

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ
EARTH SCIENCES

УДК 551.438:911.37(476.7)
<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2024-60-2-170-176>

Поступила в редакцию 26.07.2023
Received 26.07.2023

Е. А. Кухарик^{1,2}

¹*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь*
²*Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь*

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИИ
ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ В РЕЗУЛЬТАТЕ СЕЛИТЕБНОГО ОСВОЕНИЯ**

Аннотация. С использованием опубликованных и фондовых материалов, кадастровых и топографических карт, планов местности, данных полевых исследований рассмотрены особенности техногенной трансформации геологической среды территории юго-западной Беларуси в результате селитебного освоения. Установлено, что геологическая среда региона к настоящему времени претерпела значительные изменения в результате строительства городских и сельских населенных пунктов, что проявилось в перестройке рельефа, изменении состава и строения покровных отложений, формировании сложных комплексов техноморфообразований и перемещении на различные расстояния более 88 млн м³ пород. Наиболее трансформированными являются районы, занятые городами и городскими поселками, в пределах которых значение объема техногенно перемещенных грунтов колеблется от 0,2 до 20,6 млн м³. Приведенный к единице площади средний показатель техногенной преобразованности геологической среды юго-западного региона Беларуси в результате селитебного освоения оценивается в 3 078 м³/км².

Ключевые слова: геологическая среда, рельеф, техногенез, техногенный геологический процесс, градостроительство, селитебное освоение

Для цитирования. Кухарик, Е. А. Трансформация геологической среды территории юго-западной Беларуси в результате селитебного освоения / Е. А. Кухарик // Вест. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2024. – Т. 60, № 2. – С. 170–176. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2024-60-2-170-176>

Е. А. Kukharik^{1,2}

¹*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus*
²*Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus*

**TRANSFORMATION OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF THE SOUTHWESTERN BELARUS
AREA AS A RESULT OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT**

Abstract. Using published and fund materials, cadastral and topographic maps, terrain plans and field research data, the technogenic transformation, features of the geological environment, of the south, western Belarus area are considered as a result of residential development. It has been established that the geological environment of the region has undergone significant changes by now because of the construction of urban and rural settlements. This manifested itself in the relief restructuring, changes in the composition and structure of cover deposits, in the formation of technomorphic complexes and in the movement of more than 88 million m³ of rocks over various distances. The areas occupied by cities and urban settlements are the most transformed. Within them the volume of technogenically displaced grounds ranges from 0.2 to 20.6 million m³. The average indicator of the geological environment technogenic transformation per unit area as a result of residential development for the southwestern Belarus is estimated at 3 078 m³/km².

Keywords: geological environment, relief, technogenesis, technogenic geological process, urban planning, residential development

For citation. Kukharik E. A. Transformation of the geological environment of the southwestern Belarus area as a result of residential development. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Science of Belarus. Chemical series*, 2024, vol. 60, no. 2, pp. 170–176 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2024-60-2-170-176>

Введение. Современный этап развития человеческой цивилизации характеризуется устойчивым ростом численности населения [1]. Этот факт обуславливает другое глобальное явление, которое в научной литературе получил название «ускоренная урбанизация», означающее процесс роста городов и городского населения, начавшийся в середине XX в. Так, в 1950 г. в мире насчитывалось менее 1 млрд городских жителей, к 2050 г. ожидается увеличение численности населения городов до 6 млрд человек, а к 2100 г. около 85 % населения планеты будет проживать

в урбанистической среде [2]. С ростом численности населения на планете и расширением границ урбосферы происходят коренные трансформации в геологической среде регионов, вызванные техногенными геологическими процессами, связанными с возникновением, развитием и функционированием природно-техногенных систем населенных пунктов различного ранга. В этой связи юго-западный регион Беларуси представляет несомненный интерес, так как в настоящее время здесь наблюдается рост не только городов, но и сельских населенных пунктов, а вместе с этим увеличивается техногенное воздействие на рельеф земной поверхности и слагающие ее покровные отложения. Выяснению особенностей и масштабов трансформации геологической среды на этой территории посвящена данная статья.

