подверженных выветриванию, осыпанию, мелкому сползанию грунта [6].

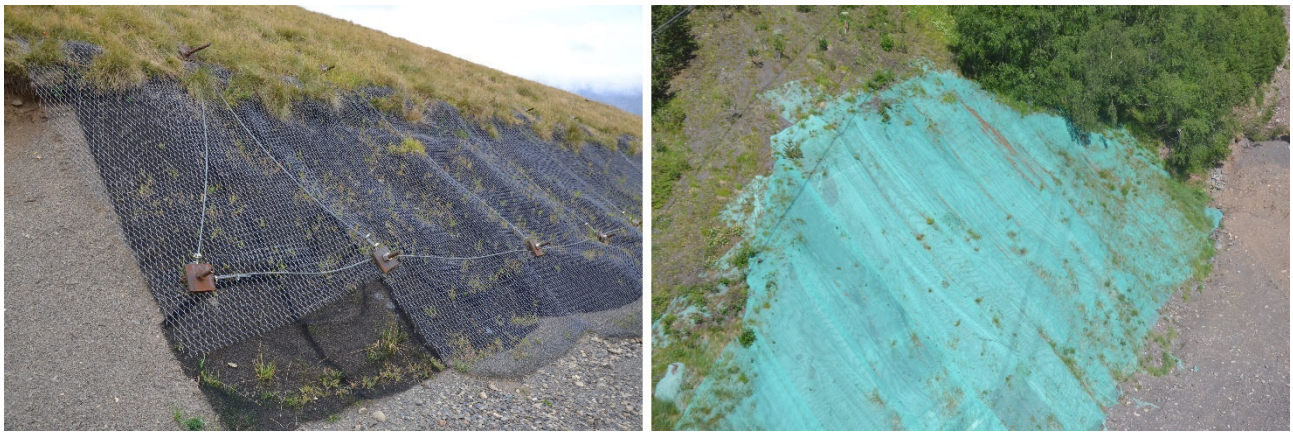


Рис. 6. Укрепление склонов: слева – долина реки Архыз, Зеленчукский район, КЧР (фото автора статьи, 2024); справа – южный склон Эльбруса, Эльбрусский район, КБР (фото автора статьи, 2025)

Противолавинные сооружения представлены противолавинными пирамидами в верховье р. Баксан (рис. 6). Противолавинные сооружения направлены на предотвращение схода лавин путём удержания снега на склоне или его направление в безопасном направлении.



Рис. 7. Противолавинные сооружения в долине реки Баксан, Эльбрусский район, КБР (фото автора статьи, 2025)

2. Анализ рельефа территорий Карачаево-Черкесской и Кабардино-Балкарской Республик и оценка влияния природных факторов (с применением ГИС).

Одними из основных факторов, оказывающих влияние на степень благоприятности для градостроительного освоения территорий, при анализе рельефа территории и оценке влияния природных факторов являются крутизна склонов, их экспозиция, горизонтальное расчленение и ветровой режим (табл. 1) [7].

При обосновании градостроительного освоения территорий ключевым параметром, определяющим инженерно-техническую и экономическую целесообразность застройки, является величина уклона земной поверхности. Оценка рельефа производится для различных видов функционального использования. Для жилищного и общественного строительства оптимальными признаются территории с уклоном в интервале от 5‰ до 100‰. Данный диапазон обеспечивает эффективное и экономичное решение вопросов вертикальной планировки, организации поверхностного стока, прокладки инженерных сетей и транспортного сообщения, пешеходных связей без применения специальных и затратных инженерных мероприятий [8]. К неблагоприятным относятся участки с уклоном менее 5‰, что создаёт риски подтопления вследствие затруднённого водоотвода, а также с уклоном от 100‰ до 200‰ (в условиях горных местностей – до 300‰), где существенно возрастают объёмы земляных работ, требуется возведение подпорных стен и реализация специальных решений по организации стока и транспортной инфраструктуры [8]. Категория особо неблагоприятных земель включает участки с уклоном свыше 200‰ (в горных районах – свыше 300‰), где градостроительное освоение сопряжено с необходимостью проведения масштабных и капиталоёмких инженерно-технических мероприятий по подготовке территории, что в большинстве случаев экономически нецелесообразно и экологически рискованно [9, прил. 6].

