

УДК 622:624.13:502/504(476.5)

ОЦЕНКА ПОРАЖЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ ГОРНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ ПО ДОБЫЧЕ ОБЩЕРАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

А.Б. Торбенко, К.С. Мальков, А.Н. Галкин

Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

Витебская область располагает значительными ресурсами общераспространенных полезных ископаемых. Основными среди них являются доломиты, кирпичные, гончарные и керамзитовые глины, строительные пески и песчано-гравийный материал, торф и сапропель. Их добыча зачастую сопряжена с трансформацией компонентов окружающей, и прежде всего геологической, среды.

Эта трансформация выражается как в изменении геологического строения, рельефа, гидрогеологических и геохимических условий территории, так и в активизации различных геодинамических процессов, нередко носящих деструктивный характер.

Цель работы – оценить пораженность территории Витебской области горными выработками открытой добычи общераспространенных полезных ископаемых для оптимизации организации и управления инженерно-хозяйственной деятельностью в регионе.

Материал и методы. *В качестве источника информации для проведения оценки карьерной нагрузки на исследуемой территории использовалась картографическая информация из открытых сетевых источников OpenStreetMap, официальных источников: Государственного кадастра недр Республики Беларусь, базы данных «Торфяники Беларуси», Национального атласа Беларуси, информационных докладов Витебского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды о состоянии минерально-сырьевой базы региона, а также опубликованной справочной, научной и другой литературы.*

Получены данные об отработанных и разрабатываемых карьерах и торфяных полях, включающие в себя названия и расположение ресурсов недр (объектов учета), количество учтенных на балансе и в разработке полезных ископаемых и др. На их основе составлена схематическая карта распространенности горных выработок, насчитывающая 546 единиц. Для ее построения и других картографических моделей применялась геоинформационная система QGIS с привлечением спутниковых данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Результаты и их обсуждение. *Оценена распространенность горных выработок в пределах административных районов Витебской области, выполнены расчеты удельной плотности размещения карьеров и выработанных торфяников на ее территории.*

Совместное использование плотностных и площадных характеристик горных выработок позволило создать картографическую модель существующей карьерной нагрузки в исследуемом регионе. Ее анализ показал, что участки с высокой карьерной нагрузкой характерны для Шумилинского, Браславского, Докшицкого, Бешенковичского, Сенненского, Толочинского и Дубровенского районов. В геолого-геоморфологическом отношении все эти участки тяготеют в основном к крупным торфяным массивам в пределах пологоволнистых моренных и водно-ледниковых равнин и низин поозерского возраста. Участки со средней карьерной нагрузкой установлены лишь в Витебском, Глубокском и Дубровенском районах. Здесь они также приурочены к крупным торфяникам, за малым исключением, где существуют участки с близповерхностным залеганием верхнедевонских доломитов, разрабатываемых ОАО «Доломит».

Низкая карьерная нагрузка отмечается по всей территории Витебского региона. Она характерна для участков распространения малоплощадных торфоразработок, а также мест размещения карьеров по добыче глин и песчано-гравийного материала, отличающихся в большинстве своем относительно небольшими размерами. Причем все эти участки располагаются в пределах различных генетических типов рельефа.

Заключение. *Созданная картографическая модель современной карьерной нагрузки на территории Витебской области свидетельствует о том, что степень данного показателя в ее пределах относительно низкая – участки со средним и высоким уровнями указанной нагрузки занимают менее 3,5% площади всей сеточной модели исследуемого региона, при этом около 30% территории области не подвержено воздействию карьерной разработки полезных ископаемых.*

Ключевые слова: *общераспространенные полезные ископаемые, добыча полезных ископаемых, карьеры, торфяные поля, нарушенные земли, пораженность территории, карьерная нагрузка.*

ASSESSMENT OF THE DAMAGE OF THE TERRITORY OF VITEBSK REGION BY MINING FOR THE EXTRACTION OF COMMON MINERAL RESOURCES

A.B. Torbenko, K.S. Malkov, A.N. Galkin

Education Establishment "Vitebsk State P.M. Masherov University"

Vitebsk Region has significant resources of common minerals. The main ones among them are dolomites, brick, pottery and expanded clay, construction sands and sand-gravel material, peat and sapropel. Their extraction is often accompanied with the transformation of components of the surrounding, and above all geological, environment.

This transformation is manifested both in changes in the geological structure, topography, hydrogeological and geochemical conditions of the territory, and in the activation of various geodynamic processes, often of a destructive nature.

The purpose of the work is to assess the extent to which the territory of Vitebsk Region is affected by open-pit mining of common minerals in order to optimize the organization and management of engineering and economic activities in the region.

Material and methods. *As a source of information for assessing the quarry load in the study area, data from open network sources of cartographic information OpenStreetMap, official sources: the State Cadaster of Subsoil of the Republic of Belarus, the Peatlands of Belarus database, the National Atlas of Belarus, information reports of the Vitebsk Regional Committee of Natural Resources and Environmental Protection on the state of the region's mineral resource base, as well as published reference, scientific and other literature.*

The data were obtained on mined-out and developed quarries and peat fields, including the names and location of subsoil resources (accounting objects), the number of minerals recorded on the balance sheet and in development, etc. Based on them, a schematic map of the prevalence of mining workings was compiled, numbering 546 units. To build it and other cartographic models, the QGIS geographic information system was used using satellite data from remote sensing of the Earth.

