

## КАРТЫ И ГИС В ГЕОЛОГИИ MAPS AND GIS IN GEOLOGY

УДК 551.77 (476)

**А. И. Павловский<sup>1</sup>, А. П. Гусев<sup>2</sup>, С. В. Андрушко<sup>3</sup>, В. Л. Моляренко<sup>4</sup>,  
А. С. Соколов<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, г. Минск,  
Республика Беларусь

<sup>2-5</sup>Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,  
г. Гомель, Республика Беларусь

<sup>1</sup>E-mail: aipavlovsky@mail.ru

<sup>2</sup>E-mail: andi\_gusev@mail.ru

<sup>3</sup>E-mail: sandrushko@list.ru

<sup>4</sup>E-mail: molyarenko-vova@bk.ru

<sup>5</sup>E-mail: alsokol@tut.by

### ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВЕРИФИКАЦИИ ГЕОЛОГО-ИНФОРМАЦИОННЫХ КАРТ КАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

*В статье описываются кайнозойские отложения Гомельской области (юго-восток Республики Беларусь) и цифровые картографические модели их распространения и характеристик. Регион отличается широким распространением отложений палеогена, для которых разработаны цифровые модели кровли и подошвы и проведён их анализ, а также кровли и мощности свит. Отложения квартера распространены практически на всей территории и представлены преимущественно моренными и водно-ледниковыми образованиями нижнего и среднего плейстоцена. Представлены метрические и литологические характеристики данных отложений, модели мощности и подошвы. Проведён анализ цифровой модели отложений припятского горизонта, включающего сожский и днепровский подгоризонты.*

**Ключевые слова:** цифровая модель, геологические картографирование, Гомельская область, кайнозой, палеоген, квартал.

**Для цитирования:** Павловский А. И., Гусев А. П., Андрушко С. В., Моляренко В. Л., Соколов А. С. Опыт разработки и верификации геолого-информационных карт кайнозойских отложений // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2025. Т. 18. № 3. С. 54–77.

A. I. Pavlovsky<sup>1</sup>, A. P. Gusev<sup>2</sup>, S. V. Andrushko<sup>3</sup>, V. L. Molyarenko<sup>4</sup>, A. S. Sokolov<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2-5</sup> F. Skorina Gomel State University, Gomel, Republic of Belarus

<sup>1</sup>E-mail: aipavlovsky@mail.ru

<sup>2</sup>E-mail: andi\_gusev@mail.ru

<sup>3</sup>E-mail: sandrushko@list.ru

<sup>4</sup>E-mail: molyarenko-vova@bk.ru

<sup>5</sup>E-mail: alsokol@tut.by

## EXPERIENCE IN DEVELOPING AND VERIFYING GEOLOGICAL INFORMATION MAPS OF CENOZOIC DEPOSITS

*The article describes the Cenozoic deposits of the Gomel region (southeastern Belarus) and digital cartographic models of their distribution and characteristics. The region is characterized by a wide distribution of Paleogene deposits, for which digital models of roof and base have been developed and analyzed, as well as roof and thickness of series. The deposits of Quaternary are widespread throughout almost the entire territory and are mainly represented by morainic and water-glacial formations of the Lower and Middle Pleistocene. The metric and lithological characteristics of these deposits, models of thickness and base are presented. An analysis of digital model of sediments of the Pripyat horizon, including Sozh and Dnieper subhorizons, is carried out.*

**Keywords:** digital model, geological mapping, Gomel region, Cenozoic, Paleogene, Quaternary.

**For citation:** Pavlovsky A. I., Gusev A. P., Andrushko S. V., Molyarenko V. L., Sokolov A. S. (2025), Experience in developing and verifying geological information maps of Cenozoic deposits, *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i fiziko-matematicheskie nauki* [Bulletin of the Pskov State University. Series "Natural and physical and mathematical sciences"], vol. 18, no. 3, pp. 54–77. (In Russ.).

**Введение.** На территории Республики Беларусь кайнозойские отложения распространены практически повсеместно и представлены толщами палеогена, неогена и антропогена. Наиболее полно геологический разрез кайнозоя представлен на юго-востоке республики. Кайнозойские отложения в регионе представлены морскими и континентальными толщами палеогена и неогена, которые залегают под сплошным чехлом континентальных образований антропогена (квартера). Общая мощность комплекса отложений варьирует в пределах от первых метров до 250 и более. Так, на юге Гомельской области (г. п. Глушковичи) отложения кайнозоя практически отсутствуют и на поверхность выходят породы кристаллического фундамента, а максимальные мощности характерны для центральной части Припятского прогиба.

**Исходные предпосылки.** Большой вклад в комплексные исследования геологии, геоморфологии и палеогеографии кайнозоя на территории Республики Беларусь, проводившиеся в разные годы, внесли Г. И. Горещкий, А. С. Махнач [1], К. И. Лукашев [7], С. С. Маныкин [8], А. В. Матвеев [9; 10; 15], Э. А. Левков, Ф. Ю. Величkevич, Л. М. Вознячук, Е. П. Мандер, Р. И. Левицкая, А. Ф. Бурлак [13], Т. Б. Рылова [5; 10], Т. В. Якубовская [5; 10], Э. А. Крутоус, П. И. Дорофеев, Г. К. Хурсевич, Р. А. Зинова,

Л. И. Мурашко [11–13], К. И. Давыдик [4; 5] и др. В настоящее время важной задачей является разработка геолого-информационных моделей кайнозойских отложений территории Республики Беларусь, включённая в подпрограмму «Белорусские недра» программы ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг. Создание цифровой модели кайнозойских отложений, синтезирующей данные бурения, актуальна как основа для рационального и эколого-безопасного недропользования на территории Республики Беларусь. С кайнозойскими отложениями связаны месторождения различных полезных ископаемых (глин, песчано-гравийного материала и строительных песков, сапропелей, торфа, бурого угля, техногенного минерального сырья), они являются компонентом окружающей среды, от которого непосредственно зависят условия строительства зданий, сооружений и коммуникаций, эколого-геохимическая ситуация в городских и сельскохозяйственных ландшафтах, защищённость подземных вод от химического загрязнения, условия миграции загрязняющих веществ в верхней части земной коры, риски развития опасных и неблагоприятных геологических процессов и явлений.

**Целью исследования** является создание картографических моделей, отражающих распространение, мощность, глубину залегания и литологический состав кайнозойских отложений как основы рационального и эколого-безопасного недропользования.

**Решаемые задачи:** 1) разработка цифровых моделей мощности, рельефа кровли и подошвы кайнозойских по отдельным горизонтам; 2) анализ цифровых моделей распределения мощности и особенностей поверхности кровли и подошвы кайнозойских отложений; 3) изучение литологических характеристик и их связи с тектоническими структурами; 4) верификация полученных геолого-информационных карт.

**Район и методика исследований.** Территория исследований занимает юго-восточную часть территории Республики Беларусь, в тектоническом отношении к ней приурочены следующие тектонические структуры: Припятский прогиб, Брагинско-Лоевская и Жлобинская седловины, западные склоны Воронежской антеклизы, северный склон Украинского кристаллического щита, северо-западная часть Днепровско-Донецкого прогиба. Сложная картина дифференциации тектонических и неотектонических движений способствовала формированию локальных структур более низких порядков, суммарная амплитуда движений по разломам составляла порядка 100–140, а некоторых случаях и более метров [13]. Верхняя часть осадочного чехла представлена породами палеогеновой, неогеновой и антропогеновой систем и представляет наибольший интерес в понимании особенностей морфолитогенеза в кайнозое.

Особенности современного рельефа определяются реликтовой ледниковой морфоскульптурой днепровской и сожской фаз припятского оледенения, а также постледниковыми флювиальными, эоловыми, биогенными и другими процессами. Абсолютные отметки земной поверхности изменяются от 103,4 м (урез р. Припять) до 221,0 м (Мозырская возвышенность), составляя в среднем 110–145 м. В целом наблюдается повышение отметок рельефа на север (Чечерская равнина до 180 м) и на юг (граница с Украиной — 155–165 м) от долины р. Припять. Относительные высоты на большей части территории составляют 5–7 м, достигая в пределах краевых ледниковых возвышенностей 15–30 м. Гидрографическая сеть относится к бассейну Днепра, который с реками Припять, Березина и Сож составляют основу речной сети и дренируют в основном водоносные горизонты квартера, реке неогена и палеогена.

Современный литогенез связан в основном с накоплением аллювиальных, биогенных, склоновых, техногенных и других литогенетических комплексов.

В работе использована база данных «Буровая изученность Республики Беларусь», разработанная государственным предприятием «Научно-производственный центр по геологии». База данных включает информацию о пространственной привязке, назначение и основные характеристики скважин — данные по стратиграфии и литологии, мощности и глубинам залегания слоёв и информацию об основных источниках составления базы.

Кроме того, в ходе исследования была использована цифровая модель рельефа SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), которая на сегодняшний день является одной из самых популярных моделей рельефа, что связано с её обширным территориальным охватом и доступностью. SRTM — это международный исследовательский проект, созданный с целью создания цифровой модели высот поверхности Земли с помощью радарной топографической съёмки [19].

Создание цифровых моделей и их анализ проводили с помощью геоинформационных систем — Golden Software Surfer и SAGA [14; 16–18; 20]. Геоинформационная система Golden Software Surfer является отраслевым стандартом построения графических изображений функций двух переменных. Достоинством программы являются заложенные в неё алгоритмы интерполяции, которые позволяют с высочайшим качеством создавать цифровые модели поверхности по неравномерно распределённым в пространстве данным [16]. Surfer предлагает несколько алгоритмов интерполяции: метод кригинга (kriging), метод обратного расстояния (Inverse Distance to a Power) и др.

