

УДК 911.9(470.57-25)  
DOI 10.17513/use.38373

## АНТРОПОГЕННЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА УФЫ)

Хасанова Г.Ф.

*ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,  
Уфа, e-mail: galimakhasanova@gmail.com*

В последнее столетие изменения геологической среды урбанизированных территорий происходят с высокой скоростью, особенно в крупнейших городах. Целью данной работы является изучение техногенных форм рельефа города, прогноз их развития. Исследования были выполнены методами морфометрическим, картографическим, сравнительным и геоинформационного анализа. На территории г. Уфы выделены следующие типы рельефа: структурно-денудационный, денудационно-аккумулятивный, эрозионно-аккумулятивный, техногенный. Техногенные формы рельефа сформированы на протяжении последнего столетия в связи с ростом численности населения, промышленного освоения территории. На основании картографирования территории составлена картосхема эколого-геоморфологического состояния территории города. Выделены области с очень высоким, высоким, средним и низким антропогенным воздействием на рельеф изучаемой территории. Очень высокое антропогенное воздействие характерно для территории «Уфимского полуострова», ранее других освоенной и густозаселенной части города. Высоким антропогенным воздействием характеризуются северная и северо-восточная части города, которые менее заселены, но отличаются высокой концентрацией промышленных предприятий. Средним антропогенным воздействием характеризуются новые освоенные территории, которые расположены в западной и юго-западной частях Уфы, имеющие меньшие концентрации населения, застроек и промышленных объектов. Низкими показателями антропогенного воздействия на рельеф отличается восток города, где застройки и промышленные предприятия носят локальный характер.

**Ключевые слова:** денудационный, денудационно-аккумулятивный, эрозионно-аккумулятивный, техногенный типы рельефа, урбанизированные территории, эколого-геоморфологическое состояние

## ANTHROPOGENIC LANDFORMS OF URBANIZED AREAS (ON THE EXAMPLE OF UFA)

Khasanova G.F.

*Ufa University of Science and Technology, Ufa, e-mail: galimakhasanova@gmail.com*

In the last century, changes in the geological environment of urbanized areas have been occurring at a high rate. These processes have been identified especially in the largest cities. The purpose of this work is to study the technogenic forms of the relief of the city, to predict their development. The studies were performed by methods of morphometric, cartographic, comparative and geographic information analysis. The following types of relief are distinguished on the territory of the city of Ufa: structural-denudation, denudation-accumulative, erosion-accumulative, technogenic. Technogenic landforms have been formed over the past century, due to the growing population and industrial development of the territory. Based on the mapping of the territory, a map of the ecological and geomorphological state of the city is compiled. Areas with very high, high, medium and low anthropogenic impact on the relief of the studied territory have been identified. A very high anthropogenic impact is characteristic of the territory of the «Ufa Peninsula», the most previously densely populated part of the city. The high anthropogenic impact corresponds to the northern and northeastern parts of the city, which is less populated, but has a high concentration of industrial enterprises. Medium anthropogenic impacts are characterized by new developed territories, which are located in the western and southwestern parts of Ufa, having a lower concentration of population, buildings and industrial facilities. Low indicators of anthropogenic impact on the relief are distinguished by the east of the city, where buildings and industrial enterprises are local in nature.

**Keywords:** denudation, denudation-accumulative, erosion-accumulative, technogenic types of relief, urbanized territories, ecological-geomorphological state

### Введение

В последние десятилетия рост населения мира и усиленное заселение территорий с высокой степенью опасности, таких как поймы и склоны большой крутизны, привели к росту риска бедствий. Эта тенденция усугубляется несколькими факторами: уязвимостью построенных сооружений и инфраструктур, ограничениями в усилиях по смягчению последствий и потенциальным воздействием изменения климата.