Findings and their discussion. *The prevalence of mine workings within the administrative districts of Vitebsk Region was assessed, and calculations were made of the specific density of quarries and mined-out peat bogs on its territory.*

The combined use of density and areal characteristics of mine workings made it possible to create a cartographic model of the existing quarry load in the study region. Its analysis showed that areas with high quarry load are typical for the Shumilinsky, Braslavsky, Dokshitsky, Beshenkovichsky, Sennensky, Tolochinsky and Dubrovensky Districts. In geological and geomorphological terms, all these areas gravitate mainly towards large peat massifs within the gently undulating moraine and water-glacial plains and lowlands of the Poozersky age. Areas with an average quarry load are established only in Vitebsk, Gluboksky and Dubrovensky Districts, where they are also confined to large peat bogs, with a few exceptions, where there are areas with near-surface occurrence of Upper Devonian dolomites, developed by Dolomite enterprise.

Low career pressure is observed throughout Vitebsk Region. It is typical for areas of small-area peat mining, as well as quarries for the extraction of clay and sand and gravel material, which are mostly relatively small in size. Moreover, all these areas are located within different genetic types of relief.

Conclusion. *The created cartographic model of modern quarry load on the territory of Vitebsk Region indicates that the degree of this indicator within its boundaries is relatively low – areas with medium and high levels of this load occupy less than 3,5% of the area of the entire grid model of the region under study, while about 30% of the region's territory is not affected by quarrying.*

Key words: *common minerals, mining, quarries, peat fields, disturbed lands, affected area, quarry load.*

Добыча общераспространенных полезных ископаемых – одна из важнейших сфер деятельности, призванная обеспечить сырьем многие отрасли промышленности, строительство, транспорт и энергетику Республики Беларусь. Осуществляется она в стране исключительно открытым способом. Для этого используются современные технологии, применяется множество видов карьерной и другой горнодобывающей спецтехники. С их помощью извлекаются и подвергаются сортировке десятки и сотни тысяч тонн горной породы, что не может не повлиять на состояние окружающей среды, как минимум – в местном масштабе.

Витебская область располагает значительными ресурсами общераспространенных полезных ископаемых. Основными среди них являются доломит, кирпичные, гончарные и керамзитовые глины, строительные пески и песчано-гравийный материал, торф и сапропель [1; 2]. На базе разведанных крупных месторождений созданы предприятия и производственные мощности по добыче минерального сырья. Их функционирование довольно часто сопряжено с трансформацией компонентов окружающей, и прежде всего геологической, среды. Эта трансформация выражается как в изменении геологического строения территории, характера слагающих ее пород, рельефа, гидрогеологических и геохимических условий района добычи, так и в активизации природных и техногенных геодинамических

процессов и явлений, нередко носящих деструктивный характер. Загрязняется атмосферный воздух, деградируется почвенно-растительный покров, водоотливы из карьеров создают общее снижение уровней взаимосвязанных водоносных горизонтов, образующих депрессионные воронки с радиусами, исчисляемыми километрами. В результате иссякают источники, колодцы, скважины, пересыхают малые реки и водоемы [3; 4]. В бортах карьеров интенсивно развиваются процессы выветривания, плоскостной смыв, линейная эрозия, оползни, обвалы, осыпи, суффозия и пывуны. На прилегающих к карьерам территориях происходит подтопление, возникают процессы заболачивания (рис. 1).