Метод кригинга (kriging), основанный на статистических характеристиках входных данных (среднее значение и дисперсия). В кригинге интерполирование производится гауссовским процессом, определяемым предыдущими ковариациями. В основе метода лежит принцип несмещённости среднего: все взятые вместе значения должны иметь правильное среднее значение; глобальная несмещённость обеспечивается повышением низких значений и уменьшением высоких значений [16].

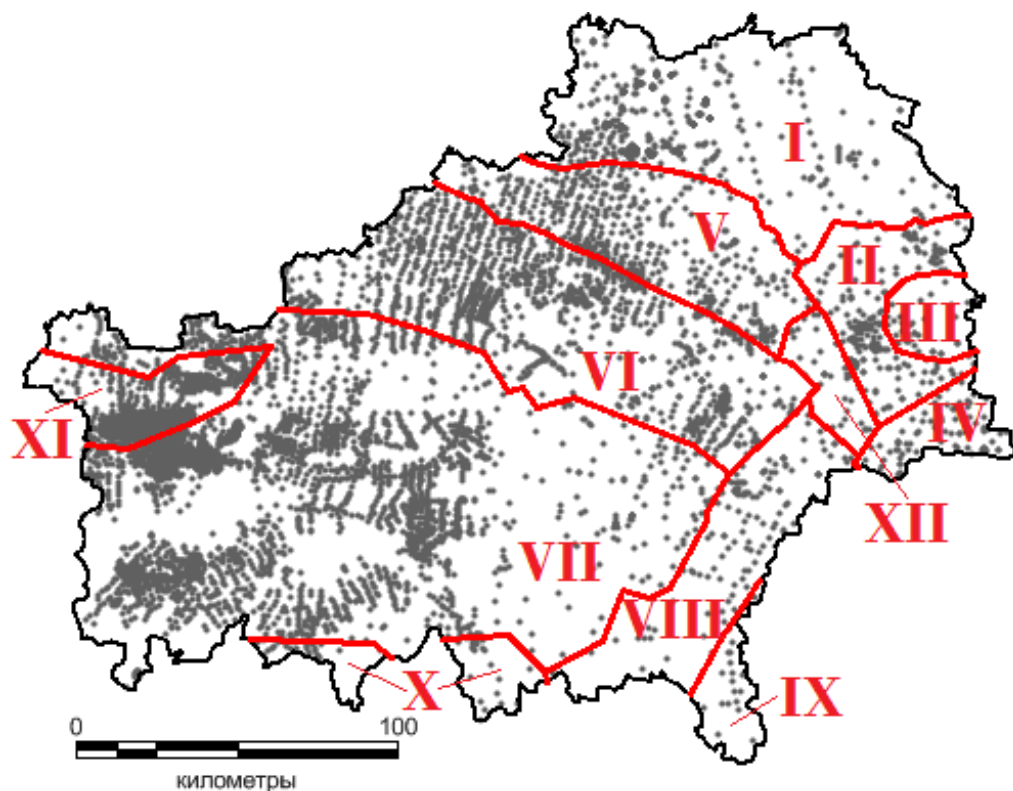
Метод обратного расстояния (Inverse Distance to a Power) основан на вычислении весовых коэффициентов, с помощью которых взвешиваются значения экспериментальных Z-значений в точках наблюдений при построении интерполяционной функции. Параметр Power определяет, как быстро уменьшаются весовые множители с ростом расстояния до узла сети; при больших значениях параметра Power точкам наблюдений, более близким к рассматриваемому узлу сети, присваиваются большие доли общего веса; при меньших значениях параметра Power веса убывают более плавно с ростом расстояния до узла сети [14].

Анализ ЦРМ, геостатистика, моделирование и решение стандартных аналитических задач — основные функции пространственного анализа открытой настольной ГИС SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses), которые были применены в исследовании. В ГИС SAGA имеется широкий набор алгоритмов анализа цифровых моделей рельефа [17; 18].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Отложения кайнозоя распространены практически на всей территории юго-востока Республики Беларусь. Геологическое строение и условия залегания отличаются относительной сложностью и разно-

образом. Основной объём кайнозойской толщи представлен преимущественно континентальными и частично морскими отложениями. Формирование палеоген-неогеновых отложений происходило на фоне трансгрессий и регрессий моря, а четвертичных толщ — волнообразного изменения климата в виде чередования похолоданий и потеплений, что привело к развитию ледниковых и межледниковых эпох и соответственно ритмическому характеру строения толщи (чередование ледниковой, межледниковой и криогенной формаций). Нормальная стратиграфическая последовательность залегания отложений разновозрастных ритмов сохраняется только в условиях слабо денудированной и расчленённой поверхности коренных пород.

Разработка геолог-информационных моделей основывалось на основе фактического материала более чем 10 тыс. буровых скважин (рис. 1).



**Рис. 1.** Карта фактического материала и тектонических структур

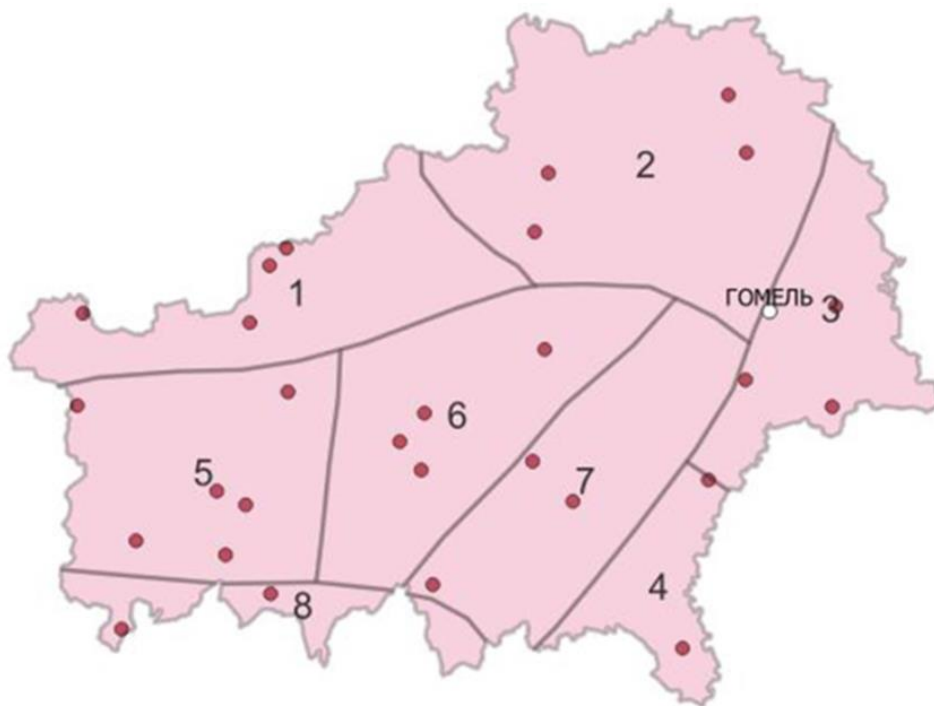
Цифрами обозначены: I — Жлобинская седловина; II — Клиновский выступ Воронежской антеклизы; III — Купреевский выступ Воронежской антеклизы; IV — Гремячский выступ Воронежской антеклизы; V — Северо-Припятское плечо; VI — Припятский прогиб (северная ступень); VII — Припятский прогиб (центральный грабен); VIII — Брагинско-Лоевская седловина; IX — Днепровско-Донецкий прогиб; X — Украинский щит; XI — Микашевичско-Житковичский выступ; XII — Гомельская перемычка

Отложения палеогена широко распространены в пределах региона и залегают под образованиями квартера, местами неогена, а на юго-востоке по долинам Днепра и некоторых его притоков выходят на поверхность. Максимальная мощность палеогеновой толщи достигает 220 м. В её составе по палеонтологическим данным выделяются отложения всех трёх отделов: палеоцена, эоцена и олигоцена.

Породы неогена на территории Гомельской области распространены на значительных площадях в западной и южной частях и многочисленными пятнами в восточной и юго-восточной. Это главным образом терригенные образования, накопившиеся в долинах рек, озёрах и болотах. Мощность неогеновых отложений варьирует от первых метров до 30–50 м. Выделяются оба отдела этой системы — миоценовый и плиоценовый.

Четвертичные отложения развиты повсеместно, их мощность изменяется от первых сантиметров до 200 м, средняя мощность отложений составляет 30–50 м. Основной объём четвертичной толщи представлен преимущественно моренными и водно-ледниковыми образованиями нижнего и среднего плейстоцена, а также аллювиальными, озёрно-аллювиальными, озёрными, болотными, эоловыми, склоновыми и другими континентальными осадками верхнего плейстоцена и голоцена.

Строение геологического разреза кайнозойских отложений в пределах Гомельской области отличается значительной вариативностью. По особенностям геологического разреза можно условно выделить 8 районов (рис. 2).