Для промышленного строительства требования к рельефу диктуются спецификой технологических процессов, логистики и необходимости обеспечения бесперебойного функционирования инженерной инфраструктуры. Благоприятными считаются территории с уклоном от 3‰ до 30 ‰, что позволяет эффективно размещать крупногабаритные здания и сооружения, организовывать железнодорожные подъезды и автомобильные пути без значительной переработки рельефа. Неблагоприятными являются участки с уклоном менее 3‰, характеризующиеся высоким риском подтопления, и от 30‰ до 50‰, где требуется частичная коррекция рельефа для размещения объектов. К особо неблагоприятным относятся абсолютно ровные участки (с нулевым уклоном), полностью лишённые возможностей для естественного дренажа, а также территории с уклоном более 50‰, освоение которых для промышленных целей технически крайне сложно и экономически неэффективно, за исключением отдельных видов производств, технология которых допускает или требует значительного перепада высот (например, предприятия с гравитационным принципом транспортировки материалов).

Таблица 1

Характеристика природных условий территорий по степени их благоприятности для градостроительного освоения в горных местностях [9, прил. 6; 10, с. 21-22, табл. 2; 11]

Природные условия	Степень пригодности территорий		
	Благоприятные	Неблагоприятные (ограниченно благоприятные)	Особо неблагоприятные
Рельеф	С уклоном от 5 ‰ до 100 ‰	С уклоном менее 5‰, от 100‰ до 300‰*	С уклоном более 300‰*
Экспозиция склонов	С азимутом от 90º до 270º	С азимутом от 45º до 90º, от 270º до 315º	С азимутом от 0º до 45º, от 315º до 360º
Горизонтальное расчленение	С расстоянием между тальвегами более 5 км	С расстоянием между тальвегами от 0,5 до 5 км	С расстоянием между тальвегами менее 0,5 км
Ветровой режим**	Нижние части склонов, параллельных ветру, подветренные склоны	Средняя и нижняя части склонов, параллельных ветру, долины, лощины, овраги	Вершины, возвышения с плоскими вершинами и пологими склонами, верхние части наветренных склонов
Примечания: * указано для условий горных местностей; для иных местностей это значение равно 200‰ ** указано для районов с умеренными скоростями ветра			

При выборе территорий для градостроительного освоения существенным фактором, наряду с крутизной, является экспозиция склона, определяющая его инсоляционный, ветровой и микроклиматический режимы. Количественно данный параметр оценивается азимутом направления склона, оказывающим прямое влияние на энергоэффективность застройки, комфортность среды и стоимость эксплуатации объектов [12]. Наиболее благоприятными для строительства, особенно жилых и общественных зданий, признаются склоны южной ориентации (азимут от 90° до 270°). Данные территории характеризуются максимальной продолжительностью инсоляции в течение года, что способствует значительному снижению энергозатрат на отопление в холодный период, естественному осушению территорий и формированию благоприятного микроклимата. Это позволяет эффективно использовать пассивные солнечные технологии и минимизировать затраты на искусственные обогрев и освещение. К ограниченно пригодным (неблагоприятным) относятся склоны юго-восточной (азимут от 45° до 90°) и юго-западной (азимут от 270° до 315°) экспозиции. Несмотря на достаточную инсоляцию, они часто подвержены усиленному воздействию ветров определённых румбов, а также могут характеризоваться неравномерным прогревом и повышенной суточной амплитудой температур, что требует применения дополнительных планировочных и инженерных мер по защите от ветра и оптимизации теплового баланса зданий. Особо неблагоприятными (нерекомендуемыми) для размещения основной застройки считаются склоны северной ориентации (азимут от 0° до 45° и от 315° до 360°). Данные участки отличаются критически низкой инсоляцией, особенно в зимний период, что приводит к сохранению устойчивого снежного покрова, повышенной влажности грунтов и воздуха, а также к значительному переохлаждению зданий. Освоение таких территорий сопряжено с существенным ростом капитальных затрат на усиленное утепление ограждающих конструкций, устройство эффективных систем водоотвода и защиту от подтопления, а также с повышенными эксплуатационными расходами на отопление и искусственное освещение [10, с. 22, табл. 2].