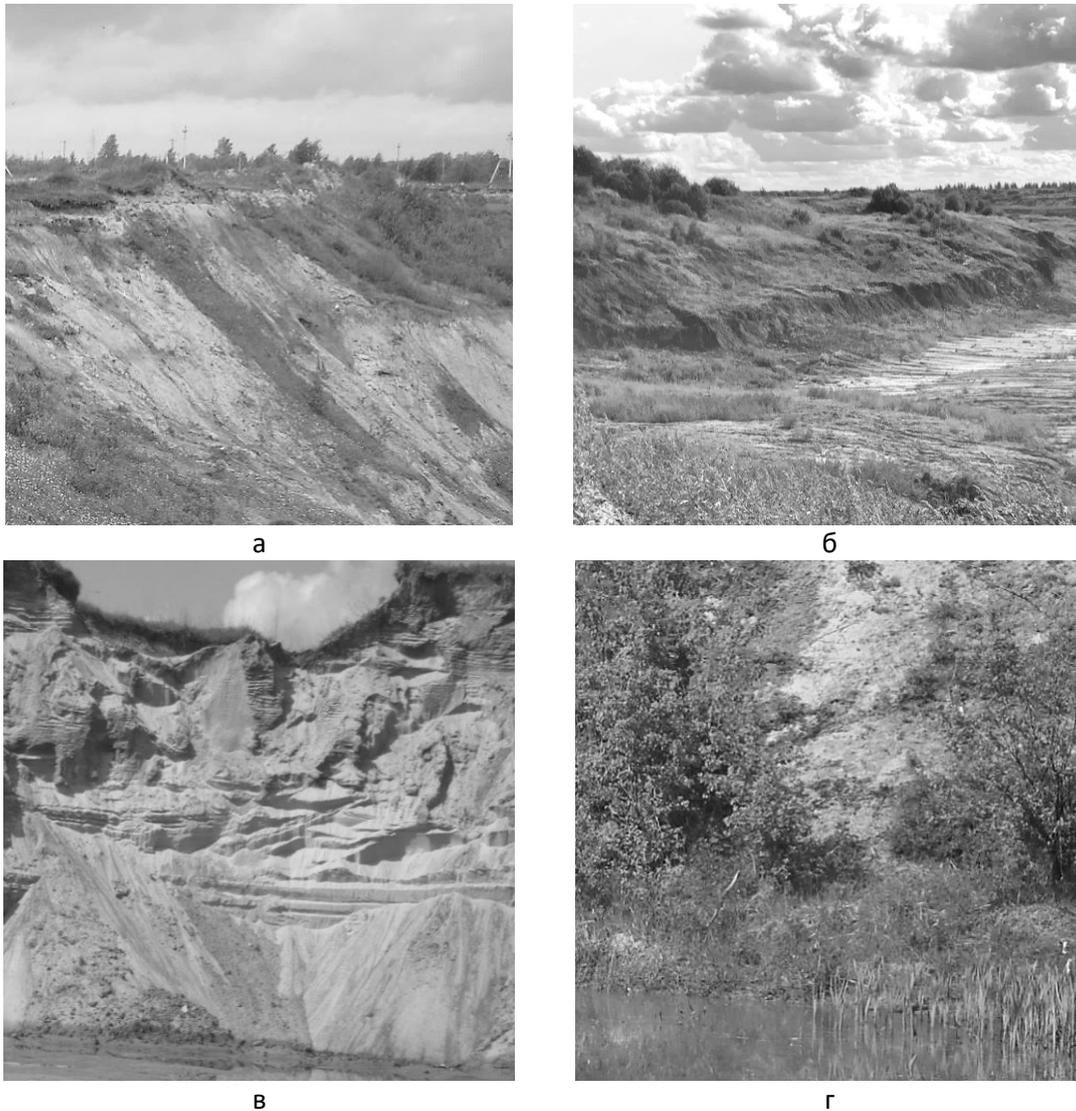


Рис. 1. Современные геодинамические процессы и явления в карьерах по добыче общераспространенных полезных ископаемых на территории Витебской области: а) плоскостной смыв и струйчатая эрозия на склонах южного борта карьера «Гралево» по добыче доломита; б) оползневой участок в восточной части карьера «Лукомль-1» по добыче глин; в) осыпи и г) процесс заболачивания в нижней части склона в карьере «Лесковичи» по добыче строительного песка (фото А.Н. Галкина, А.Б. Торбенко)

Образование отвалов различных форм, размеров и состава преобразует поверхность и формирует элементы техногенного рельефа [5]. Земли, нарушенные карьерами и сопутствующими отвалами, становятся часто непригодными для дальнейшего использования в качестве строительных площадок. Нарушенные грунтовые массивы, перемещенный грунт, отвалы представляют собой измененные грунты с новыми физическими, физико-химическими и физико-механическими свойствами. Это приводит к накоплению техногенных грунтов с новыми в инженерно-геологическом отношении неблагоприятными свойствами и загрязнению горизонтов подземных вод. В выработанных пространствах карьеров и отвалов нередко образуются несанкционированные свалки [6].

В свете вышесказанного изучение распространенности карьеров и других горных выработок на территории Витебщины и их влияния на компоненты окружающей среды является необходимой и важной задачей.

Соответственно целью наших исследований послужили рассмотрение особенностей распространения отработанных и эксплуатируемых горных выработок по добыче общераспространенных полезных ископаемых на территории Витебской области и оценка ее пораженности для оптимизации организации и управления инженерно-хозяйственной деятельностью в регионе.

Материал и методы. В качестве источника информации для проведения оценки карьерной нагрузки на территорию Витебской области использовалась картографическая информация из открытых сетевых источников OpenStreetMap, официальных источников: Государственного кадастра недр Республики Беларусь, базы данных «Торфяники Беларуси», Национального атласа Беларуси, информационных докладов Витебского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды о состоянии минерально-сырьевой базы региона, а также опубликованной справочной, научной и другой литературы [1; 2].

Были получены данные об отработанных и разрабатываемых карьерах и торфяных полях, состоящих из технологических карт с системами дренажных канав, включающие в себя названия и расположение ресурсов недр (объектов учета), количество учтенных на балансе и в разработке полезных ископаемых и др. На их основе была составлена схематическая карта распространенности горных выработок на территории Витебской области, насчитывающая 546 единиц (рис. 2).

Для построения этой картосхемы и других картографических моделей применялась геоинформационная система QGIS с привлечением спутниковых данных дистанционного зондирования Земли (рис. 3).