Таким образом, взаимодействие между урбанизированными территориями и природными рисками становится все более сложным, создавая все более трудно решаемые проблемы в контексте сокращения удобных для освоения земель. Исследования природных рисков в геоморфологии городов сталкиваются с двумя основными проблемами. Первая заключается в прогнозировании экстремальных событий и разработке прогностических моделей, задача, которая

становится неопределенной из-за непредсказуемых последствий антропогенного изменения климата. Вторая проблема сосредоточена на реконструкции прошлых редко встречающихся событий и редких случаев, скудная документация которых, особенно в современных инструментальных записях, усложняет понимание.

Город Уфа входит в десятку крупнейших городов России по численности и занимает пятое место по площади и протяженности. Высокая концентрация населения, промышленных и гражданских объектов, развитость инфраструктуры порождают ряд экологических проблем, ухудшение среды обитания (воздуха, почв, воды, геологической среды). Специфика города усложняется наличием неблагоприятных инженерно-геологических условий территории, обусловленных формами рельефа, широким развитием карстовых и склоновых процессов, суффозии, подтопления и затопления, заболачивания, которые встречаются и в других агломерациях, таких как Москва, Казань, Пермь и др.

**Цель исследования** – изучение техногенных форм рельефа города, прогноза их развития.

#### **Материалы и методы исследования**

Для изучения техногенных форм рельефа г. Уфы были использованы методы морфометрический, картографический, сравнительный, геоинформационного анализа. Были проведены полевые обследования, анализ снимков высокого разрешения и картографических материалов.

Э.А. Лихачева выделяет следующие методы эколого-геоморфологического исследования урбанизированных территорий: а) морфометрический – путем характеристики рельефа с помощью карт и цифровых моделей местности; б) балансовый – позволяющий определить приход и расход вещества и энергии; в) сравнительный; г) аналоговый – используется аналогия свойств объектов, их структуры и отношения; д) моделирования – метод исследования сложных объектов, явлений и процессов путем их упрощенного имитирования (натурного, математического, логического) [1, с. 51–54].

В работе В.З. Макарова при картографировании техногенной нагрузки на городскую среду осуществляется картирование эколого-геохимическое, литогенной основы города, эколого-геоморфологическая оценка рельефа, гидрохимических условий, микроклиматического районирования, состоя-

ния почвенного покрова, ландшафтно-экологического состояния города [2, с. 65–96].

Города мира начали развиваться еще до фундаментальных исследований в области экологической геологии, поэтому проблемы отражаются в зарубежных работах. Так, для исследования антропогенных форм рельефа авторами представлена MAGUS (модель анализа геоморфологических городских систем), методологическая структура на основе ГИС, разработанная для анализа сложного взаимодействия между урбанизацией и природными ландшафтами [3, с. 1–20]. Исследование использует исторические документы, оцифрованные и геопривязанные в картографическом пространстве, для выявления взаимосвязей между естественными и антропогенными формами рельефа с римского периода до XX в. Ключевым нововведением MAGUS является интеграция многовременных маркеров (MTM) и объемной единицы застройки (VUB), что повышает точность анализа исторических данных.

Понятие «Техногенный (антропогенный) рельеф» трактуется как рельеф земной поверхности, образованный или видоизмененный деятельностью человека [4]. Эколого-геоморфологический район (ЭГР) – это территориальный комплекс эколого-геоморфологических обстановок, характеризующийся единством морфологических, морфоструктурных и морфоклиматических условий, регулирующих прямые и обратные связи в системе «природа – хозяйство – население» [5, с. 24].

Эколого-геоморфологическое районирование обосновывается на комплексном изучении изменения геологической среды под влиянием совокупности факторов, как природных, так и антропогенных.

Эколого-геоморфологическое картографирование – основной метод при решении экологических задач. Оценка эколого-геоморфологической обстановки г. Уфы производилась путем наложения карт в ГИС-среде (QGIS, SAGAGIS, SRTM-космоснимки). Применялись карты топографические (1980–2020 гг.) по принципу MAGUS, геоморфологические, плотность населения, плотность застроек гражданских и промышленных построек, автодорог в ГИС-среде.