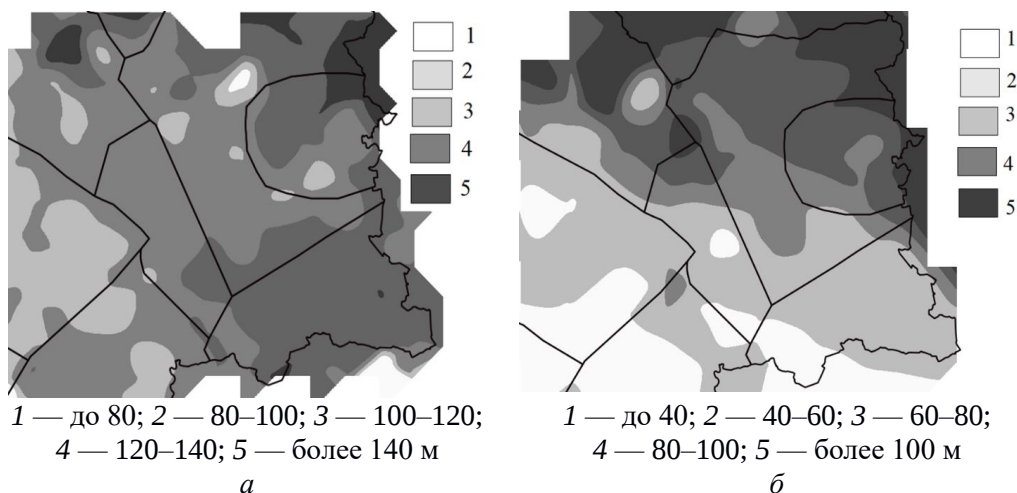
**Рис. 2.** Типизация геологического разреза кайнозойских отложений юго-востока Республики Беларусь

В целом, геологический разрез кайнозойских отложений на территории Гомельской области при относительном однообразии отличается некоторыми особенностями, которые определяются историей тектонического и геологического развития региона. Это в основном выражается в специфике, подстилающей кайнозойские отложения поверхности, мощности горизонтов кайнозойских отложений, особенностях развития геолого-геоморфологических процессов на каждой последующей стадии развития территории.

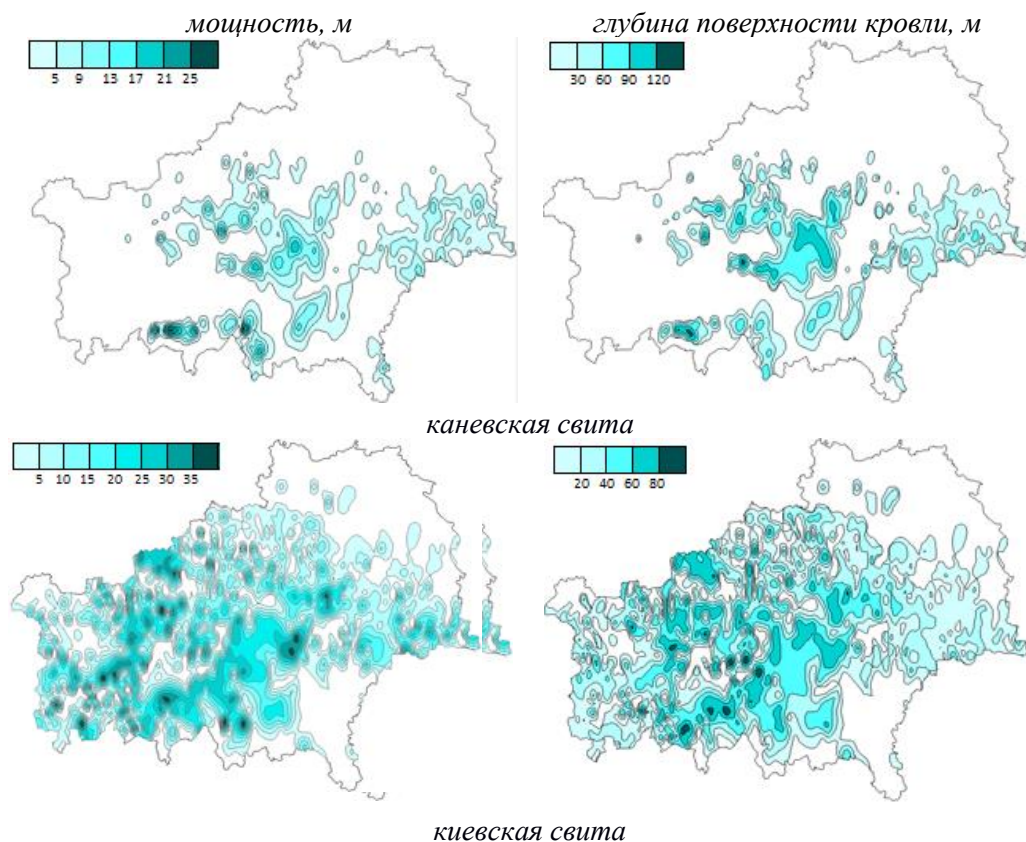
**Палеогеновая система. Палеоцен.** Отложения палеоцена представлены сумской свитой и распространены в юго-восточной и южной части региона в пределах Припятского прогиба, Брагинско-Лоевской седловины, Брагинского погребенного выступа. Граница их сплошного распространения проходит южнее Злынки, Добруша, значительно южнее Гомеля, Речицы, юго-восточнее Василевичей, восточнее Хойников и несколько западнее Брагина. Отсутствуют они на Лоевской структуре и на южных структурах Речицкого района. Севернее границы сплошного распространения пород сумской свиты есть ряд небольших останцов (островков), уцелевших от последующего размыва. Такие останцы обнаружены на правом берегу Ипути в районе Гомеля и южнее; на правом берегу Сожа, севернее Ветки, между Юрковичами и Шерстяном; восточнее и южнее Буда-Кошелево, севернее и западнее Речицы.

**Эоцен.** В составе эоцена выделяются нижний, средний (каневская, бучакская и киевская свиты), верхний (харьковская свита) подотделы. Отложения эоцена в пределах Гомельской области занимают более значительные площади, чем палеоцена. Они распространены на территории Припятского прогиба, Брагинско-Лоевской седловины, Брагинского погребенного выступа, Воронежской антеклизы. В позднем эоцене и до середины олигоцена шло формирование отложений харьковской свиты. Это последние морские отложения на территории региона, распространённые в пределах Припятского прогиба и Брагинско-Лоевской седловины. Площади их современного распространения меньше площади седиментации, что объясняется их интенсивным размывом, т. к. начиная с позднего олигоцена они находились в зоне интенсивной экзарации, речной и водно-ледниковой эрозии, карста.

Разработаны цифровые модели кровли и подошвы палеогеновых отложений юго-востока Республики Беларусь (рис. 3) и проведён их анализ. Средняя мощность палеогеновых отложения составляет  $27,5 \pm 1,5$  м, медианная мощность — 24,5 м, стандартное отклонение — 22,8 м, минимальная — 0, максимальная 98,4 м. Для свит палеогеновой системы созданы цифровые модели мощности и кровли, примеры которых представлены на рисунке 4.

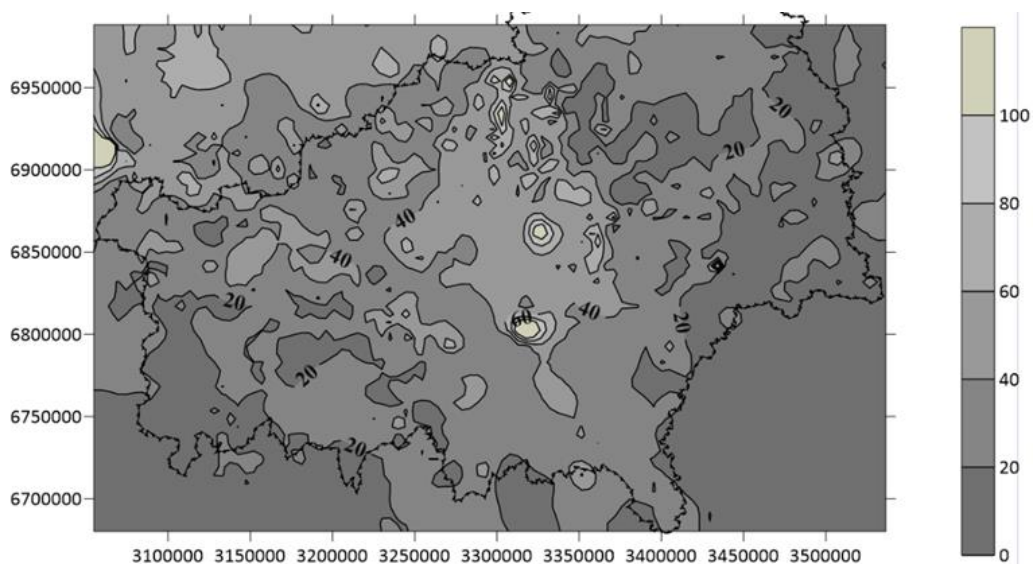


**Рис. 3.** Цифровая модель поверхности кровли (а) и подошвы (б) палеогеновой системы (метод интерполяции — кубический сплайн)

