

УДК 551.1/4(476.6)

**Анна Николаевна Маевская¹, Максим Альбертович Богдасаров²,
Николай Николаевич Шешко³, Татьяна Анатольевна Шелест⁴**

¹магистр геогр. наук, исследователь, преподаватель каф. городского и регионального развития
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

²д-р геол.-минерал. наук, проф., член-кор. Национальной академии наук Беларуси,
проф. каф. городского и регионального развития
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

³канд. техн. наук, доц., нач. науч.-исслед. части, доц. каф. природообустройства
Брестского государственного технического университета

⁴канд. геогр. наук, доц., нач. науч.-исслед. сектора,
доц. каф. городского и регионального развития

Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

Anna Mayevskaya¹, Maksim Bahdasarau², Nikolay Sheshko³, Tatiana Shelest⁴

¹Master of Geographical Sciences, Researcher,
Lecturer of the Department of Urban and Regional Development
of Brest State A. S. Pushkin University

²Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus,
Professor of the Department of Urban and Regional Development
of Brest State A. S. Pushkin University

³Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Research Department,
Associate Professor of the Department of Environmental Management
of Brest State Technical University

⁴Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Head of Research Sector,
Associate Professor of the Department of Urban and Regional Development
of Brest State A. S. Pushkin University

e-mail: ¹maevskaya.anna@inbox.ru; ²bogdasarov73@mail.ru; ³optimum@tut.by; ⁴tashelest@mail.ru

СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ГИС-КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ*

Представлен опыт создания набора структурно-геологических картосхем кайнозойских отложений территории Гродненской области Республики Беларусь. Процесс построения картосхем состоял из нескольких последовательных этапов, реализованных в программной среде ArcGIS. По итогам картографирования, которое было выполнено с использованием наиболее полных материалов геологического бурения, детализированы особенности залегания горизонтов кайнозойской толщи на территории региона. Сформированный цифровой картографический материал характеризуется высокоточной пространственной привязкой. Его можно быстро и своевременно корректировать с учетом новых литературных данных, материалов инженерно-геологических и гидрологических изысканий.

Ключевые слова: Гродненская область, кайнозойские отложения, база данных, ГИС-технологии, структурно-геологические карты.

Structural-Geological GIS-Mapping of the Cenozoic Sediments of the Territory of the Grodno region of the Republic of Belarus

The paper presents the experience of creating a set of structural-geological cartograms of Cenozoic sediments of the Grodno region of the Republic of Belarus. The process of mapping consisted of several consecutive stages realized in ArcGIS software environment. According to the results of mapping, which was performed using the most complete materials of geological drilling, the features of Cenozoic strata horizons occurrence on the territory of the region were detailed. The formed digital cartographic material is characterized by high-precision spatial reference. It can be quickly and timely corrected taking into account new literature data, materials of engineering-geological and hydrological surveys.

Key words: Grodno region, Cenozoic sediments, database, GIS-technologies, structural-geological maps.

*Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках выполнения задания «Разработка геолого-информационной модели кайнозойских отложений территории Брестской и Гродненской областей как основы для прогнозирования новых наиболее доступных месторождений минерального сырья» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг.

Введение

По тектоническому районированию территории Беларуси [1] Гродненская обл. большей своей частью приурочена к крупной положительной тектонической структуре – Белорусской антеклизе, протягивающейся за границы региона в центральные районы страны и на сопредельную территорию Польши. Лишь юго-западный участок Гродненской обл. выходит за границы антеклизы, занимая пространство прилегающей отрицательной структуры – Подляско-Брестской впадины, отделенной от антеклизы Свислочьским разломом. Глубина залегания кристаллического фундамента на большей части территории региона высокая, местами достигает до +0,1 км [2].

В структуре платформенного чехла Гродненской области весьма широко представлены кайнозойские отложения. Именно с кайнозойским периодом связано формирование современного рельефа, гидрографической сети этой территории, а также накопление мощных и разнообразных в литологическом отношении отложений, которые играют важную роль в регионе ввиду нескольких особенностей. Во-первых, кайнозойские отложения служат источником различных полезных ископаемых, прежде всего общераспространенных полезных ископаемых [3], во-вторых, выступают тем субстратом, на котором осуществляется хозяйственная деятельность в области. Указанные особенности свидетельствуют об актуальности работ по детализации строения и структуры кайнозойских отложений на территории региона.

