

УДК 004.9:551.79(476.2)

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

А. П. Гусев, А. И. Павловский, С. В. Андрушко, В. Л. Моляренко

Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины

ул. Советская, 104, 246028, Гомель, Беларусь

E-mail: andi_gusev@mail.ru, aipavlovsky@mail.ru, sandrushko@list.ru, molyarenko-vova@bk.ru

Рассмотрены особенности создания цифровых моделей четвертичных отложений для территории Гомельской области с помощью геоинформационных систем Golden Software Surfer и SAGA на основе базы данных «Буровая изученность Республики Беларусь». Набор алгоритмов анализа цифровых моделей позволил получить ряд статистических характеристик четвертичных отложений, их распределение по основным тектоническим структурам, связь с разрывными нарушениями, проникающими в чехол четвертичных отложений, что частично проявляется в виде границ тектонических структур. Выделено несколько кольцеобразных структур, совпадающих с участками, на которых имеет место резкое увеличение мощности четвертичных отложений, околнурены зоны сноса и накопления материала. Установлено, что разработка цифровых моделей карт четвертичных отложений позволяет оперативно использовать фактический материал и решать задачи по рациональному использованию недр, выявлению новых участков полезных ископаемых, мониторингу их состояния.

Ключевые слова: цифровая модель, четвертичные отложения, мощность, Гомельская область, тектонические структуры, методы интерполяции, ГИС, Golden Software Surfer, SAGA, SRTM.

ВВЕДЕНИЕ

Большой вклад в изучение четвертичных отложений на территории Гомельской области внесли Г. И. Гарецкий, А. С. Махнач, К. И. Лукашев, А. В. Матвеев, Э. А. Левков, Ф. Ю. Величневич, Л. М. Вознячук, Е. П. Мандер, Р. И. Левицкая, Т. Б. Рылова, Т. В. Якубовская, Э. А. Крутоус и др. Разработаны стратиграфические схемы и классификации четвертичных отложений, составлены карты четвертичных отложений [1; 9]. На территории Гомельской области изучением четвертичных отложений занимались Институт геохимии и геофизики АН БССР, БелНИИГРИ, НПЦ по геологии, отраслевые и проектные институты, Гомельский государственный университет и другие организации.

Создание цифровой модели четвертичных отложений является актуальным для специалистов-геологов вопросом, так как может использоваться в качестве основы для рационального и эколого-безопасного недропользования на территории Гомельской области. С четвертичными отложениями связаны месторождения различных полезных ископаемых (глин, песчано-гравийного материала и строительных песков, сапропелей, торфа, техногенного минерального сырья), они являются непосредственным компонентом окружающей среды, от которого зависят условия строительства зданий, сооружений и коммуникаций, эколого-гео-

химическая ситуация в городских и сельскохозяйственных ландшафтах, защищенность подземных вод от химического загрязнения, условия миграции загрязняющих вещества в верхней части земной коры, риски развития опасных и неблагоприятных геологических процессов и явлений.

Цель работы – разработка цифровой модели четвертичных отложений на территории Гомельской области с использованием геоинформационных технологий.

Решаемые задачи: 1) разработка цифровых моделей мощности четвертичных отложений и поверхности подошвы четвертичных отложений; 2) анализ цифровых моделей мощности и поверхности подошвы четвертичных отложений; 3) изучение связи характеристик четвертичных отложений с тектоническими структурами.

РАЙОН И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований занимает юго-восточную часть территории Беларуси, в его пределах выделяются 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 м, а некоторых случаях и более [1]. Верхняя часть осадочного чехла, построенная в основном породами меловой, палеогеновой, неогеновой и антропогеновой систем, представляет наибольший интерес в понимании особенностей морфолитогенеза в квартере.

Особенности рельефа предопределены деятельностью 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, реже 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 глубины залегания слоев, а также сведения об основных источниках составления базы.

Дополнительно в ходе исследования была использована цифровая модель рельефа SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), которая в настоящее время является одной из самых популярных моделей рельефа, что связано с ее обширным территориальным охватом и доступностью. SRTM – это международный исследовательский проект, созданный для разработки цифровой модели высот поверхности Земли с помощью радарной топографической съемки [13].