Антропогенное воздействие на рельеф выражается двойственно – прямо или косвенно. Прямое воздействие оказывается путем механического, химического влияния на поверхностные и приповерхностные части земной коры. Косвенное антропогенное влияние формируется за счет изменения

естественных геологических условий: например, нарастание агрессивности сточных вод приводит к интенсификации карстовых, карстово-суффозионных и эрозионных процессов, изменению микрорельефа, в виде нарушения сплошности слоев горных пород – к образованию оползней.

**Результаты исследования и их обсуждение**

В геолого-тектоническом отношении территория города расположена на восточ-

ной окраине Русской платформы, где кристаллический фундамент перекрыт мощной (до 8 км) толщей осадочных пород палеозойского возраста. В верхней части осадочного чехла развиты пермские, неогеновые и четвертичные осадки.

На территории г. Уфы по генетическим признакам выделяются три типа рельефа [6, с. 248–253]:

- 1) денудационный;
- 2) денудационно-аккумулятивный;
- 3) эрозионно-аккумулятивный (рис. 1).

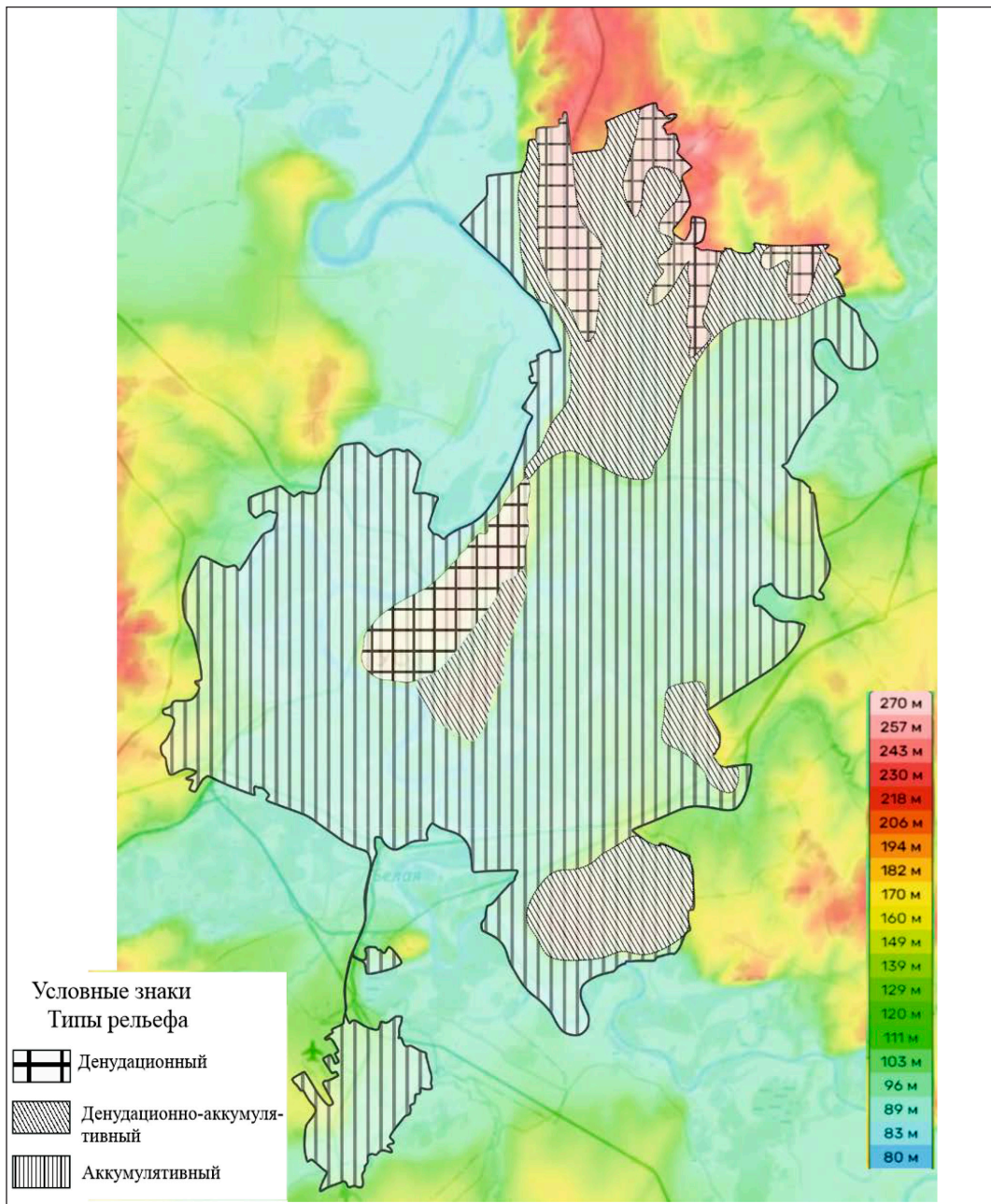


Рис. 1. Геоморфологическая карта г. Уфы  
Источник: составлено автором



Денудационный тип рельефа – это водораздельное плато и склоны правобережья р. Белой по пермским терригенным породам (карбонаты, сульфаты), перекрытым четвертичными отложениями. Абсолютные отметки поверхности рельефа 160–270 м. Отдельные вершины водораздельных увалов и холмов (гор) прилегающей к «Уфимскому полуострову» части территории достигают 250 м, в северо-восточной части – 270 м. Рельеф грядово-всхолмленный, имеющий северо-восточное направление, переходящее постепенно в северо-западное. Холмы имеют округлую форму, выровненные процессами денудации, осложненные системами оврагов, суффозионно-карстовыми воронками.

Микрорельеф территории осложнен склоновыми и карстово-суффозионными процессами. Пораженность карстовыми формами достаточно высокая.

Развитие эрозионных процессов связано с большой крутизной склонов, резкой амплитудой высот (около 180 м), переходящих к речным террасам. Овражно-балочная сеть представляет рытвины и промоины глубиной до 0,5–1 м. Они особенно широко развиты на крутых склонах правобережья р. Белой.