Цель настоящего исследования заключалась в детализации строения кайнозойских отложений на территории Гродненской области путем создания с применением ГИС-технологий комплекта цифровых погоризонтных структурно-геологических картосхем на основе интерпретации данных о геологическом строении данной территории. Созданные цифровые картосхемы и привязанные к ним цифровые базы данных геологической информации послужат основой для решения разноплановых задач, стоящих перед геологической отраслью в Республике Беларусь в целом и в Гродненской обл. в частности.

Материалы и методика исследования

Информационной базой исследования послужили материалы буровой изученности территории Гродненской обл., предоставленные Институтом природопользования Национальной академии наук Беларуси и Научно-производственным центром по геологии Минприроды Республики Беларусь. Специфика используемых материалов заключается в следующем:

- 1) большой объем сведений (представлена информация более чем о 20 характеристиках по более чем 2 000 скважин);
- 2) разноплановый формат данных (информация представлена в числовом, знаковом и беззнаковом видах, в текстовом и иных видах);
- 3) геопространственный контекст (по каждой скважине указана пространственная позиция – широта/долгота);
- 4) неравномерность сети данных бурения, что видно на рисунке 1.

Наряду с описанной базой данных авторами использовались накопленные предшественниками обширные материалы о геологическом строении области, которые применялись для оценки корректности выполняемых в ходе моделирования построений.

Процедура построения каждой структурно-геологической картосхемы, которая была реализована в среде ArcGIS, базировалась на методике, включающей несколько этапов, описание которых приводится ниже. В ее основу был положен алгоритм обработки данных геологического бурения, разработанный авторами ранее и успешно апробированный на буровых данных территории Брестской обл. [4].

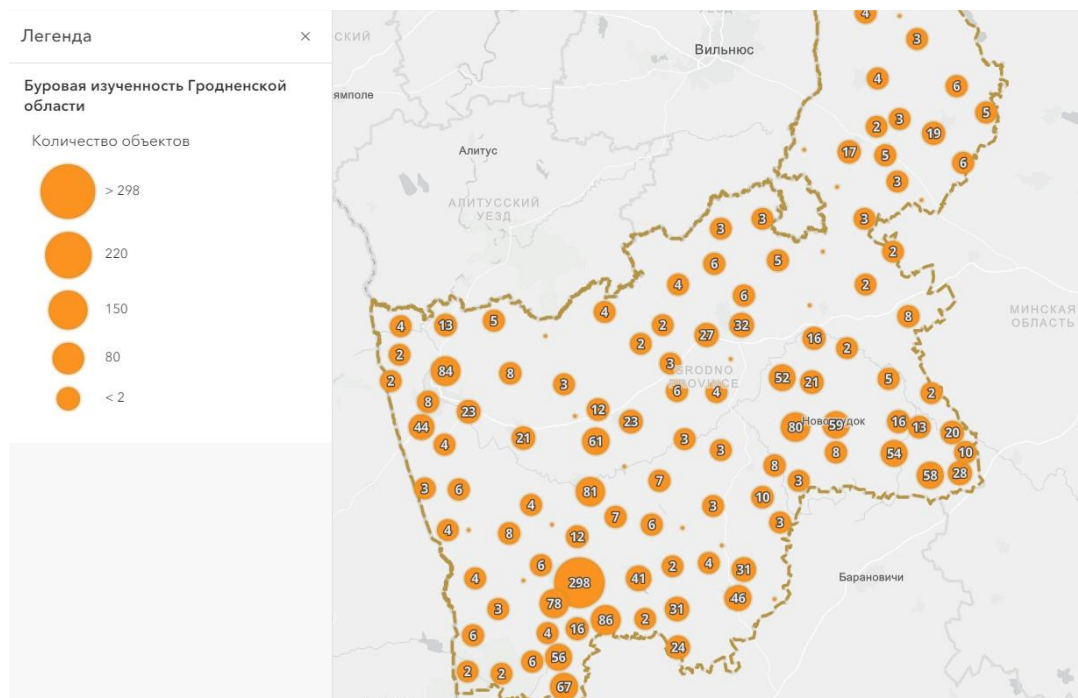


Рисунок 1 – Концентрация буровых скважин на территории Гродненской обл.

Этап 1. Подготовка данных экспортированию в ГИС-оболочку, включавшая такие шаги, как:

1) создание сводной таблицы MS Access на основе нескольких связанных между собой таблиц;

2) форматирование данных в MS Excel: удаление дубликатов столбцов, корректировку стратиграфических названий и индексов в соответствии с актуальной стратиграфической схемой, добавление столбцов «Кровля слоя» и «Подошва слоя», расчеты абсолютных отметок залегания подошвы и кровли;

3) экспорт данных в ГИС-оболочку на основе встроенной функции ArcGIS «Добавить XY данные».