Создание цифровых моделей и их анализ проводили с помощью геоинформационных систем Golden Software Surfer и SAGA [8; 10–12; 14]. Геоинформационная система Golden Software Surfer является отраслевым стандартом построения графических изображений функций двух переменных. Достоинством программы являются заложенные

в нее алгоритмы интерполяции, которые позволяют с высочайшим качеством создавать цифровые модели поверхности по неравномерно распределенным в пространстве данным [10]. Golden Software Surfer (Surfer) предлагает несколько алгоритмов интерполяции: метод кригинга (kriging), метод обратного расстояния (Inverse Distance to a Power) и др.

Интерполирование в методе кригинга (kriging), основанном на статистических характеристиках входных данных (среднее значение и дисперсия), производится гауссовским процессом, определяемым предыдущими ковариациями. В основе метода лежит принцип несмещенности среднего: все взятые вместе значения должны иметь правильное среднее значение; глобальная несмещенность обеспечивается повышением низких значений и уменьшением высоких значений [8].

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 [8].

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 [11; 12].

Верификация полученных моделей осуществлялась с точки зрения их соответствия особенностям геологического строения территории и ранее составленным картам поверхности ложа и мощности четвертичных отложений [3–7; 9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Отложения квартера распространены практически на всей территории Гомельской области, их мощность изменяется от первых сантиметров в районе д. Глушкевичи Лельчицкого района, где на поверхность выходят архей-протерозойские породы фундамента, до 140 м в пределах Мозырской возвышенности и более 200 м у д. Старч Калинковичского района [9].

Геологическое строение и условия залегания отличаются относительной сложностью и разнообразием. Основной объем четвертичной толщи представлен преимущественно моренными и водноледниковыми образованиями нижнего и среднего плейстоцена, а также аллювиальными, озерно-аллювиальными, озерными, болотными, золовыми, склоновыми и другими континентальными осадками верхнего плейстоцена и голоцена. Формирование четвертичных отложений происходило на фоне волнообразного изменения климата в виде чередования похолоданий и потеплений, что привело к развитию ледниковых и межледниковых эпох и, соответственно, к ритмическому характеру строения толщи (чередование ледниковой, межледниковой и криогенной формаций). Нормальная стратиграфическая последовательность залегания отложений разновозрастных ритмов сохраняется только в условиях слабо денудированной и расчлененной поверхности коренных пород. Плейстоцен на территории Гомельской области представлен отложениями нижнего, среднего и верхнего звеньев, а также широко развиты различные генетические типы голоцена.

Стратиграфическая схема четвертичных отложений Беларуси дополнена дворецким горизонтом, который располагается в основании плейстоцена и вместе с гомельским горизонтом составляет его нижний подотдел. В составе дворецкого горизонта выделены ольховский и любчанский подгоризонты – новые региональные стратонемы. В схемах неогена и квартера уточнена корреляция затронутых изменениями холмечского и дворецкого горизонтов с региональными подразделениями стратиграфических схем смежных регионов. Обоснование нового положения неоген-четвертичной границы в геологическом разрезе территории Беларуси, как и выделения новых региональных и местных стратиграфических подразделений схем неогена и квартера, выполнено по геологическим и палеоботаническим (спорово-пыльцевым и палеокарпологическим) данным [2].

Важной характеристикой является мощность четвертичных отложений. Для разработки цифровой модели мощностей четвертичных отложений использовался метод кригинга (kriging), с помощью которого получена карта мощностей четвертичных отложений в изолиниях (рис. 1).