Актуальность исследования подтверждается тем, что в геологии и геоморфологии к настоящему времени обозначился устойчивый интерес к оценке последствий развития техногенных геологических процессов в регионах с целью обеспечения безопасного функционирования природно-техногенных систем. Особое место среди них занимают городские и сельские населенные пункты, выступающие в качестве среды обитания человека. Разработка теоретических и практических вопросов экологической геологии и антропогенной геоморфологии, затрагивающих изучение масштаба и последствий изменения геологической среды в результате развития городов и сельских населенных пунктов, широко освещена в специальной литературе [3–13].

Материалы и методы исследования. Основные параметры городских и сельских населенных пунктов и отдельных зданий, расположенных в их пределах, устанавливались с использованием крупномасштабных схем, кадастровых и топографических карт разных масштабов и годов издания, других опубликованных и фондовых материалов, данных полевых наблюдений. Для оценки степени преобразованности геологической среды в процессе строительства различных по назначению сооружений на освоенных территориях использовался показатель объема перемещенного грунта (для городов и городских поселков он измеряется в млн м³, а для остальной территории – в м³/км² в разрезе сетки масштаба 1 : 50 000 (102 листа топографических карт), равномерно покрывающей всю территорию исследованного региона), что отражается в виде изолиний на специально строящейся схеме.

Значения перечисленных выше показателей определялись путем произведения площади зданий на среднюю величину заглубления их подземных частей в пределах различных населенных пунктов. Так, величина заглубления подземных частей зданий для городов – 2 м, для сельских населенных пунктов – 0,7 м, а для зданий, расположенных вне населенных пунктов – 0,5 м. Рассмотрим подробнее методику проводимых нами расчетов объемов техногенно перемещенных грунтов при селитебном освоении.

В пределах городских территорий количество зданий и их совокупная площадь для каждого отдельного населенного пункта рассчитывалась с использованием крупномасштабных схем, для некоторых крупных зданий их параметры уточнялись с использованием средств онлайн-картографии (Яндекс Карты, Google Maps). Актуальные сведения об общей площади городов получали из Публичной кадастровой карты [14]. Приведем пример расчета объема техногенно перемещенных грунтов для г. Столин (площадь – 12,54 км², подсчитанное количество зданий – 2 638, их общая площадь 551 853 м²) с использованием формулы:

$$V_1 = S_1 \times h, \quad (1)$$

где V_1 – объем техногенно перемещенных грунтов при градостроительстве, м³; S_1 – общая площадь зданий, расположенных в городской черте, м², h – принятая в расчетах величина заглубления подземных частей зданий, м. Получаем:

$$V_1 = 551\,853 \text{ м}^2 \times 2 \text{ м} = 1\,103\,706,0 \text{ м}^3.$$

Для определения показателя техногенной трансформации геологической среды при градостроительстве, приведенного к единице площади (I_1), также использовали формулу:

$$I_1 = V_1 / S_2, \quad (2)$$

где S_2 – площадь города, км². Получаем:

$$I_1 = 1\,103\,706 \text{ м}^3 / 12,54 \text{ км}^2 = 88\,014,8 \text{ м}^3/\text{км}^2.$$

Проведя подобные расчеты для каждого городского населенного пункта и суммировав полученные показатели, нашли совокупный объем техногенно перемещенных грунтов при градостроительстве.

Для сельских населенных пунктов и зданий, находящихся вне пределов какого-либо населенного пункта, расчеты велись по листам топографических карт масштаба 1 : 50 000, в пределах каждого из которых подсчитывались общее количество зданий и их площади. Актуальные сведения об общей площади населенных пунктов получали из Публичной кадастровой карты. Приведем примеры расчетов объема техногенно перемещенных грунтов для листа N-35-137А, площадь которого равна 316,7 км², подсчитанное количество зданий в сельских населенных пунктах – 2 148, вне населенных пунктов – 244, а их общая площадь равна 369 367 м² и 224 096 м² соответственно. Объем техногенно перемещенных грунтов при строительстве в сельских населенных пунктах рассчитывали по формуле:

$$V_2 = S_3 \times h, \quad (3)$$

где V_2 – объем техногенно перемещенных грунтов при селитебном строительстве, м³, S_3 – общая площадь зданий, расположенных в сельских населенных пунктах, входящих в границы листа топографической карты, м², h – принятая в расчетах величина заглубления подземных частей зданий, м. Получаем:

$$V_2 = 369\,367 \text{ м}^2 \times 0,7 \text{ м} = 258\,556,9 \text{ м}^3.$$

Для зданий, расположенных вне населенных пунктов, использовали следующую формулу:

$$V_3 = S_4 \times h, \quad (4)$$

где V_3 – показатель объема техногенно перемещенных грунтов при селитебном строительстве, м³, S_4 – общая площадь зданий, расположенных вне населенных пунктов, входящих в границы листа топографической карты, м², h – принятая в расчетах величина заглубления подземных частей зданий, м. Получаем:

$$V_3 = 224\,096 \text{ м}^2 \times 0,5 \text{ м} = 112\,048,0 \text{ м}^3.$$

Показатель техногенной трансформации геологической среды при селитебном освоении для отдельного листа топографической карты, приведенного к единице площади (I_2), определяли следующим образом:

$$I_2 = (V_2 + V_3) / S_{\text{лнк}}, \quad (5)$$

где $S_{\text{лнк}}$ – площадь листа топографической карты, км². Получаем:

$$I_2 = (258\,556,9 \text{ м}^3 + 112\,048,0 \text{ м}^3) / 316,7 \text{ км}^2 = 1\,170,2 \text{ м}^3/\text{км}^2.$$

Полученные значения объемов техногенно перемещенных грунтов в результате строительства зданий в сельских населенных пунктах и вне их суммировались для каждого из 102 листов топографической карты, заносились в таблицу и на схематическую карту. С использованием этих материалов была построена картосхема распределения показателя объема техногенно перемещенных грунтов в результате селитебного освоения территории юго-западной Беларуси. Картосхематические построения и графическая обработка материалов выполнялись в программных продуктах QGIS 3.22.1 и CorelDRAW 2018.

Результаты и их обсуждение. При рассмотрении особенностей техногенных геологических процессов, формирующих современный облик урбанизированных территорий, необходимо обозначить терминологические основания, которые использованы в настоящей статье. Э. А. Лихачева и Д. А. Тимофеев дали определение термина «городская территория» – это специфическая динамическая и географическая система, которая характеризуется своеобразием географического положения, рельефом, почвами, растительностью, недрами, водами и комплексом экзогенных и эндогенных процессов и в то же время обладает необходимыми для жизни человека условиями, т. е. отвечает потребностям человека (биологическим, трудовым, экономическим, социальным, этническим). В ее пределах формируются новые типы ландшафтов – природно-архитектурные, образуются неприродные геологические отложения (культурный слой) и отходы производства и жизнедеятельности людей – техногенные отложения [15, с. 184]. Безусловно, этот термин в определенной степени применим и для территорий, занятых сельскими населенными пунктами. Согласно идеям этих же авторов формирование городских территорий происходит в процессе градостроительства, который определен как «теория и практика планирования и застройки городов и крупных сельских поселений» [15, с. 45]. Учитывая, что формулировки приведенных выше понятий распространяются преимущественно на территории современных городов, в общих чертах техногенные геологические процессы, формирующие облик современного населен-

ного пункта (городского или сельского), можно считать сходными – они отличаются лишь масштабом площадного проявления и интенсивности. Рассмотрим особенности техногенных геологических процессов, проявляющихся в результате селитебного освоения территорий.

Согласно разработанной классификации [16, 17] техногенные геологические процессы, проявляющиеся в ходе строительства городских и сельских населенных пунктов, отнесены к селитебному типу и подразделяются в зависимости от их направленности на аккумулятивный и денудационный виды. Необходимо отметить, что их проявление часто совпадает во времени, поэтому судить об особенностях развития можно только при изучении морфологически выраженных результатов. Так, в зависимости от геолого-геоморфологических условий участка строительства на разных этапах этого процесса может производиться выравнивание рельефа (денудационная деятельность) и отсыпка грунтов оснований (аккумулятивная деятельность). За относительно короткий промежуток времени, за который возводится здание или сооружение, проследить особенности техногенного воздействия на геологическую среду часто не представляется возможным, поэтому оценка техногенной трансформации может базироваться лишь на изучении результатов строительства после его завершения (конфигурация здания или сооружения, особенности строения грунтов основания, величина заглубления подземной части и др.).