Этап 2. Проверка корректности первичных данных включала такие шаги, как:

1) поиск «выбросов» в данных на основе применения инструмента кригинг (kriging);

2) удаление скважин, включающих ошибочные показатели.

Этап 3. Построение моделей подошвы и кровли пластов. Направлено на создание первичных моделей подошвы и кровли, которые стали основой для установления неточностей, возникающих в процессе моделирования поверхностей раздела стратиграфических слоев. Для построения моделей был использован инструмент Topo to Raster, позволяющий создавать наиболее точные модели строения подземного рельефа.

Этап 4. Верификация моделей, которая включала следующие шаги:

1) переклассификация растровых поверхностей по значениям ячеек подошва, кровля (например, подошва четвертичной системы и кровля неогеновой системы);

2) вычитание переклассифицированных растров, по итогам которого формировались два типа поверхностей: а) поверхности, где ошибки в построении отсутствовали, не требующие дальнейшей обработки; б) поверхности, имеющие ошибки в построении и требующие проведения процедуры уравнивания.

Этап 5. Уравнивание поверхностей. Реализовывалось только применительно к моделям раздела стратиграфических слоев, которые имели ошибки в построении.

Этап 6. Построение растров распределения мощностей отложений. Выполнялось на основе сформированных и обработанных растров подошвы и кровли отложений. Создание таких растров производилось путем вычитания раstra подошвы из раstra кровли. Дополнительно выполнялись расчеты мощности вскрыши, которая дает представление о величине толщи пород над верхней поверхностью горизонта.

Этап 7. Построение изогипс. Выполнялось в автоматическом режиме с применением встроенного инструмента ArcGIS «Изолинии» на основе созданных и обработанных растровых моделей подошвы, кровли, мощности отложений, мощности вскрышных пород.

Этап 8. Компонировка и оформление итоговых карт. Процедура компоновки каждой картосхемы включала размещение всех ее элементов, формирование общего вида картосхемы, с учетом основных рекомендаций по картасоставлению. Также на данном этапе выполнялась разработка дизайнерских приемов оформления и символизации картосхем, способов отображения картографического изображения. Подбирались интервалы классов, цвета, типы линий и другие графические элементы. Принимая во внимание тот факт, что разработанные материалы планировалось использовать в цифровом виде, окончательно оформленные скомпонованные карты экспортировались в виде растровых изображений в формате tif с разрешением 300 dpi.

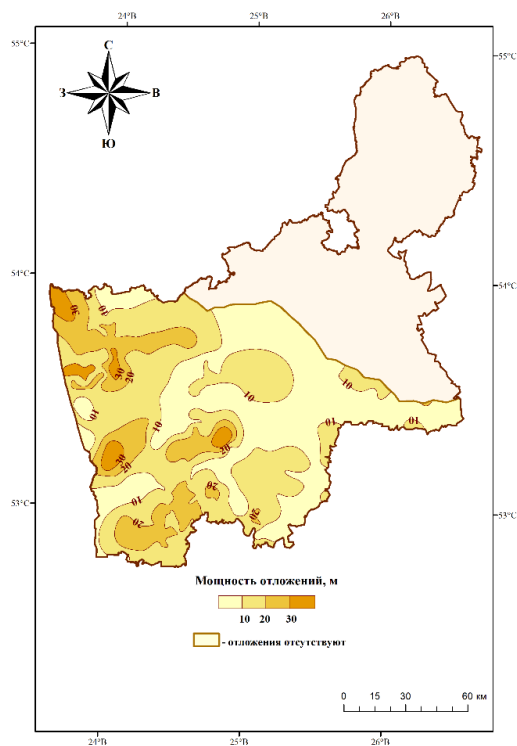
Результаты и обсуждение

В результате работы, проведенной по описанной выше методике, созданы цифровые модели погоризонтных структурно-геологических картосхем (схемы залегания подошвы, кровли, мощности отложений, мощности вскрышных пород) для палеогеновых, неогеновых и четвертичных отложений Гродненской обл.