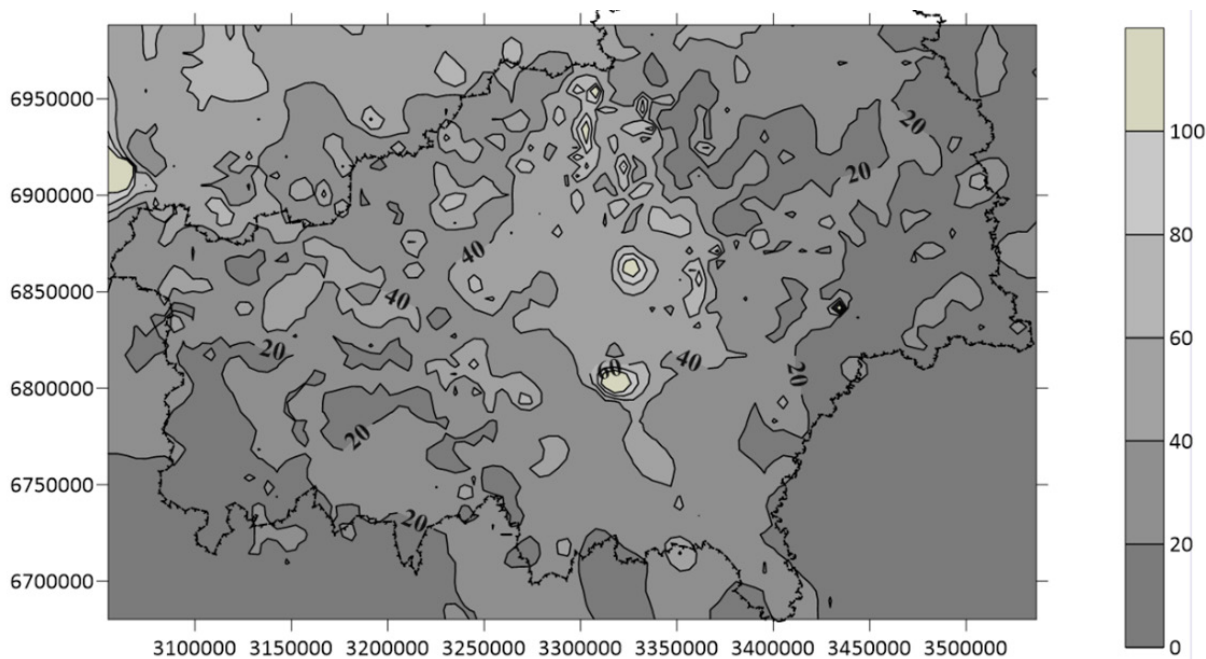
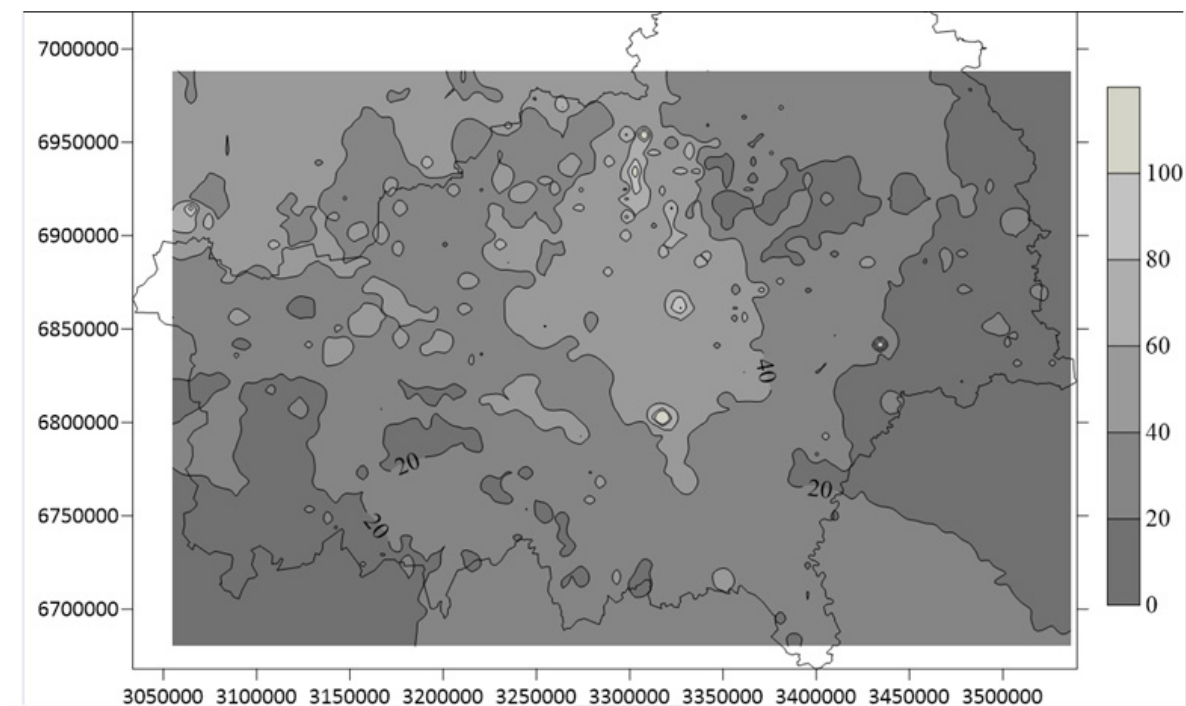


Рисунок 1 – Изолинии мощностей четвертичных отложений на территории Гомельской области (метод интерполяции – kriging)

Методы интерполяции, основанные на других алгоритмах, показывают в целом схожие результаты. На рисунке 2 в качестве примера приведена модель мощностей четвертичных отложений, полученная на основе метода Inverse Distance to a Power (степень обратного расстояния).