При проявлении техногенных геологических процессов селитебного типа возникают различные по конфигурации и назначению здания и постройки, которые представляют собой сложные инженерно-технические сооружения высотой до нескольких десятков метров и площадью, измеряемой десятками – первыми сотнями квадратных метров. Подобные техноморфы Л. Л. Розановым названы рельефидами [9]. В процессе их строительства коренным образом изменяется рельеф: производится выравнивание земной поверхности и формируются насыпные или намывные основания фундаментов зданий. Для этого используются местные или привозные грунты. Существенные объемы пород перемещаются на различные расстояния также при прокладке коммуникаций, сооружении колодцев, прудов и др.

В качестве своеобразных аккумулятивных техноморфообразований, распространенных в пределах населенных пунктов, могут рассматриваться подвижно-неподвижные рельефоподобные образования, построенные из искусственного материала, – рельефоиды [9]. К ним относятся автомобильные, железнодорожные, речные, воздушные транспортные средства, а также промышленные, сельскохозяйственные, строительные, горнодобывающие машины и механизмы, военные самоходные установки и др. Сочетание различных по параметрам и назначению построек – рельефоидов, а также рельефидов, расположенных в пределах населенных пунктов, формирует интегральную геотехноморфогенную поверхность – сопряженную совокупность первичных (природных) и вторичных (техногенных) форм рельефа. Именно эти группы объектов создают специфический геоморфологический облик урбанизированных территорий [9, 18].

Аккумулятивными процессами селитебного типа также сформированы древние городища и курганы. Культурный слой на их территориях часто погребен под толщей современных техногенных отложений. Археологическими исследованиями в юго-западном регионе Беларуси значительные по мощности толщи культурного слоя обнаружены в г. Бресте (7,0 м), Пинске (4,5 м), Каменце (2,5 м) [19].

Крупные здания и сооружения создают большие статические нагрузки на грунты основания, изменяя условия их залегания и физико-механические свойства. По данным В. Т. Трофимова и Э. В. Калинина [20], статические давления от многоэтажных зданий достигают 0,5 МПа, а от отдельных промышленных сооружений – до 2 МПа, в результате чего грунты основания уплотняются и уменьшается их влажность. От возникающих напряжений в массивах пород происходят деформации, которые могут вызывать разрушение структурных связей, развитие просадочных явлений, создающих риск разрушения зданий.

Сопряженные со строительными работами в пределах урбанизированных территорий техногенные геологические процессы создают также комплексы дорожных насыпей и покрытий, мостов, переездов, тротуаров и других инженерно-технических сооружений. Автомобильные дороги в пределах населенных пунктов чаще всего четырех- и двухполосные с твердым покрытием, что важно для обеспечения скоростного режима дорожного движения. В населенных пунктах, в которых расположены узловые станции (г. Брест, Жабинка, Лунинец), железнодорожные пути образуют сложный комплекс, что обеспечивает движение транспорта в нескольких направлениях. Сооружение насыпей и выемок автомобильных и железных дорог изменяет облик рельефа, со-

здает дополнительные нагрузки на грунты основания. Под воздействием динамических нагрузок движущегося транспорта становится реальным риск разрушения насыпей и дорожных покрытий, возникают условия для развития неблагоприятных геологических процессов (активизация водно-эрозионных и гравитационных процессов).

Расположенные в пределах селитебных территорий гидрологические объекты испытывают значительное техногенное воздействие. Так, многие реки региона в пределах населенных пунктов обладают спрямленными руслами (р. Ясельда, Мухавец, Пина и др.), что предотвращает развитие боковой эрозии и меандрирования, разливов вод во время половодий. В результате гидротехнических мероприятий сооружаются укрепленные набережные, берега подвергаются обвалованию, производится регулировка накопления твердых наносов в русле реки. Озера также подвергаются техногенной трансформации, так как значительно изменяются водосборные пространства, режим питания водоема, процессы осадконакопления. Денудационными техногенными процессами создаются выемки каналов, водохранилищ и прудов для регулирования водного режима территории. В зависимости от характера использования в чашах искусственных водоемов происходит накопление осадков, развиваются типичные для водохранилищ процессы в береговой и центральной зонах.