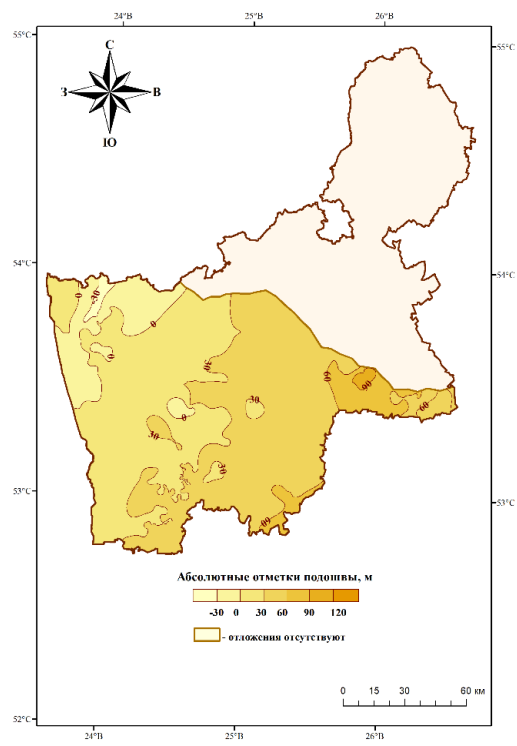
Анализ полученных картографических материалов позволил детализировать особенности геологического строения кайнозойских отложений исследуемого региона.

Палеогеновые отложения сконцентрированы в южной половине территории Гродненской обл. (рисунок 2) и вскрыты здесь в 930 скважинах. Перекрывается толща палеогеновых пород неогеновыми (на отдельных участках) и четвертичными отложениями. В литологическом отношении палеогеновая толща сложена отложениями киевского горизонта (P2kv) эоцена, харьковского горизонта (P2-3hr) верхнего эоцена – нижнего олигоцена. Анализ гипсометрии подошвы описываемых образований (рисунок 2а) показывает, что наиболее высокое положение они занимают в юго-западных и западных частях региона (80–90 м), наименьшее – в восточных (до –20–30 м). Глубина их залегания в среднем составляет 152 м. Представление о мощности палеогеновых отложений дает рисунок 2б. Средняя мощность толщи описываемых отложений составляет 15–20 м. Максимальные показатели (30 м и более) отмечаются на ограниченных участках в западной части региона. Мощность вскрышных пород изменяется от 50–60 м на севере области до 150 м и более в ее южных и восточных частях.

Неогеновые отложения в границах Гродненской обл. занимают незначительные площади (рисунок 3). Они вскрыты здесь в 710 скважинах и в виде отдельных пятен отмечаются в южных, юго-восточных и западных частях региона. Залегая на палеогеновых породах, они непосредственно подстилают четвертичную толщу. В литологическом отношении неогеновая толща Гродненской области сложена аккумуляциями бриневского (P3–N1br) и антопольского (N1an) надгоризонтов миоцена, а также колочинского надгоризонта (N2kl) плиоцена. Абсолютные отметки подошвы описываемых образований в среднем составляют около 50 м (рисунок 3а). Глубина залегания отложений варьирует от 70–80 до 170–180 м. Средняя мощность отложений колеблется в интервале 40–45 м, при этом максимальные показатели (55,8 м) характерны для южных частей области (рисунок 3б). Мощность вскрышных пород в среднем составляет 160 м.

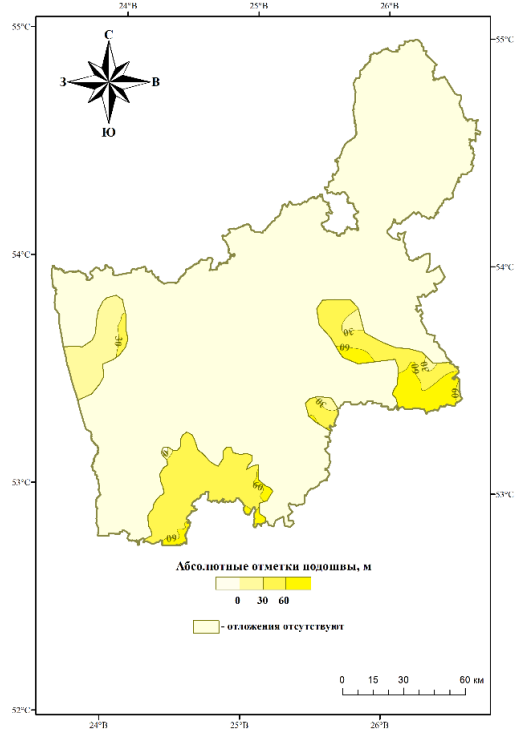


а) картосхема изогипс палеогеновых отложений на территории Гродненской обл.