В градостроительной практике важное значение имеет оценка степени горизонтального расчленения территории, которая количественно выражается через среднее расстояние между элементами гидрографической сети [13]. Данный показатель характеризует плотность и глубину эрозионного расчленения местности и непосредственно влияет на сложность и стоимость её освоения. Ключевыми элементами анализа выступают две морфологические линии рельефа: водораздел и тальвег. Водораздельная линия проходит по наиболее повышенным точкам местности (хребтам, увалам) и разделяет смежные водосборные бассейны, направляя сток атмосферных осадков в противоположные стороны. Тальвег же проходит по наиболее пониженным точкам дна долин, лощин и оврагов, аккумулируя и направляя поток поверхностных и подземных вод. На основе плотности расчленения территории классифицируются по степени благоприятности для градостроительного освоения. К благоприятным относятся территории со средним расстоянием между тальвегами свыше 5 км, характерные для слаборасчленённых равнин. Такие условия обеспечивают значительные по площади массивы, удобные для компактного размещения застройки и прокладки коммуникаций с минимальными затратами на вертикальную планировку. Ограниченно благоприятными считаются территории с расстоянием между тальвегами от 0,5 до 5 км, типичные для волнистых равнин и предгорий. Их освоение требует специальных мероприятий: устройства водопропускных сооружений, укрепления берегов водотоков и организации сложной системы ливневой канализации, что приводит к удорожанию строительства. К неблагоприятным относятся территории с расстоянием между тальвегами менее 0,5 км, характерные для интенсивно расчленённых местностей. Их освоение экономически нецелесообразно из-за чрезмерных затрат на инженерную подготовку и высоких рисков активизации эрозионных процессов [10, с. 21, табл. 2].

При градостроительном освоении территорий комплексная оценка ветрового режима представляет собой важнейший этап проектно-планировочных работ, позволяющий оптимизировать микроклиматические условия и обеспечить безопасность строительства. Анализ ветровых характеристик даёт возможность оценить два ключевых аспекта: аэрационную ёмкость территории и ветровые нагрузки на сооружения. С позиций аэрационного режима и защиты от неблагоприятных ветровых воздействий, территории в районах с умеренными скоростями ветра классифицируются по степени благоприятности следующим образом. Наиболее благоприятными признаются нижние части склонов, параллельных ветру, а также подветренные склоны. Данные местоположения характеризуются умеренными ветровыми нагрузками с интенсивностью, достаточной для обеспечения эффективного воздухообмена, но не создающей дискомфортных условий для пребывания людей. К умеренно благоприятным относятся средние и нижние участки

склонов, параллельных ветру, а также различные отрицательные формы рельефа: долины, лощины и овраги. Особенность этих территорий заключается в эффекте ветровой тени и возможной аккумуляции холодного воздуха, что требует дополнительного анализа местной циркуляции воздушных масс. Наименее благоприятными считаются вершины, возвышения с плоскими вершинами и пологими склонами, а также верхние части наветренных склонов. Эти участки подвержены максимальному воздействию ветра, характеризуются повышенными скоростями ветра и турбулентностью, что создает значительные трудности для строительства и эксплуатации объектов [11]. Методика ветрового районирования территории включает анализ розы ветров, расчет повторяемости и скорости ветровых потоков, моделирование воздушных потоков с учетом орографии. Полученные данные позволяют разрабатывать адекватные планировочные решения, включая оптимальное размещение функциональных зон, ориентацию зданий, организацию системы озеленения и ветрозащиты [14–18].