Перечисленные техногенные процессы селитебного типа проявляются во всех населенных пунктах, особенно интенсивно в пределах городов. На территории юго-западной Беларуси расположено 23 городских населенных пункта различной величины, которые были разделены на три группы в зависимости от показателя объема техногенно перемещенных грунтов при строительстве различных зданий и сооружений: 1-я группа – более 5 млн м³ (г. Брест, Пинск); 2-я группа – от 5 до 1 млн м³ (г. Кобрин, Береза, Лунинец, Пружаны, Дрогичин, Ивацевичи, Иваново, Жабинка, Ганцевичи, Каменец, Малорита, Столин); 3-я группа – менее 1 млн м³ (г. Белоозерск, Высокое, Коссово; р. п. Речица, п. Телеханы, Ружаны, Логишин, Шерешево, Домачево).

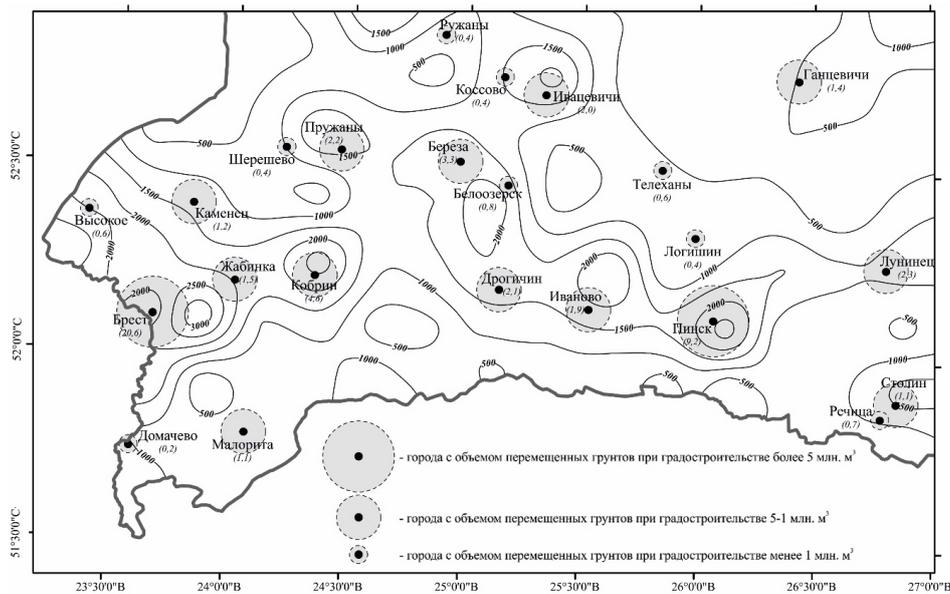
Судить о масштабах проявления техногенных процессов, выражающихся в трансформации земной поверхности урбанизированных территорий, можно по общему объему перемещенных на различные расстояния грунтов во время строительства зданий и сооружений.

С использованием планов городов и средств онлайн-картографии подсчитывались объемы перемещенных грунтов при градостроительстве. Так, для городов 1-й группы объемы перемещенных грунтов составляют около 20,6 (г. Брест) и 9,2 (г. Пинск) млн м³, что значительно превышает значения данного показателя для других населенных пунктов исследуемого региона. В городах 2-й группы эта величина изменяется примерно от 4,6 (г. Кобрин) до 1,1 (г. Малорита, Столин) млн м³. Более равномерное распределение техногенно перемещенных грунтов характерно для городов 3-й группы, в пределах которых рассматриваемый показатель колеблется от 0,8 (г. Белоозерск) до 0,2 (г. п. Домачево) млн м³. Суммарный объем перемещенных пород при сооружении котлованов под здания в городах юго-западной Беларуси составляет около 59 млн м³.