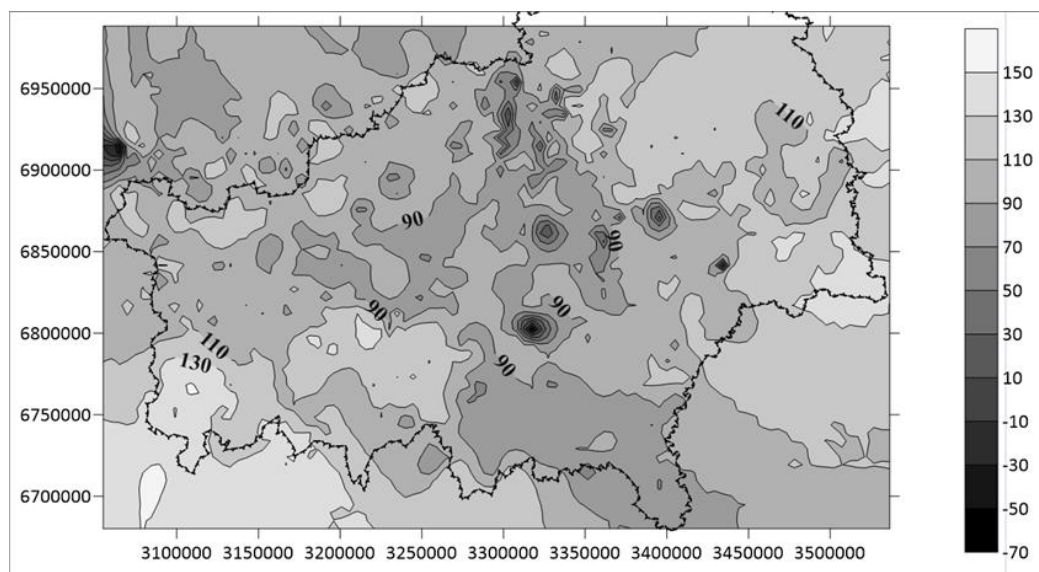


**Рис 4.** Цифровые модели мощности и глубины поверхности кровли свит палеогеновой системы (метод интерполяции — kriging)

**Четвертичная система (квартер).** Отложения квартера распространены практически на всей территории исследований, геологическое строение и условия залегания отличаются относительной сложностью и разнообразием. Основной объём четвертичной толщи представлен преимущественно моренными и водно-ледниковыми образованиями нижнего и среднего плейстоцена, а также аллювиальными, озёрно-аллювиальными, озёрными, болотными, эоловыми, склоновыми и другими континентальными осадками верхнего плейстоцена и голоцена. Стратиграфическая схема четвертичных отложений Республики Беларусь дополнена дворецким горизонтом, который располагается в основании плейстоцена и вместе с гомельским горизонтом составляет его нижний подотдел. Важными характеристиками являются мощность четвертичных отложений (рис. 5) и рельеф подошвы (рис. 6).



**Рис. 5.** Изолинии мощностей четвертичных отложений на юго-востоке Республики Беларусь (метод интерполяции — kriging)



**Рис. 6.** Рельеф подошвы четвертичных отложений на юго-востоке Республики Беларусь (метод интерполяции — kriging, программа Surfer)

Основные характеристики четвертичных отложений (мощности и абсолютные отметки подошвы) приведены в таблице. Установлено, что средняя мощность четвертичных отложения составляет  $30,2 \pm 0,34$  м, а средняя абсолютная отметка подошвы четвертичных отложения составляет  $104,5 \pm 0,38$  м. Мощности колеблются от 0 до 264 м, абсолютные отметки подошвы — от -124 до 155,7 м.

Общее представление о распределении мощности по тектоническим структурам, расположенным в пределах Гомельской области, показано на рисунке 5. Видно, что наименьшая средняя мощность четвертичных отложения отмечается для Клинцовского грабена Воронежской антеклизы (15,9 м), Гремячского выступа Воронежской антеклизы (16,3 м) и Украинского щита (19,2 м). Наибольшие значения средней мощности четвертичных отложений отмечаются на Северной ступени Припятского прогиба (40,3 м) и Северо-Припятского плеча (32,0 м).

Средние значения абсолютных отметок подошвы четвертичных отложений изменяются от 84,1 м (Днепровско-Донецкий прогиб) до 131,5 м (Гремячский выступ Воронежской антеклизы). Средняя величина абсолютной высоты подошвы составляет 104,8 м. Наиболее высокие отметки подошвы четвертичных отложений характерны для структур Воронежской антеклизы (Гремячский выступ, Клинцовский грабен) и Украинского щита. Среднее значение абсолютных отметок подошвы на Украинском щите составляет 124,5 м. Наиболее низкие отметки подошвы четвертичных отложений характерны для Днепровско-Донецкого прогиба (среднее значение составляет 84,1 м) и северной ступени Припятского прогиба (95,6 м). В ГИС SAGA была проведена обработка подошвы четвертичных отложений с помощью алгоритма детектора границ (Canny edge detector). Метод является одним из самых популярных алгоритмов обнаружения границ. В геологических исследованиях может использо-

ваться при космогенном анализе, предполагающем, что глубинные разломные зоны отражаются в тех или иных структурах земной поверхности (рельеф, растительность, гидрография) [2; 3].

Вероятно, некоторая часть установленных структур связана с разрывными нарушениями, проникающими в чехол четвертичных отложений. В то же время разломные зоны, ограничивающие тектонические структуры территории, лишь частично проявляются в виде границ, выявленных Canny edge detector в четвертичных отложениях. Выделенные границы также не имеют, вероятно, выраженной связи с современной гидрографической сетью. Для сравнения была проведена обработка Canny edge detector цифровой модели высот земной поверхности (данные STRM). В данном случае наиболее выраженные и протяжённые границы связаны с гидрографической сетью.

*Верхний плейстоцен-голоцен.* В верхнеплейстоцен-голоценовое время территория юго-востока Республики Беларусь (Гомельская область) не испытывала непосредственного воздействия поозерского ледникового покрова и на её территории происходило накопление различных генетических типов отложений перигляциальной и термогенной формаций. Отложения верхнего плейстоцена представлены муравинским и поозерским горизонтами, а голоценовые — судобльским горизонтом.

В литологическом составе муравинских отложений представлены супесь (36,2 % скважин), торф (30,7 %), суглинок (10,4 %), сапропелит (4,8 %), песок глинистый (4,8 %), песок с торфом (3,7 %), песок (3,1 %), глина (3,1 %), ил (3,1 %), гиттия (0,6 %).

Поозерский горизонт вскрыт в 5281 скважине. Мощность отложений поозерского горизонта колеблется от 0,6 до 29,0 м, в среднем — 11,43 м. По генезису в поозерском горизонте доминируют аллювиальные (aIII{pz}) и озёрно-аллювиальные (laIII{pz}) отложения. Озёрно-аллювиальные отложения представлены 72,6 % скважин, вскрывших поозерский горизонт. Их мощность изменяется от 0,7 до 29,0 м, составляя в среднем 11,75 м. Аллювиальные отложения представлены в 27,2 % скважин. Мощность поозерского аллювия в среднем составляет 10,59 м. На долю отложений другого генезиса приходится только 0,2 % скважин. Их мощность изменяется от 0,6 до 15,8 м, в среднем составляет 6,73 м.

Литологический состав поозерского горизонта характеризуется преобладанием песка (70,6 % скважин), песка глинистого (18,6 %), песка и супеси (5,0 %), супеси (3,2 %), песка с гравием (1,5 %). Аллювий поозерского горизонта представлен песком (71,3 %), песком глинистым (15,2 %), песком и супесью (5,2 %), супесью (4,2 %), песком с гравием (3,3 %). Озёрно-аллювиальные отложения поозерского горизонта представлены песком (70,4 %), песком глинистым (20,0 %), песком с супесью (4,9 %).

Отложения судобльского горизонта на территории Гомельской области вскрыты в 542 скважинах. Их мощность колеблется от 0 до 20,1 м. Средняя мощность составляет 6,53 м, медианная — 6,2 м. По генезису преобладают аллювиальные — аллювий (69,7 % скважин) и болотные — палюстрий (22,4 %). Относительно редко отмечаются озёрные (лимний) — 2,6 %, озёрные и болотные (лимний и палюстрий) — 2,4 %, озёрные и аллювиальные (лимний и аллювий) — 2,4 %. Единично встречается хемогений (0,5 %).

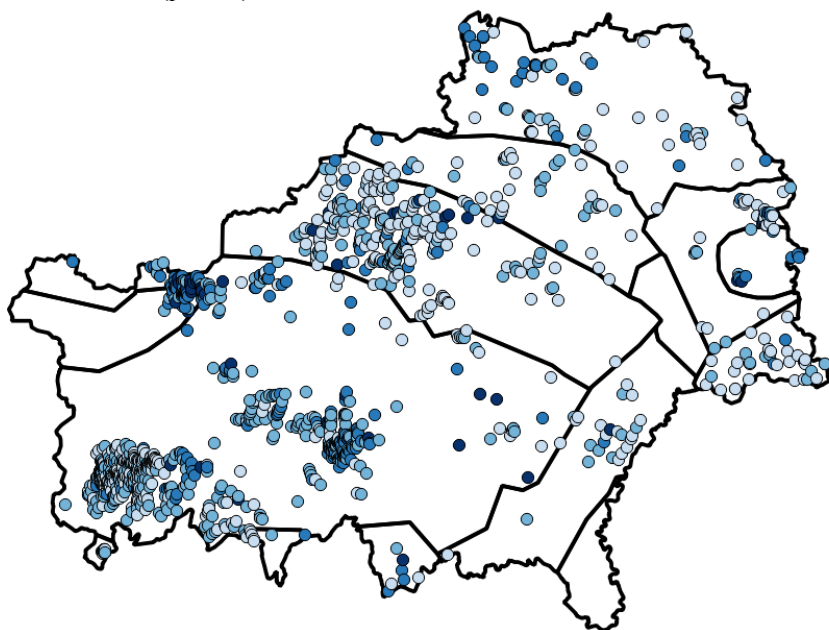
Состав отложений судобльского горизонта представлен песком (62,4 % от числа скважин), песком глинистым (6,3 %), песком и торфом (4,2 %), супесью (6,1 %), суглинком (1,1 %), глиной (0,9 %) и торфом (19,0 %). Литологический состав аллювия характеризуется доминированием песка (79,4 % скважин). 13,1 % — песок глинистый, песок с торфом, песок с гравием и т. д. В меньшей степени представлены супесь (4,0 %), глина и суглинок (1,6 %), торф (1,9 %). Литологический состав палюстрия характеризуется преобладанием торфа (83,1 % скважин), отмечены также разрезы, представленные песков и торфов (16,1 %) и песком (0,8 %). Литологический состав лимния представлен супесью (46,2 %), песком (30,7 %), глиной и суглинком (23,1 %).