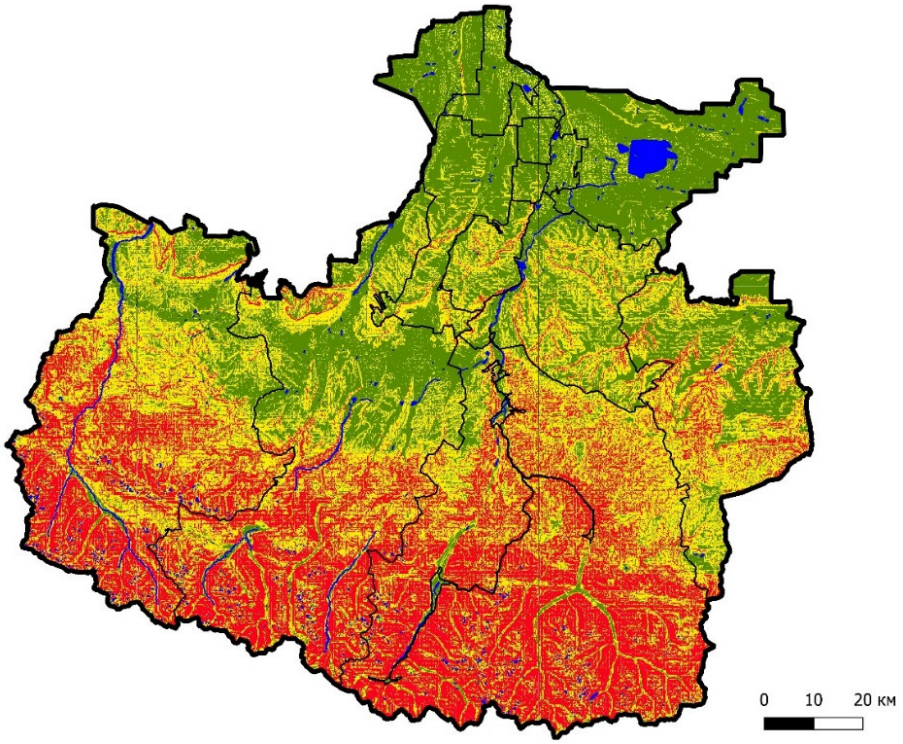


Рис. 8. Картограмма крутизны склонов рельефа территории КЧР: зелёный – благоприятные для строительства склоны; жёлтый – неблагоприятные (ограниченно пригодные) для строительства склоны; красный – особо неблагоприятные (нерекомендуемые) для строительства склоны; синий – водные объекты; чёрный – границы административных районов и городских округов (схема автора)

Анализ рельефа в QGIS с использованием его цифровых моделей (англ. Digital Elevation Model, DEM, далее – ЦМР) позволяет определить степень благоприятности территорий для градостроительного освоения. В качестве примера были избраны территории КЧР и КБР. В рамках анализа были разработаны по 2 схемы для каждой из республик: картограммы крутизны и экспозиции склонов рельефа, ярко иллюстрирующие характеристики рельефа анализируемых территорий (рис. 8–11). Анализ растровых изображений ЦМР проводился с использованием инструментов «Slope» и «Aspect».

По данным анализа ЦМР территорий КЧР, республика занимает территории с абсолютными высотными отметками от 342 м до 4758 м над уровнем моря. На представленной картограмме видно, что южная часть Зеленчукского, Карачаевского и Урупского районов имеют слишком крутые склоны и в большинстве случаев непригодны для городского строительства без серьёзных мероприятий по инженерной подготовке. Абазинский, Малокарачаевский и Усть-Джегутский районы более благоприятны для жилищного и общественного строительства. Наиболее благоприятными можно считать Адыге-Хабльский, Ногайский, Прикубанский и Хабезский районы КЧР (рис. 8). Вместе с тем видно, что экспозиция склонов позволяет вести градостроительную деятельность на довольно больших территориях, однако этому мешают другие ограничения, в том числе крутизна склонов и горизонтальное расчленение рельефа (рис. 9).

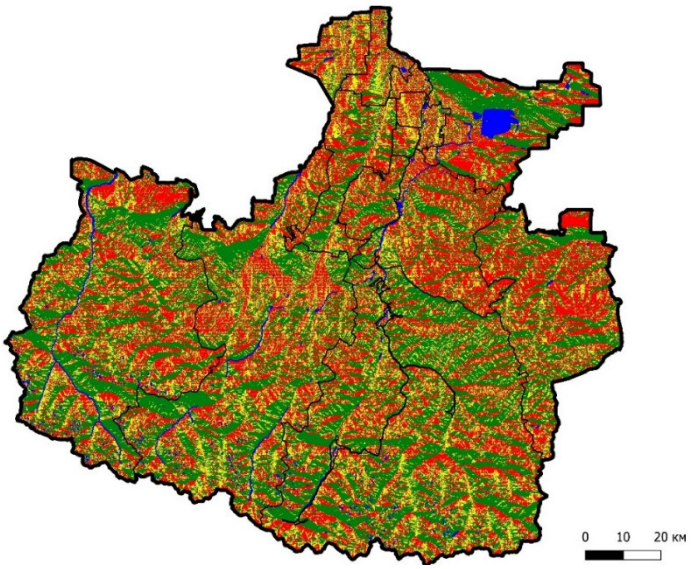


Рис. 9. Картограмма экспозиции склонов рельефа территории КЧР: зелёный – благоприятные для строительства склоны; жёлтый – неблагоприятные (ограниченно пригодные) для строительства склоны; красный – особо неблагоприятные (нерекомендуемые) для строительства склоны; синий – водные объекты; чёрный – границы административных районов и городских округов (схема автора)