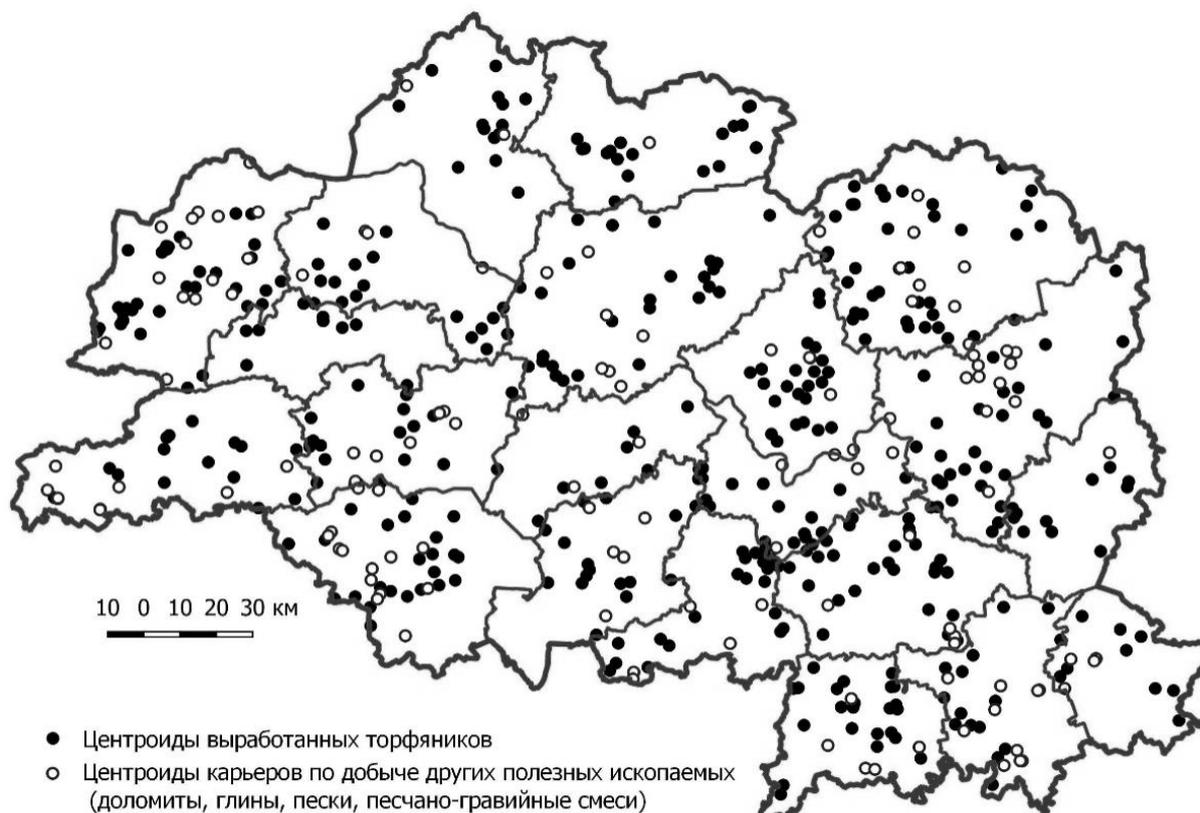


Рис. 2. Схематическая карта Витебской области с расположением горных выработок по добыче полезных ископаемых