Карстовые и карстово-суффозионные формы рельефа распространены практически на всей территории, которая сложена карбонатами и сульфатами. На территории г. Уфы развиты три класса карста: карбонатный, сульфидный, карбонатно-сульфатный. По степени защищенности сверху некарстующимися породами преобладают два подкласса – перекрытый (камский) в пределах долин р. Белой и Уфы и закрытый (русский) на междуречье. Наряду с закрытым на междуречье имеются участки перекрытого, покрывающего и голого карста [7, с. 81–90].

Наиболее интенсивно карстовые формы рельефа проявляются в его присклоновой части, с высокими градиентами потока.

Денудационно-аккумулятивный тип рельефа – это пологоволнистая равнина, сформировавшаяся на морских, озерных, аллювиальных отложениях кинельской свиты (акчагыл) и частично на породах уфимского яруса, перекрытых четвертичными породами. Она занимает водораздельные понижения и пологие склоны с абсолютными отметками 150–207 м (правобережье р. Белой и правобережье р. Уфы, по берегам р. Сутолки и на правом берегу р. Шугуровки). Прилегает к наиболее приподнятым участкам территории, занимает около 25 % общей площади.

Характеризуется полого-волнистым рельефом, переходящим крутыми обрывами к речным долинам. Микрорельеф осложнен склоновыми, карстовыми и суффозионными формами рельефа. На пониженных участках, сложенных водоупорными породами, наблюдается заболачивание.

Эрозионно-аккумулятивный тип рельефа распространен на аллювиальных террасированных долинах р. Белой и Уфы, сложенных комплексом четвертичных аллювиальных озерных и делювиальных отложений по неогеновым и нижнепермским породам. Занимает низкие гипсометрические уровни – 80–88 м над уровнем моря.

Наибольшую часть территории Уфы занимает данный тип рельефа, около 60 % территории. На исследуемой территории распространены карстовые формы рельефа, аккумулятивные – в виде конусов выноса, аллювиальных и делювиальных отложений. Широко развиты речные террасы, на меандрирующих участках рек – озера-старицы и болота.