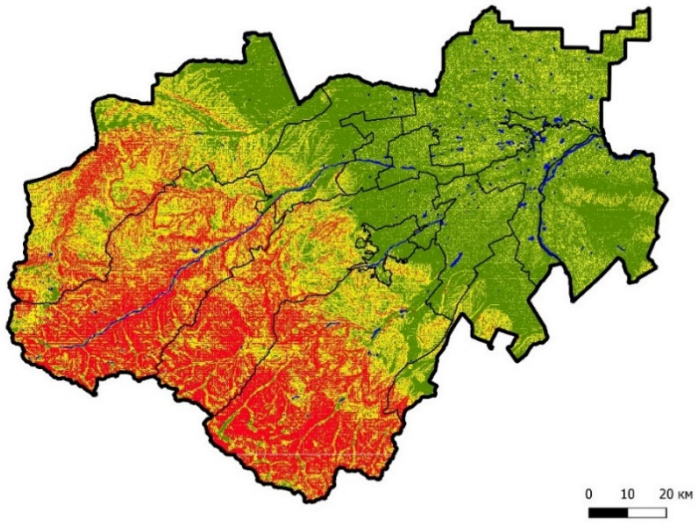


Рис. 10. Картограмма крутизны склонов рельефа территории КБР: зелёный – благоприятные для строительства склоны; жёлтый – неблагоприятные (ограниченно пригодные) для строительства склоны; красный – особо неблагоприятные (нерекомендуемые) для строительства склоны; синий – водные объекты; чёрный – границы административных районов и городских округов (схема автора)

Геоинформационный анализ рельефа КБР позволяет определить самую низкую и самую высокую высотные отметки республики, равные соответственно 147 м и 5601 м над уровнем моря. По картограмме видно, что Зольский, Чегемский, Черкесский и Эльбрусский районы (следует отметить, что административным центром последнего является самый высокогорный город России Тырныауз с населением более 22 тыс. чел. по данным 2025 г.), а также юго-западная часть Лескенского района практически полностью непригодны для массового городского строительства без серьёзных мероприятий по инженерной подготовке. Ограниченно благоприятными для жилищного и общественного строительства можно считать северную часть Зольского, Чегемского и Черкесского районов. Остальные районы республики можно считать наиболее благоприятными для гражданского строительства. Так, нормативные уклоны имеют Басканский, Лескенский, Майский, Прохладненский, Терский и Урванский районы, а также город Нальчик. Это подтверждается документами территориального планирования КБР, представленными картой районов градостроительного освоения и инженерно-строительных условий схемы территориального планирования КБР, где южные и юго-западные части Зольского, Чегемского, Черекского и Эльбрусского районов КБР не рекомендуются для градостроительного

освоения. Также отмечается, что часть территорий нельзя считать благоприятными в связи с северной ориентацией их склонов (рис. 11).

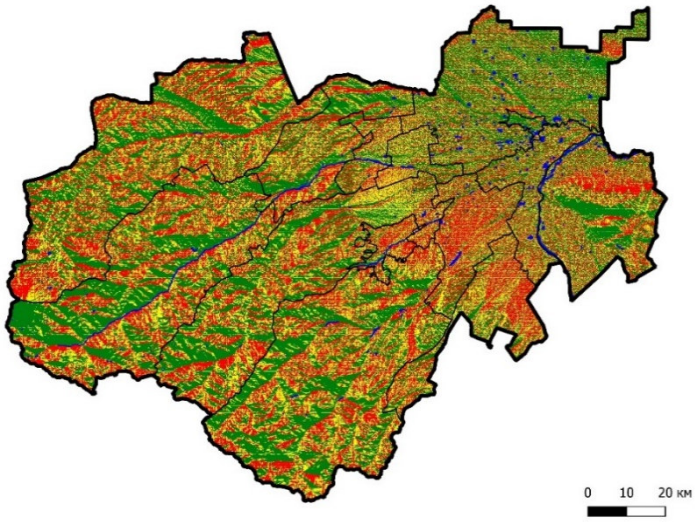


Рис. 11. Картограмма экспозиции склонов рельефа территории КБР: зелёный – благоприятные для строительства склоны; жёлтый – неблагоприятные (ограниченно пригодные) для строительства склоны; красный – особо неблагоприятные (нерекомендуемые) для строительства склоны; синий – водные объекты; чёрный – границы административных районов и городских округов (схема автора)

Выводы. Градостроительной деятельности на территориях со сложным рельефом предшествует многофакторный анализ рельефа и оценка влияния природных факторов. В целях безопасности и сведения к минимуму негативных или разрушительных воздействий опасных природных процессов и явлений на здания и сооружения выполняются специальные методы инженерной подготовки территорий, среди которых укрепление откосов склонов и установка улавливающих систем, с помощью которых осуществляется борьба с такими ОПП как оползни, сели, обвалы, осыпи и др., характерными для горных районов.