Кроме территорий городов и городских поселков техногенные геологические процессы селитебного типа проявляются в пределах сельских населенных пунктов. С использованием данных кадастровых и топографических карт были подсчитаны объемы перемещенных грунтов при строительстве различных зданий и сооружений, расположенных в сельской местности. Распределение полученных значений показано на рисунке. Всего по территории юго-западной Беларуси в результате строительства в сельской местности было перемещено около 29 млн м³ грунтов.

Как видно из данных рисунка, наибольшие значения показателя техногенно перемещенных при селитебном освоении территорий грунтов приурочены к участкам, примыкающим к крупным городам региона: г. Брест (2 000–3 000 м³/км²), Кобрин, Пинск (2 500 м³/км²). На остальной территории юго-западной Беларуси значения рассматриваемого показателя колеблются преимущественно в пределах 500–1 000 м³/км². Районы с объемом техногенно перемещенных грунтов менее 500 м³/км² тяготеют к слабозаселенным, занятым болотами или осушенными пространствами площадям, расположенным в южной, северо-западной и северо-восточной частях изученного региона.

Согласно нашим расчетам в результате селитебного освоения территории юго-западной Беларуси на различные расстояния было перемещено около 88 млн м³ пород, что составляет 11,3 % от совокупного объема перемещенных грунтов различными видами хозяйственной деятельности человека [21]. В пересчете на единицу площади совокупный показатель техногенной преобразованности земной поверхности региона с учетом вклада городов равен 3 078 м³/км²,



Распределение показателя объема техногенно перемещенных грунтов в результате селитебного освоения территории юго-западной Беларуси ($\text{м}^3/\text{км}^2$)

Distribution scheme of the volume indicator of technogenically displaced grounds as a result of residential development of the territory of southwestern Belarus (m^3/km^2)

а без учета объемов грунтов, перемещенных при градостроительстве, оценивается в $1\ 010\ \text{м}^3/\text{км}^2$. Учитывая современные тенденции развития населенных пунктов в исследуемом регионе и активный рост городов и пригородов, масштабы техногенной дезинтеграции геологической среды, и, следовательно, объемы перемещенных грунтов будут возрастать.

Заклучение. На территории юго-западной Беларуси разнообразно проявляются аккумулятивные и денудационные техногенные геологические процессы селитебного типа, обусловленные деятельностью человека, направленной на строительство городских и сельских населенных пунктов. В результате на территориях, подверженных этим процессам, формируется своеобразный техногенный комплекс рельефа, состоящий из сочетания положительных и отрицательных морфообразований – техноморф, построенных из искусственных грунтов и/или материалов, с естественными формами рельефа, что делает селитебную освоенную территорию совершенно непохожей в геоморфологическом отношении с естественной, необработанной земной поверхностью. Кроме этого происходит коренная трансформация геологической среды и гидрографической сети, сопровождаемая перемещением на различные расстояния огромных объемов грунтов, эксплуатацией подземного пространства для прокладки коммуникаций, тоннелей и др. Установлено, что совокупный объем техногенно перемещенных грунтов в результате селитебного освоения региона составляет более 88 млн м^3 , а приведенный к единице площади показатель техногенной преобразованности геологической среды оценивается в $3\ 078\ \text{м}^3/\text{км}^2$. Учитывая существующие тенденции развития населенных пунктов в пределах исследуемой территории, эти значения будут возрастать.