Литологический состав отложений муравинского горизонта существенно отличается от литологического состава отложений судобльского и поозерского горизонтов.

Основными отличиями литологического состава рассматриваемых горизонтов являются: 1) преобладание песков в отложениях судобльского и поозерского горизонтов; 2) отсутствие торфа и незначительное присутствие глинистых пород в поозерском горизонте; 3) значительная роль торфа и глинистых пород в муравинском горизонте; 4) присутствие в муравинском горизонте сапропелита, гиттии, ила.

**Анализ цифровой модели отложений припятского горизонта (в пределах Гомельской области).** Припятский горизонт включает в себя два подгоризонта — сожский и днепровский. Он представлен флювиогляциальными (редко флювиолимногляциальными и лимногляциальными) и моренными отложениями.

Флювиогляциальные отложения сожского подгоризонта встречаются единично. Наиболее широко представлены флювиогляциальные отложения днепровского подгоризонта, которые встречаются практически повсеместно на территории Гомельской области (рис. 7).



**Рис. 7.** Скважины, вскрывшие флювиогляциальные отложения днепровского подгоризонта

В составе днепровского подгоризонта, помимо флювиогляциальных, выделяются также флювиолимногляциальные и лимногляциальные отложения. Флювиогляциальные отложения вскрыты на территории области в 11,3 % скважин; флювиолимногляциальные — 2,5 %; лимногляциальные — 0,05 %. Как правило, указанные породы залегают с поверхности и подстилаются моренными отложениями.

Статистические характеристики флювиогляциальных и лимнофлювиогляциальных отложений днепровского подгоризонта приведены в таблице 1. Флювиогляциальные отложения имеют среднюю мощность  $7,4 \pm 0,1$  м, флювиолимногляциальные —  $8,6 \pm 0,2$  м, лимногляциальные —  $11,1 \pm 2,5$  м. Кровля флювиогляциальных отложения находится на глубине от 0 до 46 м (в среднем — 0,3 м). Подошва — на глубине от 0,6 до 60 м (в среднем — 7,7 м). Кровля флювиолимногляциальных отложения отмечена на глубине от 0 до 6 м (в среднем — 0,02 м); подошва — на глубине от 2,8 до 21,6 м (в среднем — 8,7 м). Лимногляциальные отложения во всех случаях залегают с поверхности. Подошва их расположена на глубине от 6,3 до 19,6 м (в среднем — 11,1 м).

Характеристика литологического состава рассматриваемых отложений приведена в таблице 2. Видно, что в целом резко преобладает песчаный состав (96,2 % скважин, вскрывших данные отложения). Для лимногляциальных отложений характерен глинисто-песчаный состав, для флювиолимногляциальных — преимущественно песчаный.

Таблица 1

Статистика флювиогляциальных и лимнофлювиогляциальных отложений  
днепровского подгоризонта

| Характеристика          | Глубина залегания подошвы, м | Глубина залегания кровли, м | Мощность в зоне распространения, м |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Средняя                 | 7,8                          | 0,2                         | 7,6                                |
| Стандартная ошибка      | 0,1                          | 0,05                        | 0,1                                |
| Медиана                 | 7,0                          | 0,0                         | 6,8                                |
| Стандартное отклонения  | 4,7                          | 2,1                         | 4,2                                |
| Коэффициент вариации, % | 60,3                         | 105                         | 55,3                               |
| Интервал                | 59,4                         | 46,0                        | 23,4                               |
| Минимум                 | 0,6                          | 0,0                         | 0,6                                |
| Максимум                | 60,0                         | 46,0                        | 24,0                               |

Таблица 2

Литологический состав флювиогляциальных отложений днепровского подгоризонта  
(в % от общего числа скважин)

| Отложения              | Песок | Супесь | Глина, суглинок |
|------------------------|-------|--------|-----------------|
| Флювиогляциальные      | 98,0  | 1,8    | 0,2             |
| Лимнофлювиогляциальные | 88,1  | 5,6    | 6,4             |
| Лимногляциальные       | 0,0   | 60,0   | 40,0            |
| Все                    | 96,2  | 2,5    | 1,2             |

Глубина залегания кровли моренных отложений днепровского подгоризонта на территории Гомельской области изменяется от 0 до 65,6 м (табл. 3). Глубина залегания кровли сожского подгоризонта — от 0 до 10,5 м (табл. 4). Мощности в зоне распространения днепровского подгоризонта колеблются от 0,2 до 73,6 м (средняя — 11,1 м; медианная — 10,2 м). Если учитывать территорию области, где днепровский подгоризонт не обнаружен, то средняя мощность его составляет 2,5 м. Мощности сожского подгоризонта в зоне его распространения изменяются от 1,0 до 31,6 м (средняя — 11,4; медианная — 11,1). В целом по Гомельской области средняя мощность составляет 0,06 м.

Таблица 3

Статистическая характеристика моренных отложений днепровского подгоризонта

| Характеристика          | Глубина залегания подшвы, м | Глубина залегания кровли, м | Мощность в зоне распространения, м | Мощность по Гомельской области, м |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Средняя                 | 15,0                        | 3,9                         | 11,1                               | 2,5                               |
| Стандартная ошибка      | 0,2                         | 0,1                         | 0,1                                | 0,1                               |
| Медиана                 | 13,6                        | 2,2                         | 10,2                               | 0,0                               |
| Мода                    | 16,0                        | 0,0                         | 8,0                                | 0,0                               |
| Стандартное отклонения  | 7,68                        | 5,65                        | 6,49                               | 5,55                              |
| Коэффициент вариации, % | 51,2                        | 144,9                       | 58,5                               | 222,0                             |
| Интервал                | 106,8                       | 65,6                        | 73,6                               | 73,6                              |
| Минимум                 | 0,0                         | 0,0                         | 0,2                                | 0,0                               |
| Максимум                | 106,8                       | 65,6                        | 73,6                               | 73,6                              |

Таблица 4

Статистическая характеристика моренных отложений сожского подгоризонта

| Характеристика          | Глубина залегания подшвы, м | Глубина залегания кровли, м | Мощность в зоне распространения, м | Мощность по Гомельской области, м |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Средняя                 | 13,6                        | 2,2                         | 11,4                               | 0,06                              |
| Стандартная ошибка      | 0,8                         | 0,4                         | 0,8                                | 0,01                              |
| Медиана                 | 14,0                        | 1,6                         | 11,1                               | 0,0                               |
| Мода                    | 16,2                        | 0,0                         | 17,6                               | 0,0                               |
| Стандартное отклонения  | 5,57                        | 2,84                        | 5,54                               | 0,90                              |
| Коэффициент вариации, % | 41,0                        | 129,1                       | 49,9                               | 150,0                             |
| Интервал                | 30,6                        | 10,5                        | 30,6                               | 30,6                              |
| Минимум                 | 1,0                         | 0,0                         | 1,0                                | 1,0                               |
| Максимум                | 31,6                        | 10,5                        | 31,6                               | 31,6                              |

Рассматриваемые подгоризонты резко отличаются по своему распространению на территории Гомельской области (табл. 5). Сожский подгоризонт встречается практически только в пределах Жлобинской седловины. В пределах Гомельской области сожские отложения обнаружено только в рассматриваемых 0,5 % скважин (рис. 8).

Таблица 5

Встречаемость моренных отложений днепровского и сожского подгоризонтов на территории Гомельской области (в % от общего числа скважин)

| Тектоническая структура                  | Днепровский подгоризонт | Сожский подгоризонт |
|------------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| Днепровско-Донецкий прогиб               | 0,0                     | 0,0                 |
| Брагинско-Лоевская седловина             | 43,4                    | 0,0                 |
| Украинский щит                           | 2,7                     | 0,0                 |
| Микашевичско-Житковичский выступ         | 0,1                     | 0,0                 |
| Гремячский выступ Воронежской антеклизы  | 63,3                    | 0,0                 |
| Клинцовский грабен Воронежской антеклизы | 45,2                    | 0,0                 |
| Купреевский выступ Воронежской антеклизы | 20,9                    | 0,0                 |
| Гомельская перемычка                     | 56,5                    | 0,0                 |
| Северо-Припятское плечо                  | 75,4                    | 0,4                 |
| Припятский прогиб (северная ступень)     | 73,7                    | 0,0                 |
| Припятский прогиб (центральный грабен)   | 7,9                     | 0,0                 |
| Жлобинская седловина                     | 67,0                    | 9,5                 |
| Гомельская область в целом               | 22,3                    | 0,5                 |