Техногенный тип рельефа является неотъемлемой частью крупных городов мира, к которым в том числе относится г. Уфа. Образование техногенных форм рельефа связано с антропогенными, геологическими и геоморфологическими процессами в совокупности. Основными механизмами образования техногенных форм рельефа являются:

1. Механическое воздействие – прямое, вызывающее за короткий промежуток времени значительные изменения геолого-геоморфологических условий и микрорельефа территорий (земляные работы, перемещение грунта при строительстве зданий и сооружений, добыча полезных ископаемых (ПГС). При механическом воздействии образуются денудационные и аккумулятивные формы рельефа.

2. Искусственно вызванные геологические процессы – это процессы, усиливающиеся в результате деятельности человека, иногда являющиеся не характерными для данной территории. Например, строительство на неустойчивых склонах может привести к образованию обвалов или оползней. Они отличаются от естественных геологических процессов тем, что их основным движущим фактором является человеческая деятельность, а не природные силы.

В результате анализа определено, что формирование техногенных форм рельефа напрямую зависит от таких факторов, как плотность застройки, сложность инженерных сооружений, плотность населения и условия самой поверхности. Учитывая

данные показатели, можно выделить четыре области распространения техногенных форм, имеющие присущие им особенности: 1) области с очень высоким антропогенным воздействием на рельеф; 2) области высокого антропогенного воздействия на рельеф; 3) области среднего воздействия на рельеф; 4) области низкого воздействия на рельеф.

Области с очень высоким антропогенным воздействием на рельеф характерны для территории «Уфимского полуострова» (рис. 2). На данном участке сосредоточена большая часть населения, его наибольшая плотность (более 10 тыс. чел/км<sup>2</sup>) и наибольшая плотность застроек. Высокая освоенность обусловлена особенностями истории развития города, в пределах которого

располагалась Уфимская крепость, откуда шло расширение мегаполиса. Мощность техногенных отложений в пределах Уфимской крепости достигает 2–4 м. Прямое антропогенное воздействие началось еще в IV в., о чем свидетельствуют мощные культурные слои [8, с. 45–51].

Высокое антропогенное воздействие началось в XX в. в связи с ростом населения города, развитием техники и технологий строительства, когда осваиваться начали участки со сложными геоморфологическими условиями [9, с. 229–233].

Антропогенные формы рельефа выражены следующими чертами:

1) мощными толщами техногенных отложений (+2 м – +4 м);