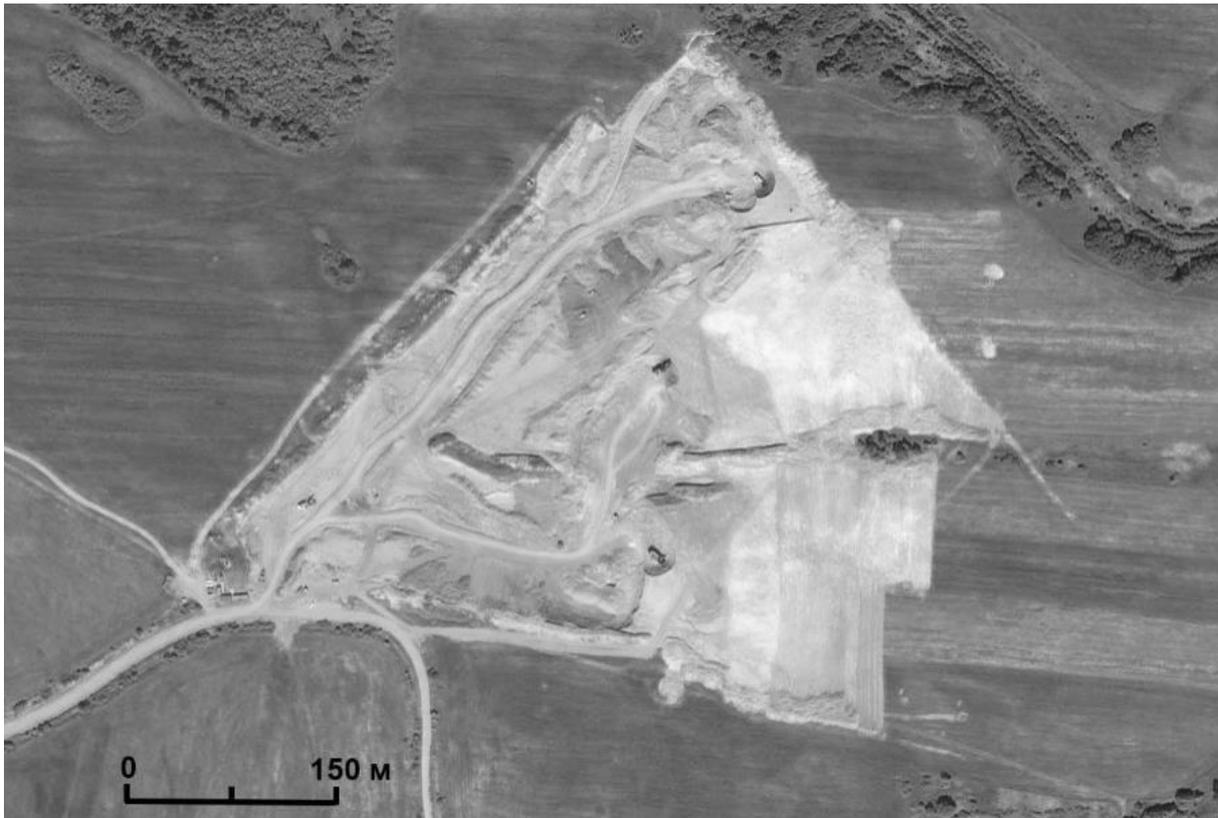


Рис. 3. Космический снимок карьера «Журжево-II» по добыче кирпичных глин в окрестностях г. Витебска (<https://yandex.by/maps/>)

Обработку данных для выделения районов с различной карьерной нагрузкой выполняли с помощью статистических методов. Расчет распространенности горных выработок и удельной плотности их размещения производили по соответствующим формулам: $D = N/S$, $d = N/s$, где D – коэффициент распространенности в пределах административных единиц (ед./км²); d – удельная плотность размещения карьеров на условной территории (ед./км²); S – площадь территории (км²); s – площадь территории, равная 100 км²; N – количество карьеров (ед.). Следует отметить, что если коэффициент распространенности определялся нами для административных районов, то для расчета удельной плотности размещения горных выработок в Витебском регионе вся его площадь с прилегающими территориями была разбита на 479 квадратов (площадь каждого из них 100 км²). Впоследствии в каждом квадрате или ячейке производился подсчет выработок и рассчитывалась их удельная плотность, по которой в дальнейшем устанавливалась степень карьерной нагрузки как в пределах административных районов, так и всего региона в целом.

Результаты и их обсуждение. Полученные результаты исследований показали следующее. Наибольшими коэффициентами распространенности горных выработок характеризуются Браславский и Толочинский районы Витебской области. Здесь значения этого показателя составляют 0,021 и 0,019 ед./км² соответственно (рис. 4). У шести районов из двадцати одного значения данного коэффициента составляют 0,018–0,016 ед./км², у стольких же районов они не превышают 0,010 ед./км². Для остальных семи районов эти значения колеблются от 0,015 (Витебский и Глубокский районы) до 0,011 (Полоцкий и Поставский районы) ед./км². В то же время для Витебской области в целом данный коэффициент составляет 0,014 ед./км².

Интересная картина вырисовывается при анализе распространенности горных выработок, основанном на расчете удельной плотности их размещения на территории исследуемого региона (рис. 5). Согласно созданной сеточной модели наибольшее их количество, приходящееся на единичный квадрат или ячейку, равно 9, наименьшее – 0. Соответственно максимальная удельная плотность размещения горных выработок в регионе составляет 9 ед./100 км², а минимальная – 0. Всего на сеточной модели выделяется одна ячейка с удельной плотностью горных выработок 9 ед./100 км², четыре – с 8, четыре – с 7, шесть – с 6, двадцать – с 5, двадцать восемь – с плотностью 4 ед./100 км² (рис. 5). В 198 ячейках выработки отсутствуют, в остальных 218 их удельная плотность составляет 1–3 ед./100 км².