Список использованных источников

1. Водопьянов, П. А. Стратегия бытия человечества: от апокалиптики к ноосферному веку / П. А. Водопьянов, В. С. Крисаченко. – Минск: Беларуская навука, 2018. – 306 с.
2. Пипия, Л. К. Урбанизация и ее последствия: век мегаполисов / Л. К. Пипия, Н. А. Трофимов // Наука за рубежом. – 2015. – № 41. – С. 1–20.
3. Леггет, Р. Города и геология / Р. Леггет; под ред. Д. А. Минеева. – М.: Мир, 1976. – 560 с.
4. Котлов, В. Ф. Антропогенные геологические процессы и явления на территории города / В. Ф. Котлов; отв. ред. Н. И. Кригер. – М.: Наука, 1977. – 172 с.
5. Геологическое пространство как экологический ресурс и его трансформация под влиянием техногенеза / В. Т. Трофимов [и др.]; под ред. В. Т. Трофимова. – М.: Акад. наука: Геомаркетинг, 2014. – 566 с.
6. Антропогенная геоморфология / А. В. Аникеев [и др.]; отв. ред. Э. А. Лихачева, В. П. Палиенко, И. И. Спасская. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. – 416 с.
7. Геоморфология городских территорий: конструктивные идеи / Н. В. Аникина [и др.]; отв. ред. Э. А. Лихачева, С. И. Болысов. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2017. – 176 с.

8. Каздым, А. А. Техногенные отложения древних и современных урбанизированных территорий: палеоэкологический аспект / А. А. Каздым; отв. ред. С. А. Несмеянов. – М.: Наука, 2006. – 158 с.
9. Розанов, Л. Л. Технолитоморфная трансформация окружающей среды / Л. Л. Розанов; отв. ред. Ю. Г. Симонов. – М.: ИЦ ЭНАС, 2001. – 184 с.
10. Городская среда: геоэкологические аспекты / В. С. Хомич [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2013. – 301 с.
11. Матвеев, А. В. История формирования рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев; под ред. О. Ф. Якушко. – Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 144 с.
12. Česnulevičius, A. The relief changes in Urban territories (for example of Vilnius city) / A. Česnulevičius // *Landscapes – Nature and Man* / ed. by J. Szabó, R. Morkūnaitė. – Debrecen ; Vilnius : University of Debrecen, Lithuanian Institute of Geology and Geography, 2005. – P. 29–40.
13. Urban Geomorphology. Landforms and Processes in Cities / ed. by M. J. Thornbush, C. D. Allen. – Amsterdam: Elsevier, 2018. – 362 p.
14. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://map.nca.by>. – Дата доступа: 25.07.2023.
15. Лихачева, Э. А. Экологическая геоморфология: словарь-справочник / Э. А. Лихачева, Д. А. Тимофеев. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2004. – 240 с.
16. Кухарик, Е. А. Особенности техногенных геологических процессов и создаваемого ими рельефа на территории западной части Белорусского Полесья / Е. А. Кухарик // *Літасфера*. – 2019. – № 1 (50). – С. 160–169.
17. Кухарик, Е. А. Современные геологические процессы на территории юго-западной Беларуси / Е. А. Кухарик. – Минск: Беларуская навука, 2024. – 156 с.
18. Розанов, Л. Л. Теоретико-методологические основы геотехноморфологического исследования природопользования : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 11.00.11; 11.00.04 / Л. Л. Розанов. – М., 1997. – 47 с.
19. Археология Беларуси: у 4 т. Т. 3. Сярэднявеквы перыяд (IX–XIII стст.) / Я. Г. Звяруга [і інш.]; пад рэд. П. Ф. Лысенка. – Мінск: Беларуская навука, 2000. – 554 с.
20. Инженерная геология России : в 3 т. / под общ. ред. В. Т. Трофимова. – М.: КДУ, 2011–2015. – Т. 2: Инженерная геодинамика территории России / В. Т. Трофимов [и др.]; под ред. В. Т. Трофимова, Э. В. Калинина. – М.: КДУ, 2013. – 816 с.
21. Кухарик, Е. А. Интегральная оценка техногенной трансформации геологической среды юго-западного региона Беларуси / Е. А. Кухарик, А. В. Матвеев // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2023. – Т. 67, № 5. – С. 425–432. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-5-425-432>