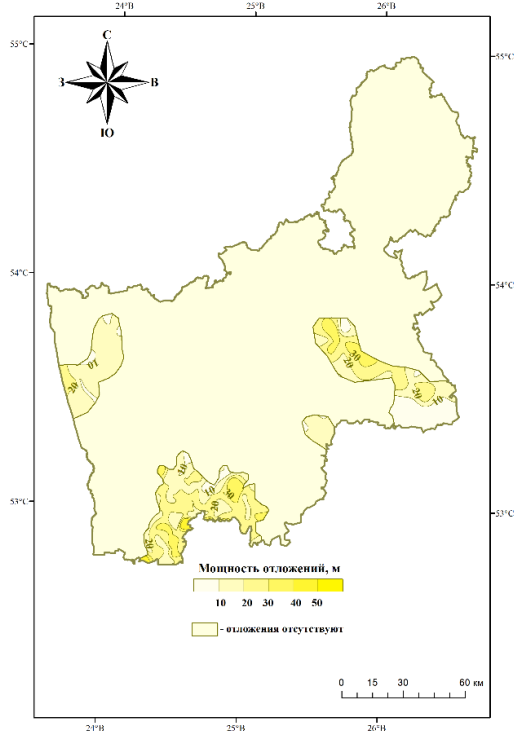


б) картосхема изопахит палеогеновых отложений на территории Гродненской обл.

Рисунок 2 – Структурные картосхемы, выполненные для палеогеновых отложений Гродненской обл.



а) картосхема изогипс неогеновых отложений на территории Гродненской обл.



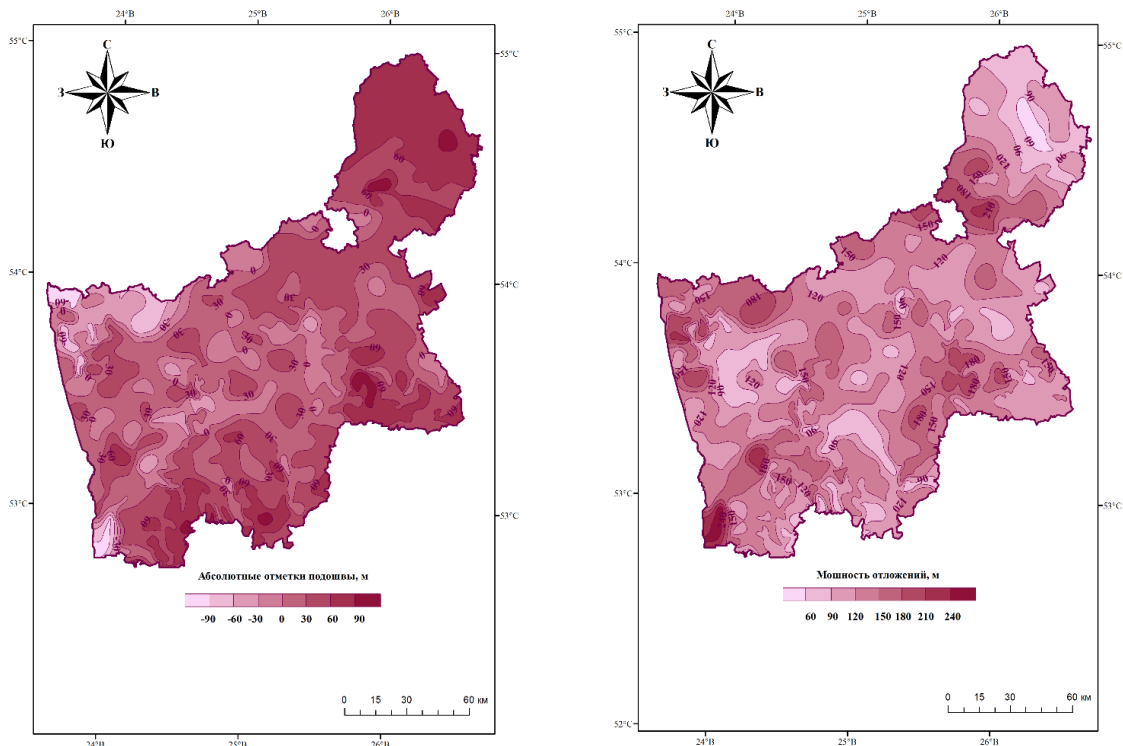
б) картосхема изопахит неогеновых отложений на территории Гродненской обл.