Основные характеристики четвертичных отложений (мощности и абсолютные отметки подош-

вы) приведены в таблице 1. Установлено, что средняя мощность четвертичных отложений составляет $30,2 \pm 0,34$ м, а средняя абсолютная отметка подошвы четвертичных отложений – $104,5 \pm 0,38$ м. Мощности колеблются от 0 до 264 м, абсолютные отметки подошвы – от –124 до 155,7 м.



Рисунек 2 – Изолинии мощностей четвертичных отложений на территории Гомельской области (метод интерполяции Inverse Distance to a Power)

Таблица 1 – Характеристика четвертичных отложений Гомельской области

Статистика	Мощность, м	Абсолютные отметки подошвы, м
Среднее	30,2	104,5
Стандартная ошибка	0,34	0,38
Медиана	26,8	105,4
Мода	20,0	105,0
Стандартное отклонение	19,16	21,3
Дисперсия	367,0	455,0
Минимум	0	-124,0
Максимум	264,0	155,7

Рассмотрим изменения указанных характеристик по тектоническим структурам, расположенным в пределах Гомельской области (рис. 3). Видно, что наименьшая средняя мощность четвертичных отложений отмечается для Клиновского 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).

Для остальных тектонических структур характерны средние мощности четвертичных отложений в пределах 20–30 м. Максимальные мощности обнаруживаются в единичных скважинах: на Брагинско-Лоевской седловине (143,2 м), на Северо-Припятском плече (155,0 м), на Северной ступени Припятского прогиба (149,9 м) и Центральном грабене Припятского прогиба (264,0 м).

Медианные и модальные мощности и стандартное отклонение тектонических структур изучаемой территории приведены на рисунке 4.

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, Клиновский 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).