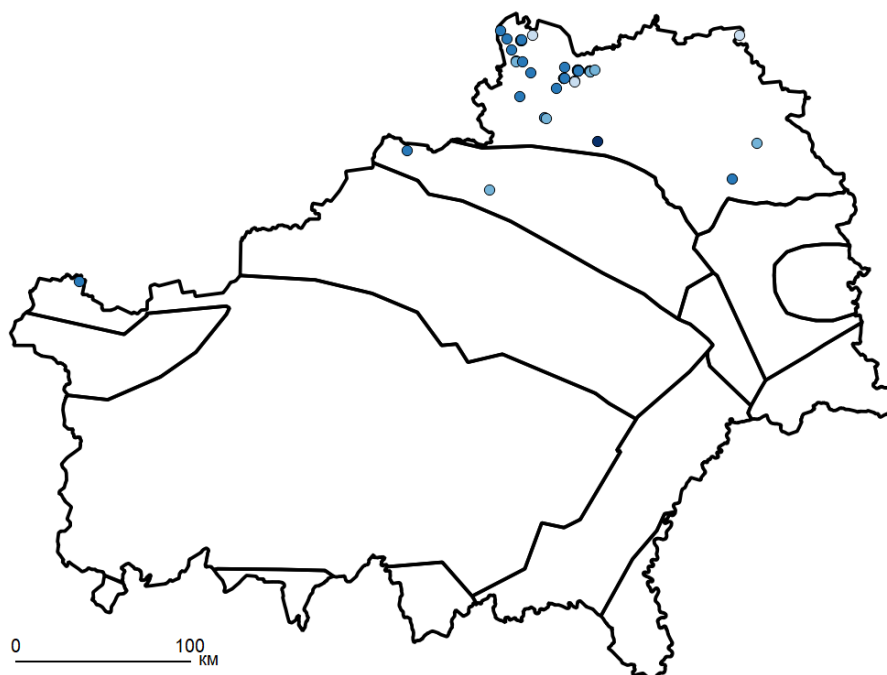
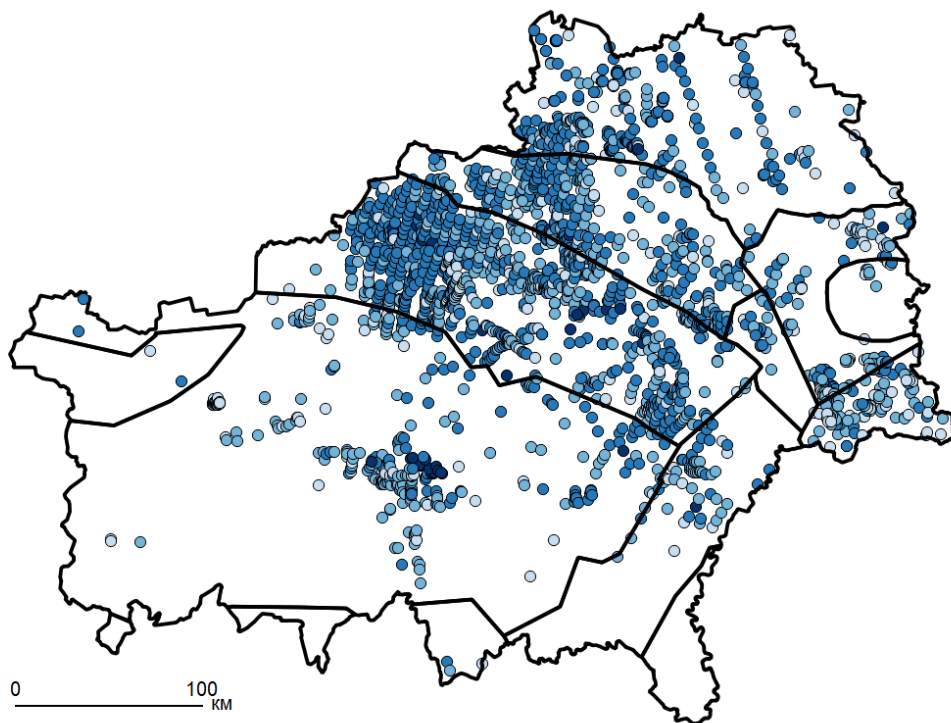


Рис. 8. Скважины, вскрывшие моренные отложения сожского подгоризонта

Моренные отложения днепровского подгоризонта вскрыты в 22,3 % скважин. Они полностью отсутствуют в пределах Днепровско-Донецкого прогиба, единично отмечены на Микашевичско-Житковичском выступе и Украинском щите (рис. 9). Чаще всего моренные отложения днепровского подгоризонта фиксировались в пределах Северо-Припятского плеча (75,4 % от всех скважин), северной ступени Припятского прогиба (73,7 %) и Жлобинской седловины (67,0 %). В пределах Воронежской антеклизы встречаемость моренных отложений днепровского горизонта изменяется от 20,9 % (Купреевский выступ) до 63,3 % (Гремячский выступ).



**Рис. 9.** Скважины, вскрывшие моренные отложения днепровского подгоризонта

Характеристики мощностей морены днепровского подгоризонта приведены в таблице 6. В пределах Украинского щита, Микошевичско-Житковичского выступа и Днепровско-Донецкого прогиба отложения днепровского подгоризонта практически полностью размыты. Так, в пределах Украинского щита днепровский подгоризонт обнаружен только в 2 скважинах на глубине 0–4,5 м (мощности 8,3–12,0 м). Представлен алевроитом, супесью, суглинком. На Микашевичско-Житковичском выступе днепровские отложения обнаружена также только в 2 скважинах. Их кровля залегает на глубине 6,4–10,6 м, а мощность составляет 1,2–20,8 м. Представлены песком и супесью.

Мощности моренных отложений днепровского подгоризонта в пределах  
тектонических структур, м

| Тектоническая структура                  | Средняя и ошибка | Медиана | Интервал |
|------------------------------------------|------------------|---------|----------|
| Днепровско-Донецкий прогиб               | —                | —       | —        |
| Брагинско-Лоевская седловина             | $9,96 \pm 0,7$   | 8,5     | 38,7     |
| Украинский щит                           | $10,2 \pm 1,9$   | 10,2    | 3,7      |
| Микашевичско-Житковичский выступ         | $11,0 \pm 9,8$   | 11,0    | 19,6     |
| Гремячский выступ Воронежской антеклизы  | $7,5 \pm 0,3$    | 7,0     | 14,6     |
| Клинцовский грабен Воронежской антеклизы | $9,1 \pm 0,5$    | 8,9     | 47,8     |
| Купреевский выступ Воронежской антеклизы | $7,7 \pm 1,8$    | 7,5     | 14,8     |
| Гомельская перемычка                     | $10,5 \pm 1,1$   | 8,9     | 23,5     |
| Северо-Припятское плечо                  | $10,8 \pm 0,3$   | 10,4    | 42,6     |
| Припятский прогиб (северная ступень)     | $11,7 \pm 0,2$   | 11,2    | 51,4     |
| Припятский прогиб (центральный грабен)   | $10,8 \pm 0,5$   | 8,3     | 73,6     |
| Жлобинская седловина                     | $12,8 \pm 0,4$   | 13,0    | 59,9     |
| Гомельская область в целом               | $11,1 \pm 0,1$   | 10,2    | 73,6     |

На Воронежской антеклизе днепровские отложения вскрыты в 50,5 % скважин. Их мощности колеблются от 0,2 до 48 м (средняя — 8,5; медианная — 8,2 м). Кровля находится на глубине от 0 до 31,8 м (средняя — 3,3 м). Состав отложений: глина и суглинок — 9,6 %, супесь — 55,6 %, песок — 34,8 % от общего числа скважин.

На Гремячском выступе мощности днепровских отложений составляют 1,0–15,6 м (средняя — 7,5; медианная — 7,0 м), их кровля находится на глубине от 0 до 9,0 м (средняя — 2,8 м). Состав: глина и суглинок — 8,7 %, супесь — 69,0 %, песок — 22,3 %.

В пределах Клинцовского грабена мощность днепровского подгоризонта колеблется от 0,2 до 48,0 м (средняя — 9,1; медианная — 8,9 м), глубина залегания кровли — от 0 до 17,5 м. Состав отложений представлен: глина и суглинок — 8,3 %, супесь — 53,8 %, песок — 37,9 %.

В пределах Купреевского выступа мощность днепровского подгоризонта колеблется от 2,0 до 16,8 м (средняя — 7,7; медианная — 7,5 м), глубина залегания кровли — от 0 до 11,5 (средняя — 4,6) м. Состав отложений представлен: глина и суглинок — 22,2 %, супесь — 54,6 %, песок — 22,2 %.

На Гомельской структурной перемычке мощность днепровских отложений изменяется от 3,5 до 27,0 м (средняя — 10,5; медианная — 8,9 м). Их кровля залегает на глубинах от 0 до 31,8 (средняя — 4,9) м. В составе отложений: глина и суглинок — 15,3 %, супесь — 80,9 %, песок — 3,8 %.

Для Северо-Припятского плеча характерны мощности днепровских отложений от 0,2 до 42,6 м (средняя — 10,8; медианная — 10,4 м). Глубина кровли составляет от 0 до 46,3 (3,5) м. Литологический состав: глина и суглинок — 3,6 %, супесь — 87,9 %, песок — 8,5 %.