References

1. Vodop'yanov P. A., Krisachenko V. S. *The Strategy of Human Existence: From the Apocalyptic to the Noospheric Age*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2018. 306 p. (in Russian).
2. Pipiya L. K., Trofimov N. A. Urbanization and its consequences: the age of megacities. *Nauka za rubežom = Global Science Review*, 2015, no. 41, pp. 1–20 (in Russian).
3. Leggett R. *Cities and Geology*. Moscow, Mir Publ., 1976. 560 p. (in Russian).
4. Kotlov V. F. *Anthropogenic geological processes and phenomena in the city*. Moscow, Nauka Publ., 1977. 172 p. (in Russian).
5. Trofimov V. T., Khachinskaya N. D., Tsukanova L. A., Yurov H. H., Korolev V. A., Grigor'eva I. Yu., Khar'kina M. A. *Geological space as an ecological resource and its transformation under the influence of technogenesis*. Moscow, Akademicheskaya nauka Publ. Geomarketing, 2014. 566 p. (in Russian).
6. Likhacheva E. A., Palienco V. P., Spasskaya I. I. (ed.) [et al.] *Antropogenic geomorphology*. Moscow, Media-PRESS Publ., 2013. 416 p. (in Russian).
7. Anikina N. N., Bolysov S. I., Likhacheva E. A. [et al.] *Urban Geomorphology: constructive ideas*. Moscow, Media-PRESS Publ., 2017. 176 p. (in Russian).
8. Kazdym A. A. *Technogenic deposits in ancient and modern Urban areas: paleoecological aspects*. Moscow, Nauka Publ., 2006. 158 p. (in Russian).
9. Rozanov L. L. *Technolithomorphological transformation of the natural environment*. Moscow, NTs ENAS Publ., 2001. 184 p. (in Russian).
10. Khomich V. S. [et al.] *Urban Environment: geoecological aspects*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2013. 301 p. (in Russian).
11. Matveev A. V. *History of Relief Formation in Belorussia*. Minsk, Navuka i tekhnika Publ., 1990. 144 p. (in Russian).
12. Česnulevičius, A. The relief changes in Urban territories (for example of Vilnius city). *Landscapes – Nature and Man*. Debrecen – Vilnius, University of Debrecen, Lithuanian Institute of Geology and Geography, 2005. pp. 29–40.
13. Thornbush M. J., Allen C. D. (ed.) *Urban Geomorphology. Landforms and Processes in Cities*. Amsterdam, Elsevier, 2018. 362 p.
14. Public cadastral map. Available at: <https://map.nca.by> (accessed 25 July 2023) (in Russian).
15. Likhacheva E. A., Timofeev D. A. *Ecological Geomorphology: dictionary*. Moscow, Media-PRESS Publ., 2004. 240 p. (in Russian).
16. Kukharik E. A. Features of the technogenic geological processes and their relief created by them on the territory of the western part of the Belarus Polesia. *Litasfera = Lithosphere*, 2019, no. 1 (50), pp. 160–169 (in Russian).
17. Kukharik E. A. *Modern geological processes on the territory of southwestern Belarus*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2024. 156 p. (in Russian).
18. Rozanov L. L. Teoretiko-metodologicheskie osnovy geotekhnomorfologicheskogo issledovaniya prirodopol'zovaniya. Avtoref. dokt. geogr. nauk [Theoretical and methodological foundations of geotechnomorphological research of nature management. Dr. geogr. sci. thesis]. Moscow, 1997. 47 p. (in Russian).
19. Zvyaruga Ya. G., Karobushkina T. M., Lysenka P. F., Shtukhau G. V. *Archeology of Belarus. Vol. 3. Middle Ages (IX–XIII century)*. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2000. 554 p. (in Belarusian).
20. Trofimov V. T., Kalinin E. V., Vasil'chuk Yu. K. [et al.]. *Engineering geology of Russia. Vol. 2. Engineering geodynamics of the territory of Russia*. Moscow, KDU Publ., 2013. 816 p. (in Russian).
21. Kukharik E. A., Matveyev A. V. Integrated assessment of technogenic transformation of the geological environment in the southwestern region of Belarus. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2023, vol. 67, no. 5, pp. 425–432. (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2023-67-5-425-432>

Информация об авторах

Кухарик Евгений Александрович – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий лабораторией. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Республика Беларусь). E-mail: shzhk@mail.ru

Information about the authors

Kukharik Evgeniy A. – Ph. D. (Geology and Mineralogy), Docent, Head of the Laboratory. Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoryna Str., 220076, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shzhk@mail.ru