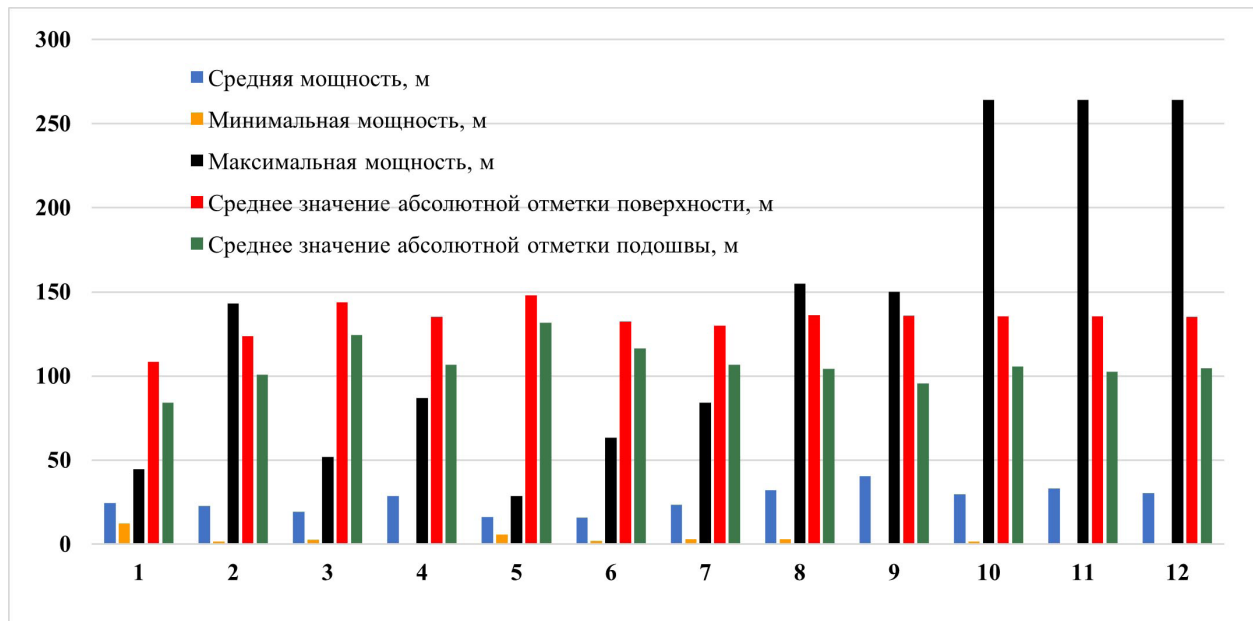


Рисунок 3 – Общие сведения о мощности четвертичных отложений в пределах тектонических структур: 1 – Днепровско-Донецкий прогиб; 2 – Брагинско-Лоевская седловина; 3 – Украинский щит; 4 – Микашевичско-Житковичский выступ; 5 – Гремячский выступ Воронежской антеклизы; 6 – Клинецовский грабен Воронежской антеклизы; 7 – Гомельская перемычка; 8 – Северо-Припятское плечо; 9 – Припятский прогиб (северная ступень); 10 – Припятский прогиб (центральный грабен); 11 – Припятский прогиб в целом; 12 – регион в целом

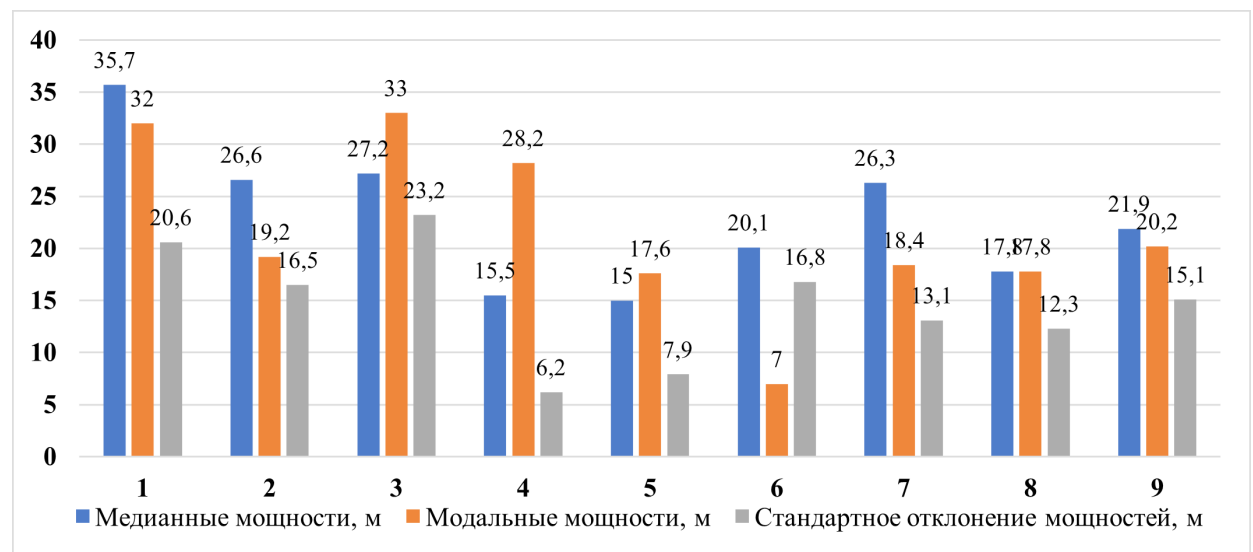


Рисунок 4 – Статистические характеристики мощности четвертичных отложений по тектоническим структурам: 1 – Северная ступень Припятского прогиба; 2 – Центральный грабен Припятского прогиба; 3 – Северо-Припятское плечо; 4 – Гремячский выступ; 5 – Клинецовский грабен; 6 – Гомельская перемычка; 7 – Микашевичско-Житковичский выступ; 8 – Украинский щит; 9 – Брагинско-Лоевская седловина

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, Клинецовский 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).