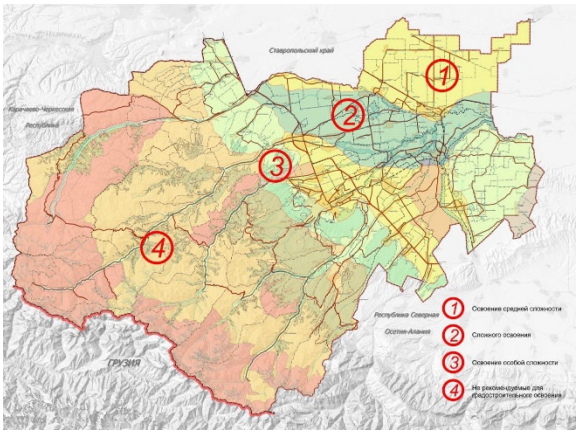


Рис. 12. Районы градостроительного освоения и инженерно-строительных условий КБР: 1 – районы освоения средней сложности, 2 – районы сложного освоения, 3 – районы освоения особой сложности, 4 – районы, не рекомендуемые для градостроительного освоения (по материалам схемы территориального планирования КБР)

По результатам исследования был развит методический подход по оценке горных территорий для их дальнейшего градостроительного освоения, что включает в себя взаимную оценку таких параметров как крутизна склонов, их экспозиция, горизонтальная расчленённость, ветровой режим с привлечением инструментария геоинформационных технологий. На примере территорий КЧР и КБР, отличающихся сложным рельефом, показано, что игнорирование данных критериев на этапе предпроектного анализа может привести к завышению значения площади территорий, пригодных для освоения, а также к росту затрат на инженерную подготовку. Градостроительная документация по территориальному планированию (схемы территориального планирования регионов) может не учитывать некоторые параметры, важные при градостроительной деятельности (рис. 12). Учёт дополнительных параметров в перспективе может упростить решения вертикальной планировки, снизить инженерно-технологические и финансовые затраты на проведение мероприятий по инженерной подготовке территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Zhou L., Dang X., Mu H., Wang B., Wang S. Cities are going uphill: Slope gradient analysis of urban expansion and its driving factors in China // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 775. 145836. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145836.

2. 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. №1(98). С. 50–60. DOI: 10.35211/18154360_2025_1_50.

3. Генералов Н.С., Волков В.В. Анализ природно-климатических и экологических факторов территории города Нижневартовска для принятия градостроительных решений // International Journal of Advanced Studies in Medicine and Biomedical Sciences. 2021. №1. С. 32–44.

4. Geng Y., Huang X., Zhong Y., Wang Z. The impact of complex terrain on urban flood resilience under extreme rainfall events // Journal of Hydrology. 2025. Vol. 651. 132597. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2024.132597.

5. Багин А.В., Потуданская Л.В. Защита от камнепадов // Путь и путевое хозяйство. 2011. №11. С. 21–23.

6. Батбаатар М., Слепнев П.А. Инновационные методы инженерной подготовки территорий объектов гражданского строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. №9(765). С. 103–110. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-765-9-103-110.

7. Орлова Н.А., Васильчикова С.Ф., Орлов Д.Н. Влияние природных факторов на оценку территории. Анализ рельефа: методические указания. Самара: СГАСУ, 2015. 64 с.

8. Souza Coelho P., Oliveira L. K., Albuquerque Nobrega R. A. Influence of slope on pedestrian access to public transportation systems // Latin American Transport Studies. 2025. Vol. 3. 100029. DOI: 10.1016/j.latran.2025.100029.

9. Владимиров В.В., Наймарк Н.И., Беляев В.Б., Черников А.П., Аллахвердиев А.В., Волхонская В.А., Мейснер А.С. Руководство по комплексной оценке и функциональному зонированию территорий в районной планировке. Москва: Стройиздат, 1982. Изд. 2-е, испр. и доп. 104 с.

10. Чистякова С.Б., Чернаевская М.М., Коваленко Л.Г. Рекомендации по учёту природно-климатических факторов в планировке, застройке и благоустройстве городов и групповых систем населённых мест. Москва: ЦНИИП градостроительства, 1980. 139 с.

11. Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки. Москва: Стройиздат, 1986. 64 с.

12. El-Omairi M.A., Garouani A.E., Shebl A. Investigation of lineament extraction: Analysis and comparison of digital elevation models in the Ait Semgane region, Morocco // Remote Sensing Applications: Society and Environment. 2024. Vol. 36. 101321. DOI: 10.1016/j.rsase.2024.101321.

13. Позаченюк Е.А., Петлюкова Е.А. ГИС-анализ морфометрических показателей рельефа центрального предгорья главной гряды крымских гор для целей ландшафтного планирования // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2016. Т. 2(68). №2. С. 96–113.

14. Feng W., Xu X., Yang Y., Zhou Q. Vertical planning and optimization strategies of green measures in urban flood control: combining automated land use segmentation with integrated hydrodynamic calculations // Water Research. 2025. Vol. 287. Part A. 124266. DOI: 10.1016/j.watres.2025.124266.