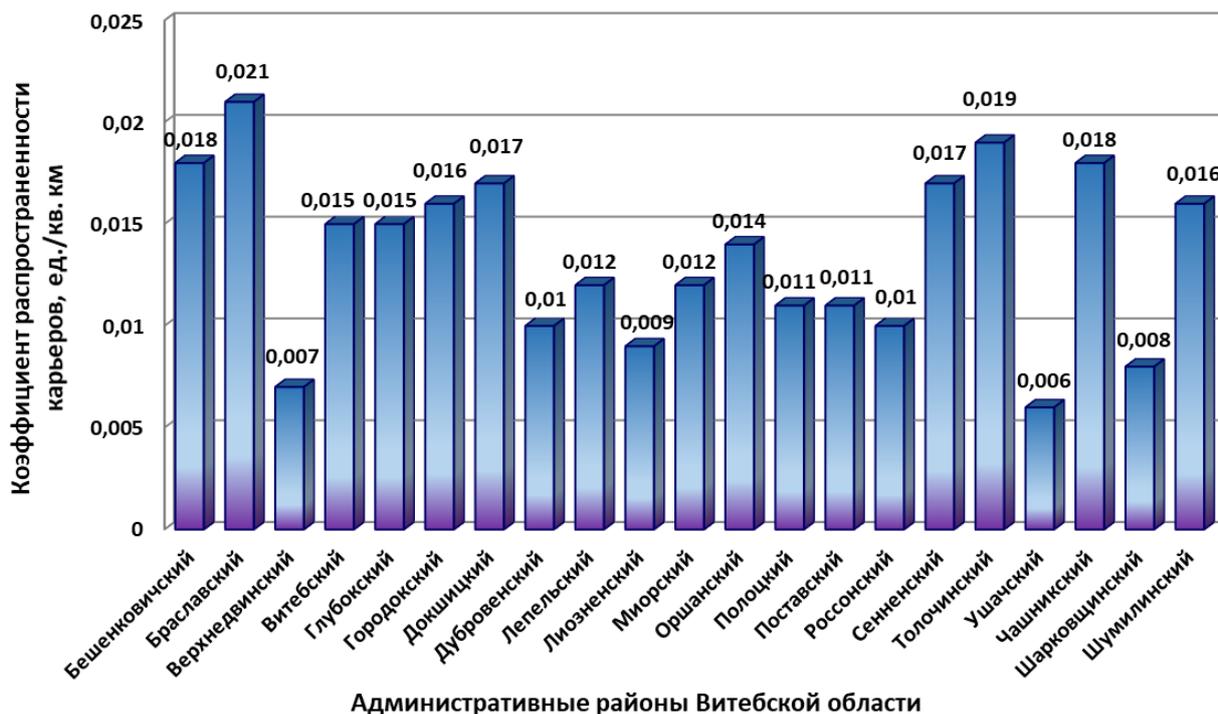


Рис. 4. Распределение коэффициента распространности горных выработок по административным районам Витебской области

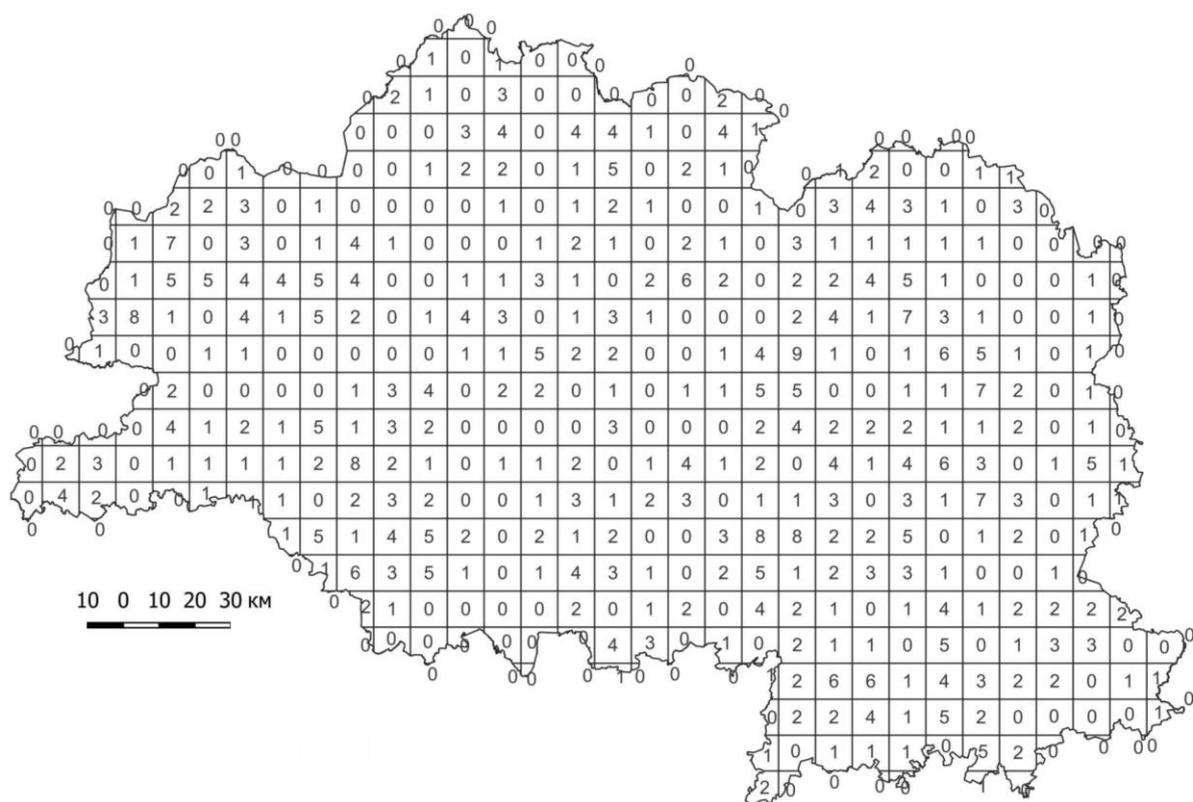


Рис. 5. Сеточная модель распределения удельной плотности горных выработок (ед./100 км²) на территории Витебской области

Установленные значения плотностных характеристик распространенности рассматриваемых горных выработок позволили классифицировать и визуализировать карьерную нагрузку по степени или уровню ее возрастания на различных территориях. В результате анализа полученной информации нами была предложена следующая градация уровней: при удельной плотности выработок 1–3 ед./100 км² – нагрузка низкая; 4–6 – средняя; более 7 ед./100 км² – нагрузка высокая.