Установлено, что в пределах Воронежской антеклизы абсолютные отметки колеблются в интервале от 48 до 151,7 м (среднее значение $118,0 \pm 14,6$ м; медиана – 117,3 м). В пределах Гомельской перемычки – от 48 до 128 м (среднее значение

106,6 ± 2,2 м; медиана 111,0 м). На Микашевичско-Житковичском выступе – от 48,7 до 138,2 м (среднее значение 106,8 ± 1,2; медиана 107,2 м). На Украинском щите – от 71,0 до 155,7 м (среднее значение 125,3 ± 3,8; медиана 129,4 м). На Брагинско-Лоевской седловине – от -26,5 до 133,5 м (среднее значение 98,4 ± 1,6; медиана 99,6 м). На Северной ступени

Припятского прогиба – от -27,4 до 135,1 м (среднее значение 95,6 ± 2,0; медиана 99,0 м). В Центральном грабене Припятского прогиба – от -124,0 до 153,6 м (среднее значение 105,7 ± 0,6; медиана 105,4 м). Цифровая модель отметок подошвы четвертичных отложений показана на рисунке 5.

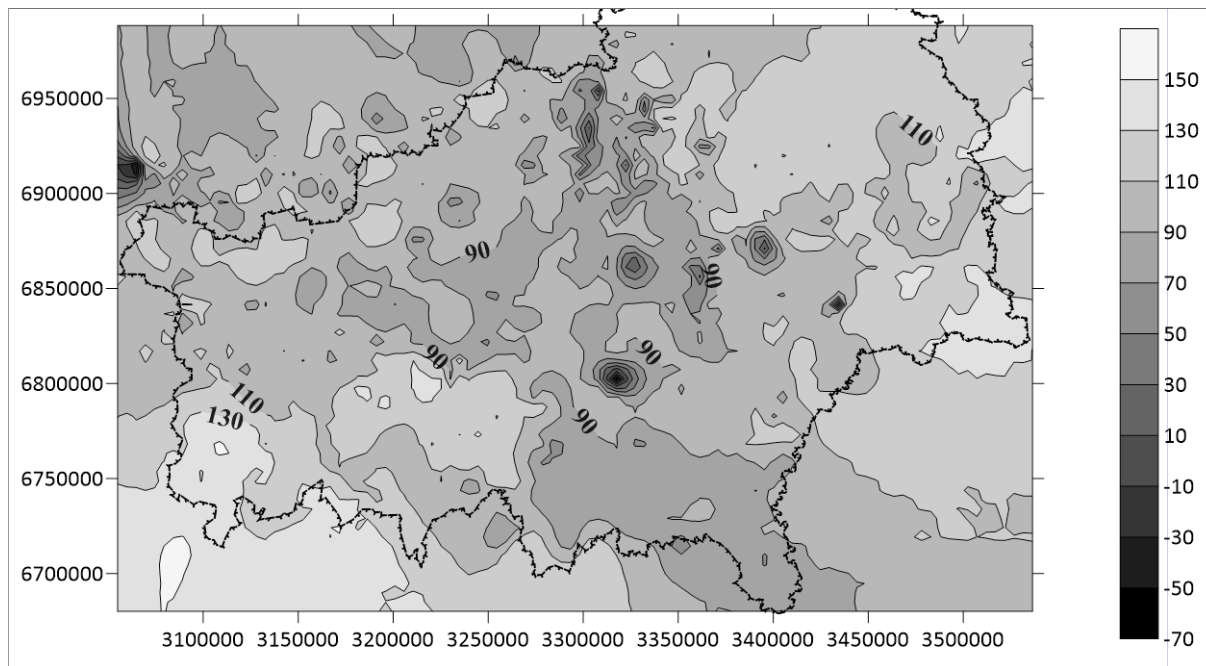


Рисунок 5 – Рельеф подошвы четвертичных отложений на территории Гомельской области (метод интерполяции – kriging, программа – Surfer)

В ГИС SAGA была проведена обработка подошвы четвертичных отложений с помощью алгоритма детектора границ (Canny edge detector). Это один из методов обработки изображений для нахождения границ объектов по изменениям яркости. Особенностью данного алгоритма является применение вариационного исчисления, в ходе которого определяется функция, аппроксимируемая первой производной гауссиана. Метод является одним из самых популярных алгоритмов обнаружения границ. В геологических исследованиях может использоваться при космогенном анализе, предполагающем, что глубинные разломные зоны отражаются в тех или иных структурах земной поверхности (рельеф, растительность, гидрография).