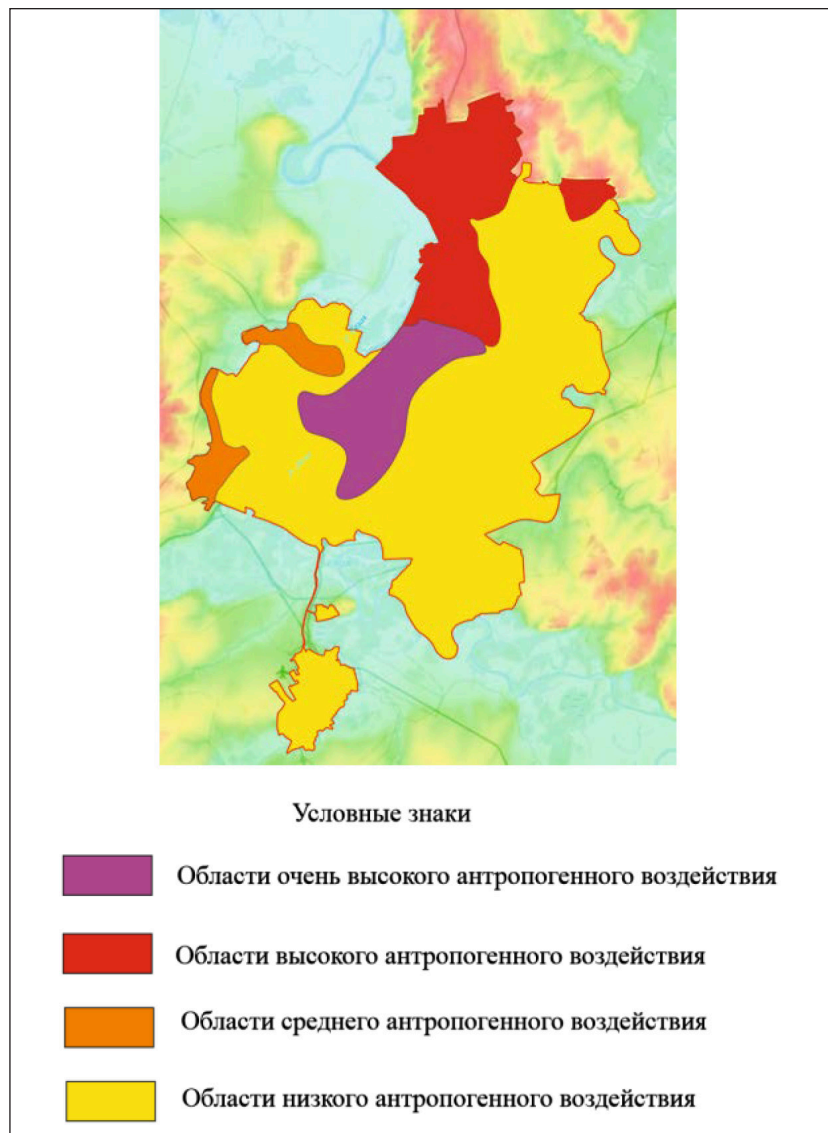


Рис. 2. Эколого-геоморфологические области по степени антропогенного воздействия на рельеф  
 Источник: составлено автором

2) образованием областей денудации в процессе строительства зданий на крутых склонах (-0,5 м – -2 м);

3) образованием областей аккумуляции, засыпные отложения, перемещенные с мест естественного залегания, представлены погребенными оврагами, ручьями (+2 м – +4 м);

4) изменениями русел малых рек (например, засыпка русла Сутолоки, проложение проспекта Салавата Юлаева) (+5 м – +10 м), гидрологических условий территории;

5) изменениями физических свойств грунтов (уплотнение, цементация, просадка), из-за высокой степени закарстованности территории, чрезмерно высокого давления ежегодно фиксируются десятки новых провальных явлений.

Вторая область с высокой антропогенной нагрузкой расположена в северной части города, соответствующая эрозионно-аккумулятивному типу рельефа. Данная часть города имеет более низкие показатели плотности населения (5 тыс. и более чел/км<sup>2</sup>) и более низкие показатели застроек, но высокую концентрацию промышленных предприятий.

На данной территории выделены следующие техногенные типы рельефа:

1) образование областей денудации, в районах перехода к крутым склонам, разрезка склонов для развития железных дорог (до -5 м);

2) активизация склоновых процессов (эрозионных) в местах вырубки леса;

3) высокие темпы развития техногенных грунтов под влиянием нефтеперерабатывающих и нефтехимических, деревоперерабатывающих предприятий, полигонов по хранению отходов.

Третья область со средней антропогенной нагрузкой занимает отдельные микрорайоны г. Уфы, представляющие собой разрозненные территории в западной части города, соответствующие эрозионно-аккумулятивному типу рельефа. Характеризуется сравнительно низкими показателями плотности населения (около 2 тыс. чел/км<sup>2</sup>) и застроек.

Антропогенное воздействие на рельеф имеет следующие черты:

1) образование областей аккумуляции, за счет низких гипсометрических уровней создаются насыпи для строительных площадок (+2 м – +5 м);

2) изменение русел рек и их засыпка, осушение заболоченных территорий и, как следствие, изменение гидрологических условий территории (+2 м – +5 м);

3) изменение гидрологических и гидрогеологических условий приводит к учащению просадочных явлений, образованию карстово-суффозионных воронок.