Следует отметить, что некоторые карьеры и торфяные выработки отличаются весьма малой площадью (менее 1 км²), другие же могут охватывать значительные территории, иногда в десятки квадратных километров. Так, например, у выработанных песчаных карьеров около д. Берково и вблизи д. Островно в Бешенковичском районе площадь не превышает 0,0006 км², у разрабатываемого карьера в северной части месторождения песчано-гравийной смеси Винцантовское Поставского района она чуть менее 0,2 км², в то время как у выработанных торфяников месторождений Осиновское в Дубровенском районе, Журавлевское в Докшицком и Усвиж Бук в Толочинском районе площадь составляет 44,13; 32,45 и 17,9 км² соответственно.

Поэтому, оценивая карьерную нагрузку на какую-либо территорию, целесообразно учитывать наряду с удельной плотностью горных выработок и занимаемую ими площадь. В частности, если суммарная площадь горных выработок в единичном квадрате в 100 км² составляет менее 10% его площади (<10 км²), то нагрузка будет низкая; 10–20% – средняя; более 20% (>20 км²) – высокая. Такая градация принята нами с некоторой корректировкой по аналогии с площадной пораженностью территорий плоскостной и овражной эрозией (согласно СНБ 2.03.01-98 [7]), морфологически схожими с техногенной денудацией земной поверхности.

Совместное использование плотностных и площадных характеристик горных выработок (их произведение) позволило создать более объективную картографическую модель существующей карьерной нагрузки на территории Витебской области (рис. 6).

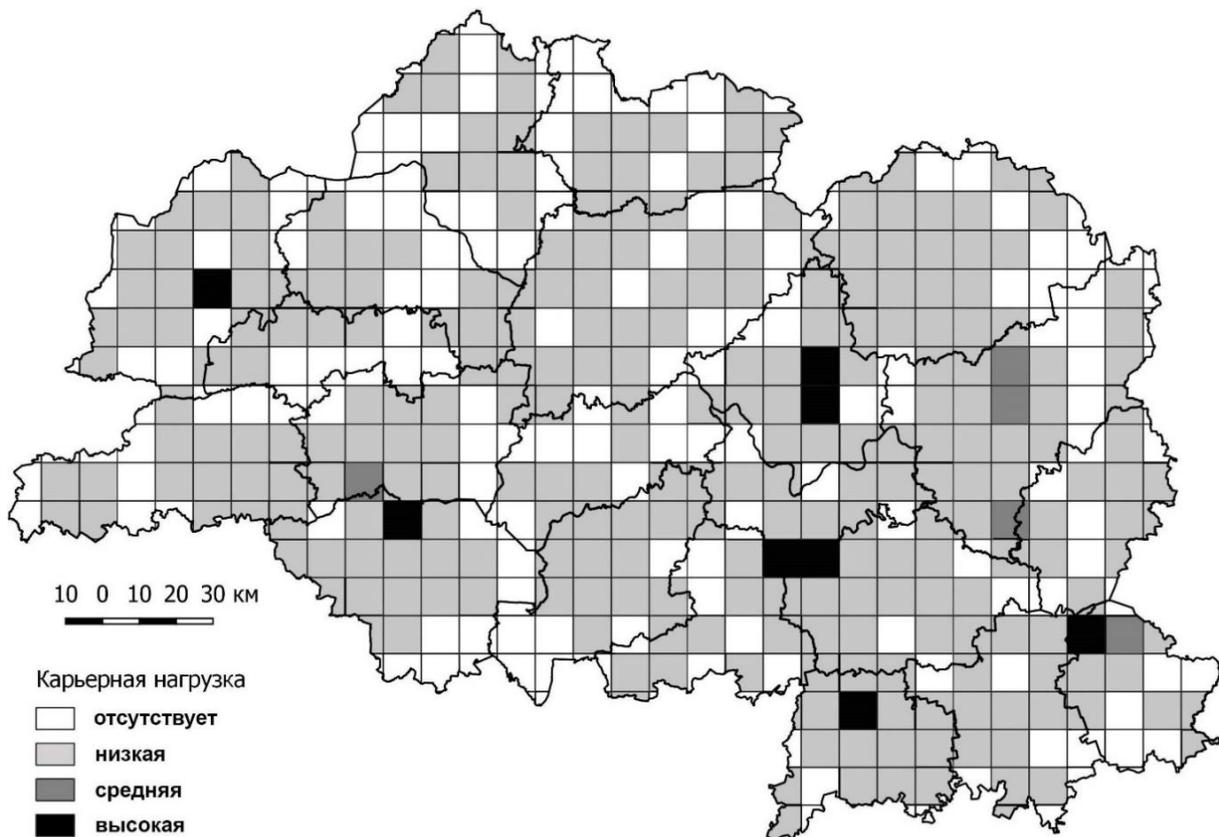


Рис. 6. Карьерная нагрузка на территории Витебской области

Ее анализ свидетельствует о том, что участки с высокой карьерной нагрузкой располагаются в пределах Шумилинского, Браславского, Докшицкого, Бешенковичского, Сенненского, Толочинского и Дубровенского районов. В геолого-геоморфологическом плане все они тяготеют преимущественно к торфяным массивам в пределах пологоволнистых моренных и водно-ледниковых равнин и низин поозерского возраста [2]. Здесь нарушенные земли представлены выработанными торфяниками с небольшим количеством карьеров по добыче песков и песчано-гравийных смесей.