Результат применения Canny edge detector в ГИС SAGA приводится на рисунке 6. Вероятно, некоторая часть установленных структур связана с разрывными нарушениями, проникающими в чехол четвертичных отложений. В то же время видно, что 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 на рисунке 7 приведены результаты обработки Canny edge detector цифровой модели высот земной поверхности (данные STRM). В данном случае наиболее выраженные и протяженные границы связаны с гидрографической сетью.

Был выполнен анализ уклонов поверхности четвертичных отложений (рис. 8). Большая часть территории региона характеризуется низкими значениями уклонов. Однако четко выделяются участки, на которых уклоны поверхности резко возрастают. Такие участки концентрируются в восточной части северной ступени Припятского прогиба, в пределах Северо-Припятского плеча, на участке сочленения Гомельской перемычки и Брагинско-Лоевской седловины, в середине Центрального грабена Припятского прогиба. Пространственная структура уклонов подошвы не имеет четкой привязки к современному рельефу и гидрографической сети (для сравнения – рисунок 9).



Рисунок 6 – Результаты обработки подошвы четвертичных отложений детектором границ в ГИС SAGA (Canny edge detector, SAGA)

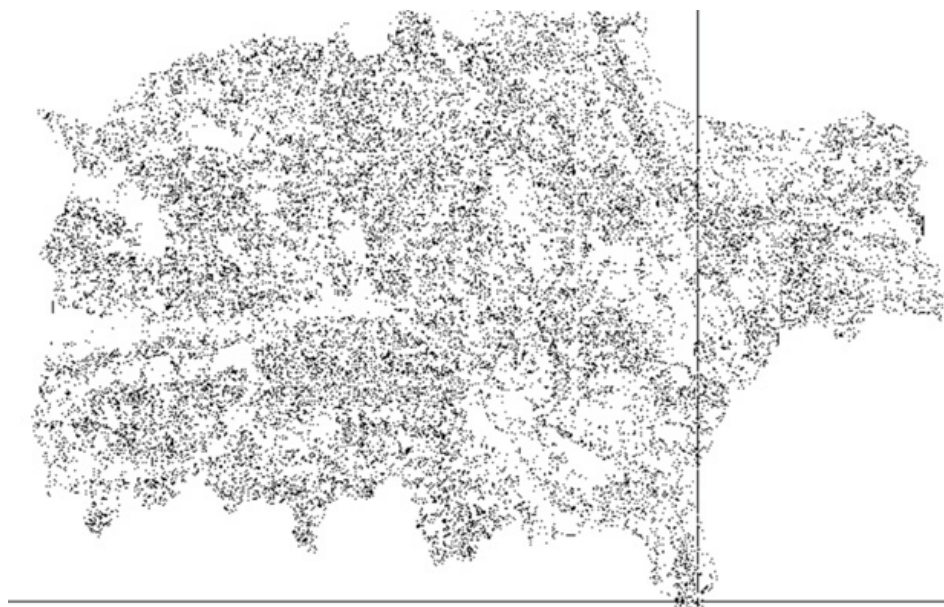


Рисунок 7 – Результаты обработки рельефа земной поверхности детектором границ в ГИС SAGA (Canny edge detector, SAGA)

Анализ кривизны поверхности подошвы четвертичных отложений был выполнен отдельно для профиля (Profile Curvature) и для поверхности (Plan Curvature). Профильная кривизна определяет скорость изменения уклона в направлении градиента (направление спуска и скорость изменения уклона) в каждом узле грида. Результат определения профильной кривизны подошвы четвертичных отложений показан на рисунке 10. Видно, что выделяются несколько кольцеобразных структур, совпадающих

с участками, на которых имеет место резкое увеличение мощности четвертичных отложений.

Плановая кривизна показывает скорость изменения угла поверхности, измеренного в горизонтальной плоскости, служит мерой кривизны контуров, при этом отрицательные значения указывают на расходящийся поток, положительные – на сходящийся. Результат расчетов плановой кривизны подошвы четвертичных отложений приведен на рисунке 11.