В пределах Жлобинской седловины мощности днепровского подгоризонта изменяются от 0,8 до 60,7 м (средняя — 12,8; медианная — 13,0 м). Глубина залегания

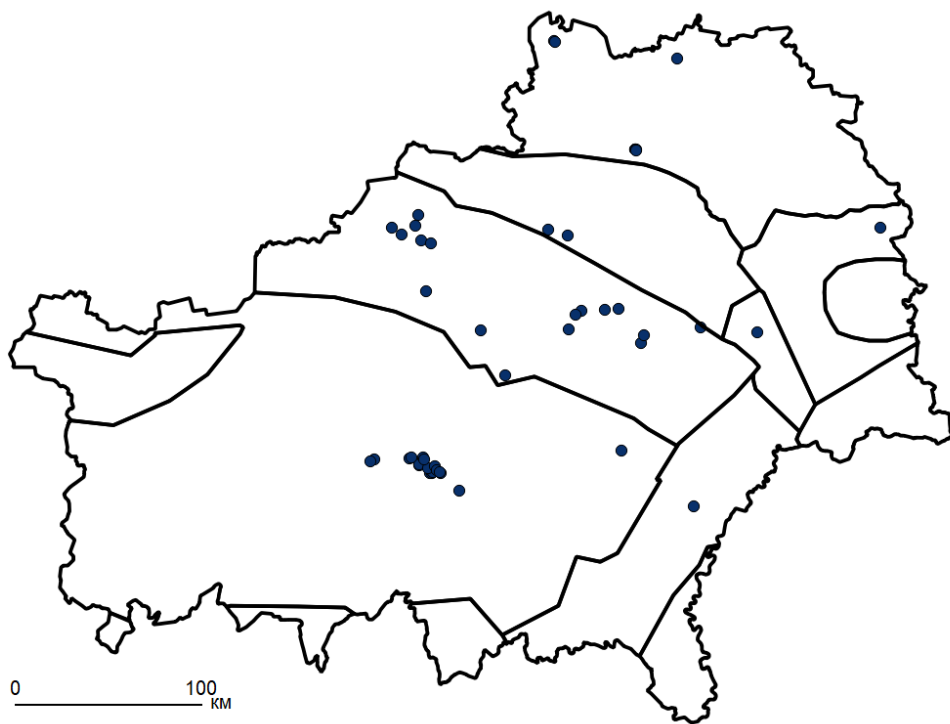
его кровли составляет 0 до 55,2 (средняя 3,1) м. Литологический состав: глина и суглинок — 4,2 %, супесь — 89,3 %, песок — 6,5 %.

В пределах Брагинско-Лоевской седловины мощности отложений днепровского подгоризонта колеблются от 2,8 до 38,7 м (средняя — 9,96; медианная — 8,5 м). Кровля находится на глубине от 0 до 19,6 (в среднем — 4,0) м. Литологический состав: глина и суглинок — 9,1 %, супесь — 89,4 %, песок — 1,5 %.

В пределах северной ступени Припятского прогиба мощности днепровских отложений составляют 1,2–52,6 м (средняя — 11,7; медианная — 11,2 м). Кровля днепровского подгоризонта залегает на глубине 0–65,6 м (средняя — 4,5 м). Литологический состав: глина и суглинок — 5,0 %, супесь — 84,6 %, песок — 10,4 %.

В пределах центрального грабена Припятского прогиба мощности моренных отложений днепровского подгоризонта изменяются от 1,0 до 73,6 м (средняя — 10,8; медианная — 8,3 м). Кровля надгоризонта находится на глубинах от 0 до 27,5 (средняя — 3,8) м. Литологический состав имеет вид: глина и суглинок — 14,2 %, супесь — 56,7 %, песок — 29,1 %.

Мощности более 25 м чаще всего отмечаются в пределах северной ступени Припятского прогиба (рис. 10). Большие мощности морены отмечаются также в скважинах, пробуренных в районе Мозырской гряды в пределах центрального грабена Припятского прогиба. На других тектонических структурах скважины, в которых мощность днепровских отложений превышала 25 м, единичны.



**Рис. 10.** Моренные отложения днепровского подгоризонта, имеющие мощность более 25 м

Таким образом, наибольшие средняя и медианная мощности моренных днепровских отложений характерны для Жлобинской седловины и северной ступени Припятского прогиба. Максимальная мощность (73,6 м) морены отмечена в пределах центрального грабена Припятского прогиба. Наибольшая встречаемость днепровского подгоризонта наблюдается на Северо-Припятском плече (75,5 %) и северной ступени Припятского прогиба (73,7 %).

Для выявления связи между характеристиками четвертичных отложений и разломной тектоникой были выбраны 15 наиболее крупных и надёжно установленных разломов, суперрегионального, регионального и субрегионального рангов (Жлобинский, Лоевский, Северо-Припятский, Южно-Припятский, Микашевичский, Речицко-Вишанский, Червонослободско-Малодушинский, Приднепровский и др.). В качестве разломной зоны были приняты полосы шириной 5 км (середина — линия разлома). Такая величина определяется: а) размером выявляемых в Припятском прогибе аномалий вертикальных движений земной поверхности [6]; б) плотностью имеющейся сети скважин. На разломные зоны приходится 25,4 % площади изучаемой территории.

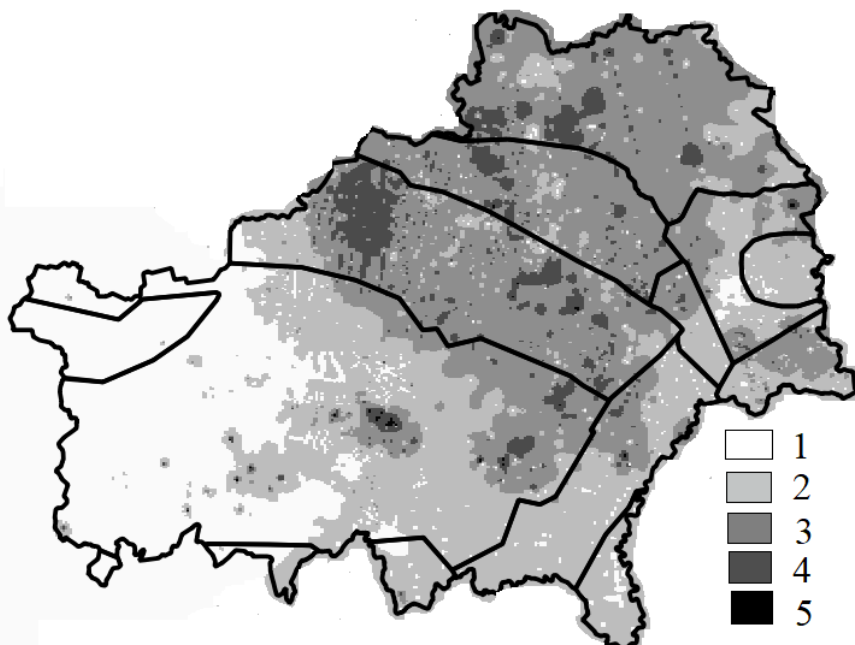
На основе анализа цифровых моделей моренных отложений днепровского подгоризонта получены статистические характеристики их мощностей (среднее, медиана, стандартная ошибка, стандартное отклонение и другие) в надразломных зонах. Результаты обобщены в таблице 7. Видно, что возможны ситуации, когда мощность морены в надразломных зонах выше, чем в среднем по области (Азерецко-Великоборский и Речицко-Вишанский разломы). В большинстве случаев мощность морены в надразломных зонах близка к средней по области или даже меньше ее.

Таблица 7

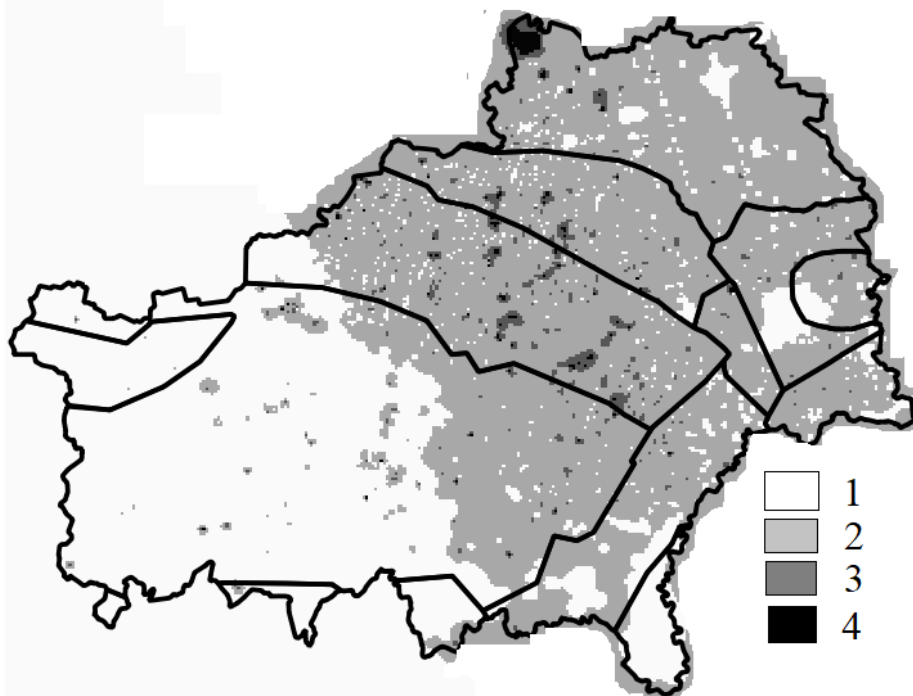
Характеристики мощностей моренных отложений днепровского подгоризонта в надразломных зонах

| Разлом                         | Средняя и ошибка | Медиана | Коэффициент вариации, % |
|--------------------------------|------------------|---------|-------------------------|
| Жлобинский                     | 9,4±0,6          | 9,4     | 42,0                    |
| Северо-Припятский              | 11,4±0,5         | 10,8    | 51,0                    |
| Речицко-Вишанский              | 12,6±0,6         | 12,6    | 45,0                    |
| Червонослободско-Малодушинский | 11,5±0,7         | 11,0    | 46,0                    |
| Азерецко-Великоборский         | 12,7±1,5         | 15,0    | 32,0                    |
| Лоевский                       | 9,3±0,8          | 8,4     | 49,8                    |
| Приднепровский                 | 9,2±2,5          | 7,6     | 72,3                    |
| Гомельская область в целом     | 11,1±0,1         | 10,2    |                         |