Рисунок 3 – Структурные картосхемы, выполненные для неогеновых отложений Гродненской обл.

Четвертичные образования в пределах территории Гродненской обл. сплошным чехлом покрывают более древние образования (рисунок 4). Сведения об отложениях квартера на территории области представлены более чем по 2 000 скважин. Толща четвертичных пород в пределах исследуемого региона расчленяется на ледниковые и разделяющие их межледниковые горизонты. В соответствии с современной стратиграфической шкалой в ее составе выделяются отложения плейстоценового отдела, сформированные шестью горизонтами среднего подотдела и двумя горизонтами верхнего подотдела, которые, в свою очередь, перекрываются судобльским горизонтом голоценового отдела.

Поверхность подошвы четвертичных отложений неровная. Абсолютные отметки ее залегания изменяются от -168 до 183 м (рисунок 4а). При этом наиболее высокое положение они занимают на севере и в юго-восточных и восточных частях области (более 100 м).

Мощность четвертичных пород в среднем составляет 120 м (рисунок 4б) и достигает своих максимальных значений (более 200 м) в понижениях и на склонах древних водоразделов.



а) картосхема изогипс четвертичных отложений на территории Гродненской обл.

б) картосхема изопахит четвертичных отложений на территории Гродненской обл.

Рисунок 4 – Структурные картосхемы, выполненные для четвертичных отложений Гродненской обл.

Заключение

Таким образом, в настоящей работе впервые применительно ко всей толще кайнозойских отложений территории Гродненской обл. составлены цифровые комплекты:

- 1) структурно-геологических картосхем, отражающих строение подошвы и кровли горизонтов кайнозойской толщи;
- 2) картосхем изопахит, отражающих характеристики мощностей горизонтов кайнозоя и пространственные особенности распределения отложений;

3) картосхем изопакит вскрышных пород, отражающих сведения о перекрывающих толщах каждого горизонта.

Выполненные картографические материалы позволили детализировать накопленные предшественниками сведения об особенностях геологического строения стратиграфических подразделений кайнозоя в границах территории Гродненской обл. Они имеют высокоточную пространственную привязку.

Представленная на картах информация доступна к ее быстрому и максимально полному использованию при геолого-съёмочных и поисково-разведочных работах, в учебном процессе при подготовке специалистов-геологов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нацыянальны атлас Беларусі / Кам. па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі, Белкартаграфія ; рэдкал.: М. У. Мясніковіч [і інш.]. – Мінск : Белкартаграфія, 2002. – 292 с.

2. Геология Беларуси / А. С. Махнач [и др.] ; под ред. А. С. Махнача. – Минск : ИГН НАНБ, 2001. – 814 с.

3. Модельный кодекс о недрах и недропользовании для государств – участников СНГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iacis.ru/public/upload/files/1/140.-pdf?ysclid=ldwtzuniil168437426>. – Дата доступа: 19.02.2023.

4. Маевская, А. Н. Алгоритм обработки данных геологических изысканий с применением ГИС-технологий (на примере материалов буровой изученности территории Брестской области) / А. Н. Маевская, Н. Н. Шешко, М. А. Богдасаров // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2020. – № 2. – С. 94–103.

REFERENCES

1. Nacyjanal'ny atlas Bielarusi / Kam. pa ziamiel'nykh resursakh, hieadezii i kartahrafii, Bielkartahrafija ; redkal.: M. U. Miasnikovich [i insh.]. – Minsk : Bielkartahrafija, 2002. – 292 s.

2. Gieologija Bielarusi / A. S. Makhnach [i dr.] ; pod ried. A. S. Makhnacha. – Minsk : IGN NANB, 2001. – 814 s.

3. Model'nyj kodeks o niedrakh i niedropolzovanii dlja gosudarstv – uchastnikov SNG [Elektronnyj riesurs]. – Riezhim dostupa: <https://iacis.ru/public/upload/files/1/140.-pdf?ys-clid=ldwtzuniil168437426>. – Data dostupa: 19.02.2023.

4. Majevskaia, A. N. Algoritm obrabotki dannykh gieologichieskikh izyskanij s primienieniem GIS-tiekhnologij (na primierie matierialov burovoj izuchiennosti tierritorii Bries-tskoj oblasti) / A. N. Majevskaia, N. N. Sheshko, M. A. Bogdasarov // Viesn. Bresc. un-ta. Sier. 5, Khimija. Bijalohija. Navuki ab ziamli. – 2020. – № 2. – S. 94–103.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 08.07.2024