Четвертая область (с низкими показателями антропогенной нагрузки) характеризуется самыми низкими показателями плотности населения (менее 2 тыс. чел/км<sup>2</sup>) и плотности застроек, локальным развитием техногенных форм рельефа.

Выражаются техногенные формы в следующем:

1) образование областей аккумуляции в районах точечных застроек;

2) ухудшение гидрологических условий, которые приводят к затоплению и заболачиванию;

3) активизация карстово-суффозионных процессов.

### Заключение

Город Уфа располагается на восточной окраине Русской платформы, где кристаллический фундамент перекрыт мощной (до 8 км) толщей осадочных пород палеозойского возраста. Рельеф города имеет характеристики от слабо расчлененного до сильно расчлененного, амплитуда высот достигает 180 м. В условиях неоднородности рельефа при освоении города происходят прямо противоположные процессы антропогенного освоения: образование областей денудации в процессе строительства зданий на крутых склонах (-0,5 м – -2 м), областей аккумуляции, засыпные отложения, перемещенные с мест естественного залегания (+2 м – +4 м), выполаживание участков с крутыми склонами. В совокупности эти процессы приводят к образованию техногенных форм рельефа и накоплению техногенных отложений. Процессы техногенной трансформации геологической среды протекают с разной интенсивностью, для определения которой было проведено эколого-геоморфологическое районирование территории. По результатам исследования выделены четыре эколого-геоморфологические области по степени воздействия человека на рельеф. Распространение техногенных форм рельефа в г. Уфе крайне неравномерное: около 40 % занимают площади с очень высоким и высоким антропогенным воздействием, менее 10 % – со средним влиянием человека на рельеф, около 50 % – низкое. Это связано с неравномерностью освоения и развития самой городской среды. В каждой области прослеживается ряд последствий,

которые ухудшают состояние геологической среды. При дальнейшем развитии и планировании урбанизированных территорий необходимо составлять эколого-геоморфологический прогноз для устранения и минимизации этих последствий.

#### Список литературы

1. Лихачева Э.А., Локшин Г.П., Просунцова Н.С., Тимофеев Д.А. Эколого-геоморфологическая оценка территории г. Москвы // Геоморфология и палеогеография. 2000. № 1. С. 48-55.
2. Макаров В.З., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Эколого-географическое картографирование городов. М.: Научный мир, 2002. 196 с.
3. Bernardi A., Licata M., Seitone F., Fubelli G. MAGUS (Model for the Analysis of Geomorphological Urban Systems): From Conception to Validation on the Historic City Center of Turin (Italy) // Land. 2024. Vol. 13. P. 1851. DOI: 10.3390/land13111851.
4. Тимофеев Д.А. Антропогенный рельеф // Большая российская энциклопедия. [Электронная версия]. 2016. URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/702272> (дата обращения: 12.09.2024).
5. Новаковский Б.А., Симонов Ю.Г., Тульская Н.И. Эколого-геоморфологическое картографирование Московской области. М.: Научный мир, 2005. 72 с.
6. Барышников В.И. О геодинамике Уфимского «полуострова» // Матер. ГС НС РАН, «Сергеевские чтения». М.: Изд-во РУДН, 2016. Вып. 18. С. 248–253.
7. Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г., Смирнов А.И. Распространение карста на территории Башкортостана и его значение для практики // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. 2016. № 4 (84). С. 81–90.
8. Ахатов А.Т., Бахшиев И.И., Камалеев Э.В., Колонских А.Г., Тузбеков А.И. Археология Нового времени и проблемы изучения городского культурного слоя Уфы (материалы исследований ИЭИ УНЦ РАН 2012–2013 годов) // Вестник Челябинского государственного университета. 2015. № 6 (361). С. 45–51.
9. Хасанова Г.Ф. Применение индикаторов и индексов в моделировании процессов трансформации природных комплексов (на примере среднегорий Южного Урала) // Успехи современного естествознания. 2022. № 12. С. 229–233. DOI: 10.17513/use.37976.