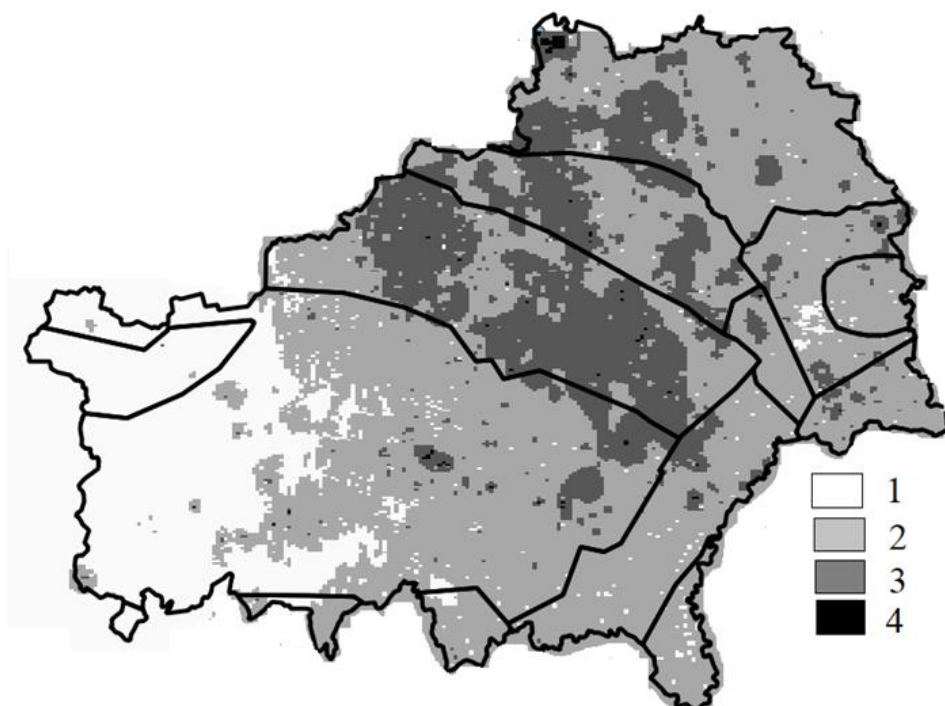
Цифровая модель мощности моренных отложений днепровского подгоризонта приведена на рисунке 11. Цифровая модель глубины залегания кровли моренных отложений — на рисунке 12. Цифровая модель глубины залегания подошвы моренных отложений — на рисунке 13. Во всех случаях использован метод интерполяции IDW (обратного взвешивания расстояний).



**Рис. 11.** Цифровая модель мощности днепровской морены (IDW)  
(1 — до 1 м; 2 — 1–5 м; 3 — 5–10 м; 4 — 10–25 м; 5 — более 25 м)



**Рис. 12.** Цифровая модель глубины залегания кровли днепровской морены (IDW)  
(1 — менее 1 м; 2 — 1–5 м; 3 — 5–10 м; 4 — более 10 м)



**Рис. 13.** Цифровая модель глубины залегания подошвы днепровской морены (IDW)  
(1 — менее 1 м; 2 — 1–10 м; 3 — 10–25 м; 4 — более 25 м)

**Закключение.** В результате исследования проведено районирование территории Гомельской области по особенностям пространственной дифференциации строения геологического разреза кайнозойских отложений и выделено 8 районов. Разработаны цифровые модели мощности, подошвы и кровли четвертичных, неогеновых и палеогеновых отложений юго-востока Республики Беларусь и проведён их анализ. Изучена взаимосвязь пространственной неоднородности мощностей и состава отложений и тектоническими структурами. Цифровое моделирование показало свою эффективность для решения задач детализации строения кайнозойских отложений.

### Литература

1. Геология Беларуси / А. С. Махнач, Р. Г. Гарецкий, А. В. Матвеев и др. Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. 815 с.
2. Гусев А. П. Индикаторы активных разломов (на примере Гомельской структурной перемычки) // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2024. Т. 66. № 1. С. 35—44.
3. Гусев А. П. Техническая и экологическая геофизика. Ч. 1. Техническая геофизика. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. 86 с.

4. Давыдик К. И. Особенности рельефа поверхности морских палеогеновых отложений Беларуси // Літасфера. 1997. № 7. С. 90–101.
5. Давыдик К. И., Якубовская Т. В., Захаренко Т. П. Корреляция геологических и биотических событий в свете новых данных по стратиграфии олигоцена и миоцена Беларуси // Літасфера. 2001. № 1. С. 38–46.
6. Кузьмин Ю. О. Современная геодинамика системы разломов // Физика Земли. 2015. № 4. С. 25–30.
7. Лукашев В. К., Кузнецов В. А., Матрунчик Л. И. Литогеохимические фации кайнозоя запада Русской платформы. Минск: Наука и техника, 1974. 259 с.
8. Манькин С. С. Палеоген Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1973. 206 с.
9. Матвеев А. В. История формирования рельефа Южной Беларуси в четвертичное время // Природопользование. 2022. № 1. С. 83–90.
10. Матвеев А. В., Рылова Т. Б., Демидова С. В., Якубовская Т. В. Изменения в стратиграфических схемах неогеновых и четвертичных отложений Беларуси в связи с пересмотром границы между системами // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2019. Т. 63. № 3. С. 350–359.
11. Мурашко Л. И. Фациальные условия палеогеновой седиментации на территории Беларуси // Проблемы региональной геологии запада Восточно-Европейской платформы и смежных территорий: Материалы I Междунар. науч. конф. Минск: БГУ, 2020. С. 240–245.
12. Мурашко Л. И. Методы идентификации морских палеогеновых отложений Беларуси при геологическом картировании // Современные проблемы геологического картирования: Материалы X Университетских геол. чтений, 14–15 апр. 2016 г. Минск: Изд. центр БГУ, 2016. С. 122–124.
13. Мурашко Л. И., Давыдик К. И., Бурлак А. Ф. Стратиграфическая схема палеогена Беларуси // Літасфера. 2005. № 1. С. 124–135.
14. Павлова А. И. Анализ методов интерполирования высот точек для создания цифровых моделей рельефа // Автометрия. 2017. Т. 53. № 2. С. 86–94.
15. Рельеф Белорусского Полесья / А. В. Матвеев, В. Ф. Моисеенко, Г. И. Илькевич и др. Мн.: Наука и техника, 1982. 131 с.
16. Силкин К. Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8. Воронеж: БГУ, 2008. 65 с.
17. Conrad O. SAGA — program structure and current state of implementation // Göttinger Geographische Abhandlungen. 2006. Vol. 115. P. 39–52.
18. Köthe R., Bock M. Development and use in practice of SAGA modules for high quality analysis of geodata // Göttinger Geographische Abhandlungen. 2006. Vol. 115. P. 85–96.
19. Shuttle Radar Topography Mission // Jet Propulsion Laboratory. [Электронный ресурс]: URL: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/missionoverview.html> (дата обращения: 16.03.2025).
20. Terrain Analysis: Principles and Applications / eds. J. P. Wilson, J. C. Gallant. N. Y.: John Wiley & Sons, 2000. 520 p.

***Сведения об авторах***

**Павловский Александр Илларионович** — заведующий кафедрой горных работ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь.

E-mail: aipavlovsky@mail.ru

**Гусев Андрей Петрович** — заведующий кафедрой геологии и географии, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь.

E-mail: andi\_gusev@mail.ru

**Андрушко Светлана Владимировна** — декан геолого-географического факультета, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь.

E-mail: sandrushko@list.ru

**Моляренко Владимир Леонидович** — старший преподаватель кафедры геологии и географии, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь.

E-mail: molyarenko-vova@bk.ru

**Соколов Александр Сергеевич** — старший преподаватель кафедры экологии, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь.

E-mail: alsokol@tut.by

***About the authors***

**Alexander Pavlovsky**, Head of the Department of Mining Operation, Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus.

E-mail: aipavlovsky@mail.ru

**Andrei Gusev**, Head of the Department of Geology and Geography, F. Skorina Gomel State University, Republic of Belarus.

E-mail: andi\_gusev@mail.ru

**Svetlana Andrushko**, Dean of the Faculty of Geology and Geography, F. Skorina Gomel State University, Republic of Belarus.

E-mail: sandrushko@list.ru

**Vladimir Molyarenko**, Senior Lecturer of the Department of Geology and Geography, F. Skorina Gomel State University, Republic of Belarus.

E-mail: molyarenko-vova@bk.ru

**Aleksandr Sokolov**, Senior Lecturer of the Department of Ecology, F. Skorina Gomel State University, Republic of Belarus.

E-mail: alsokol@tut.by

*Поступила в редакцию 17.04.2025 г.*

*Поступила после доработки 28.05.2025 г.*

*Статья принята к публикации 11.09.2025 г.*

*Received 17.04.2025.*

*Received in revised form 28.05.2025.*

*Accepted 11.09.2025.*