Участки со средней карьерной нагрузкой установлены лишь в Витебском, Глубокском и Дубровенском районах. В геолого-геоморфологическом отношении они также приурочены к крупным торфяникам в пределах моренных и водно-ледниковых равнин и низин поозерского возраста, за малым исключением, где существуют участки с близповерхностным залеганием верхнедевонских доломитов, разрабатываемых ОАО «Доломит».

Низкая карьерная нагрузка отмечается по всей территории Витебского региона. Она характерна для участков распространения малоплощадных торфоразработок, а также мест размещения карьеров по добыче песка, песчано-гравийного материала и глинистого сырья, отличающихся в основном относительно небольшими размерами. Причем все эти участки располагаются в пределах различных генетических типов рельефа [2].

Заключение. Таким образом, созданная нами картографическая модель современной карьерной нагрузки на территории Витебской области свидетельствует о том, что степень данного показателя в ее пределах относительно низкая – участки со средним и высоким уровнями указанной нагрузки занимают менее 3,5% площади всей сеточной модели исследуемого региона, при этом около 30% территории области не подвержено воздействию карьерной разработки полезных ископаемых.

Исследования выполнены в рамках реализации задания «Разработка геолого-информационной модели кайнозойских отложений территории Витебской области как основы рационального и экологобезопасного недропользования» Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полезные ископаемые Беларуси: к 75-летию БелНИГРИ / под ред. П.З. Хомич [и др.]. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.
2. Физическая география Витебской области: учеб. пособие / под ред. А.Н. Галкина. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2021. – 235 с. – URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/30798>.
3. Галкин, А.Н. Особенности проявления инженерно-геологических процессов на территории Беларуси / А.Н. Галкин // Литасфера. – 2006. – № 1(24). – С. 95–100.
4. Оценка условий формирования повышенных водопритоков в карьер «Гралево» в зоне влияния водохранилища Витебской ГЭС / В.И. Пашкевич, Ю.П. Анцух, Н.М. Томина, М.М. Черепанский // Природопользование. – 2019. – № 2. – С. 274–278.
5. Наумова, К.О. Оценка пораженности территории Московской области карьерами открытой добычи строительных материалов / К.О. Наумова, Е.В. Станис // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2020. – Т. 28, № 4. – С. 349–360. – URL: <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-4-349-360>.
6. Козловский, А.А. Использование выработанного пространства карьера в качестве полигона для складирования промышленных отходов / А.А. Козловский, Н.Н. Хоменко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 9. – С. 285–288.
7. СНБ 2.03.01-98. Геофизика опасных природных воздействий. – Минск: М-во архит. и строит. Респ. Беларусь, 1998. – 7 с.

REFERENCES

1. Khomich P.Z. *Poleznye iskopayemye Belarusi: k 75-letiyu BelNIGRI* [Mineral resources of Belarus: to the 75th anniversary of BelSRGPI]. Minsk: Adukatsiya i vykhavanne, 2002, 528 p.
2. Galkin A.N. *Fizicheskaya geografiya Vitebskoy oblasti: ucheb. posobiye* [Physical geography of Vitebsk Region: textbook]. Vitebsk: VGU imeni P.M. Masherova, 2021, 235 p. – URL: <https://rep.vsu.by/handle/123456789/30798>.
3. Galkin A.N. *Litasfera* [Lithosphere], 2006, 1(24), pp. 95–100.
4. Pashkevich V.I., Antsukh Yu.P., Tomina N.M., Cherepansky M.M. *Prirodopolzovaniye* [Nature management], 2019, 2, pp. 274–278.
5. Naumova K.O., Stanis Ye.V. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Ser.: Ekologiya i bezopasnost zhiznedeyatelnosti* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Ecology and life safety], 2020, 28(4), pp. 349–360. – URL: <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-4-349-360>.
6. Kozlovsky A.A., Khomenko N.N. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy bulletin* [Mining information and analytical bulletin], 2010, 9, pp. 285–288.
7. *SNB 2.03.01-98. Geofizika opasnykh prirodnykh vozdeystviy* [SNB 2.03.01-98. Geophysics of hazardous natural impacts]. Minsk: Min-vo arkhitECTury i stroit. Resp. Belarus, 1998, 7 p.

Поступила в редакцию 26.04.2024

Адрес для корреспонденции: e-mail: galkin-alexandr@yandex.ru – Галкин А.Н.