15. Оленьков В.Д., Бирюков А.Д., Тазеев Н.Т. Ускоренная генерализация рельефа с помощью использования цифровой модели местности // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Т. 18. №2. С. 18–27. DOI: 10.14529/build180203.

16. Оленьков В.Д., Колмогорова А.О., Замула М.Д. Учёт ветрового режима при проектировании жилой застройки // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2023. Т. 23. №3. С. 5–13. DOI: 10.14529/build230301.

17. Гиясов Б.И., Гиясов Р.Б. Влияние тепловетрового режима городских территорий на экологию окружающей среды // Экология урбанизированных территорий. 2023. №4. С. 80–85. DOI: 10.24412/1816-1863-2023-4-80-85.

18. Коробейникова А.Е. Проектирование на сложном рельефе с учётом морфологии и аэрационного режима склоновых территорий // Вестник Московского информационно-технологического университета - Московского архитектурно-строительного института. 2018. №1. С. 43–46.

Информация об авторах

Кузнецов Илья Вячеславович, преподаватель кафедры градостроительства. E-mail: elias96@mail.ru. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, Москва, Ярославское ш., д. 26.

Поступила 09.03.2026 г.

© Кузнецов И.В., 2026

Kuznetsov I.V.
Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)
E-mail: elias96@mail.ru

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ENGINEERING PREPARATION OF MOUNTAINOUS TERRITORIES

Abstract. *This study aims to develop a methodological framework for identifying areas favorable for urban development in challenging mountainous terrain. The study focuses on mountainous areas with significant potential for spatial development, and the impact of terrain features on urban planning decisions is explored. To achieve this goal, an analytical review of scientific, technical, and regulatory literature was conducted, along with a comprehensive geoinformation analysis of areas that meet the study's objectives and subject matter. Using digital elevation models, GIS analysis was used to analyze parameters such as slope steepness and orientation, and to assess the risk of hazardous processes (landslides, mudflows, etc.). This study proposes a development path for methodological approaches to engineering preparation, enabling the ranking of areas based on their suitability for development, as illustrated by cartograms of terrain parameters and urban planning restrictions. This approach provides a scientifically based tool for making planning decisions that help reduce natural risks and ensure sustainable development in mountainous regions with highly urbanized areas.*

Keywords: *engineering preparation of territories, special methods of engineering preparation, mountainous territories, complex relief, assessment of territory relief, influence of natural factors, slope, aspect, geoinformation systems, GIS-analysis.*

REFERENCES

1. Zhou L., Dang X., Mu H., Wang B., Wang S. Cities are going uphill: Slope gradient analysis of urban expansion and its driving factors in China. Science of The Total Environment. 2021. Vol. 775. 145836. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145836.

2. Polyakov V.G., Chebanova S.A., Kuzmin N.S. The study of construction on complex terrain in the city of Volgograd [Stroitel'stvo na slozhnom rel'efe v gorode Volgograde]. The Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. 2025. No. 1(98). Pp. 50–60. DOI: 10.35211/18154360_2025_1_50. (rus)

3. Generalov N.S., Volkov V.V. Analysis of natural, climate and environmental factors of the territory of the city of Nizhnevartovsk for making urban decisions [Analiz prirodno-klimaticheskih i jekologicheskih faktorov territorii goroda Nizhnevartovska dlja prinjatija gradostroitel'nyh reshenij]. International Journal of Advanced Studies in Medicine and Biomedical Sciences. 2021. No. 1. Pp 32–44. (rus)

4. Geng Y., Huang X., Zhong Y., Wang Z. The impact of complex terrain on urban flood resilience under extreme rainfall events. Journal of Hydrology. 2025. Vol. 651. 132597. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2024.132597.

5. Bagin A.V., Potudanskaya L.V. Rockfall protection [Zashhita ot kamnepadov]. Railway Track and Facilities. 2011. No. 11. Pp. 21–23. (rus)

6. Batbaatar M., Slepnev P.A. Innovative methods of engineering preparation of territories of civil construction objects [Innovacionnye metody inzhenernoj podgotovki territorij ob#ektov grazhdanskogo stroitel'stva]. News of higher educational institutions. Construction. 2022. No. 9(765). Pp. 103–110. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-765-9-103-110. (rus)

7. Orlova N.A., Vasilchikova S.F., Orlov D.N. Influence of natural factors on the assessment of the territory. Relief analysis: methodological guidelines [Vlijanie prirodnyh faktorov na ocenku territorii. Analiz rel'efa: metodicheskie ukazanija]. Samara: SGASU, 2015. 64 p. (rus)

8. Souza Coelho P., Oliveira L. K., Albuquerque Nobrega R. A. Influence of slope on pedestrian access to public transportation systems. Latin American Transport Studies. 2025. Vol. 3. 100029. DOI: 10.1016/j.latran.2025.100029.

9. Vladimirov V.V., Neymark N.I., Belyaev V.B., Chernikov A.P., Allakhverdiev A.V., Volkhonskaya V.A., Meysner A.S. Guide to comprehensive assessment and functional zoning of territories in district planning [Rukovodstvo po kompleksnoj ocenke i funkcional'nomu zonirovaniju territorij v rajonnoj planirovke]. Moscow: Strojizdat, 1982. 104 p. (rus)

10. Chistyakova S.B., Chernaevskaya M.M., Kovalenko L.G. Recommendations for taking into account natural and climatic factors in the planning, development and improvement of cities and group systems of populated areas [Rekomendacii po uchjotu prirodno-klimaticheskih faktorov v planirovke, zastrojke i blagoustrojstve gorodov i gruppovyh sistem naseljonnyh mest]. Moscow: CNIIP gradostroitel'stva, 1980. 139 p. (rus)

11. Guidelines for assessing and managing wind conditions in residential developments [Rukovodstvo po ocenke i regulirovaniju vetrovogo rezhima zhiloj zastrojki]. Moscow: Strojizdat, 1986. 64 p. (rus)

12. El-Omairi M.A., Garouani A.E., Shebl A. Investigation of lineament extraction: Analysis and comparison of digital elevation models in the Ait Semgane region, Morocco. Remote Sensing Applications: Society and Environment. 2024. Vol. 36. 101321. DOI: 10.1016/j.rsase.2024.101321.

13. Pozachenyuk E.A., Petlyukova E.A. GIS-analysis of morphometric indices of the relief in the central foothills of the main ridge of the crimean mountains for the purposes of landscape planning [GIS-analiz morfometricheskih pokazatelej rel'efa central'nogo predgor'ja glavnoj grjady krymskih gor dlja celej landshaftnogo planirovanija]. Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Geography. Geology. 2016. Vol. 2(68). No. 2. Pp. 96–113. (rus)

14. Feng W., Xu X., Yang Y., Zhou Q. Vertical planning and optimization strategies of green measures in urban flood control: combining automated land use segmentation with integrated hydrodynamic calculations. Water Research. 2025. Vol. 287. Part A. 124266. DOI: 10.1016/j.watres.2025.124266.

15. Olenkov V.D., Biryukov A.D., Tazeev N.T. Accelerated generalization of the relief with the use of the digital elevation model [Uskorennaja generalizacija rel'efa s pomoshh'ju ispol'zovanija cifrovoj modeli mestnosti]. Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and Architecture. 2018. Vol. 18. No. 2. Pp. 18–27. DOI: 10.14529/build180203. (rus)

16. Olenkov V.D., Kolmogorova A.O., Zamula M.D. Consideration of wind conditions in the design of residential buildings [Uchjot vetrovogo rezhima pri proektirovanii zhiloj zastrojki]. Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and Architecture. 2023. Vol. 23. No. 3. Pp. 5–13. DOI: 10.14529/build230301. (rus)

17. Giyasov B.I., Giyasov R.B. Influence of heat-wind regime in urban territories on the environmental ecology [Vlijanie teplo-vetrovogo rezhima gorodskih territorij na jekologiju okruzhajushhej sredy]. Ecology of urban areas. 2023. No. 4. Pp. 80–85. DOI: 10.24412/1816-1863-2023-4-80-85. (rus)

18. Korobeynikova A.E. Design on complex terrain taking into account the morphology and aeration regime of slope areas [Proektirovanie na slozhnom rel'efe s uchjotom morfologii i ajeracionnogo rezhima sklonovyh territorij]. Bulletin of the Moscow Information Technology University - Moscow Institute of Architecture and Civil Engineering. 2018. No. 1. Pp. 43–46. (rus)

Information about the author

Kuznetsov, Ilia V., Lecturer of the Urban Planning Chair. E-mail: elias96@mail.ru. Moscow State University of Civil Engineering (National Research University). Russia, 129337, Moscow, Yaroslavskoe hwy., 26.

Received 09.03.2026

Для цитирования:

Кузнецов И.В. Методические аспекты инженерной подготовки горных территорий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2026. № 9. С. 55–66. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-11-9-55-66

For citation:

Kuznetsov I.V. Methodological aspects of engineering preparation of mountainous territories. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2026. No. 9. Pp. 55–66. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-11-9-55-66