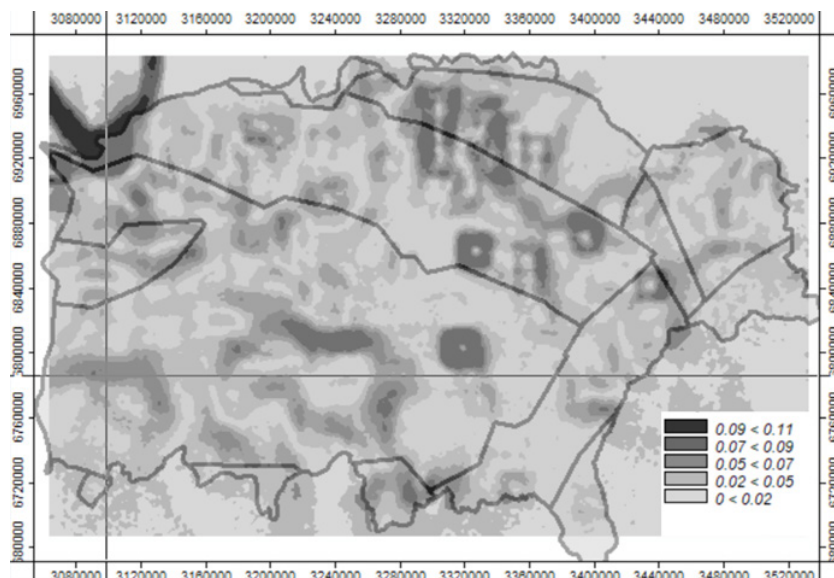


Рисунок 8 – Уклоны поверхности подошвы четвертичных отложений (в радианах, SAGA)

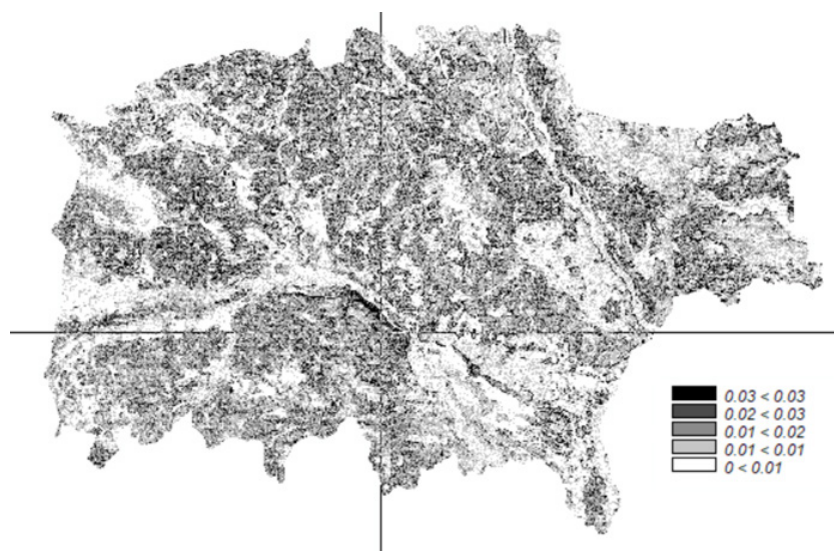


Рисунок 9 – Уклоны рельефа земной поверхности (в радианах, SAGA)

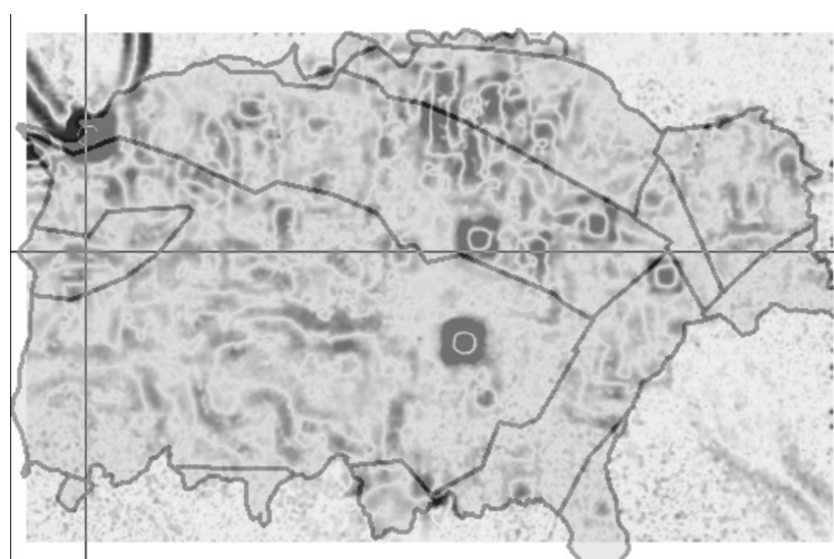


Рисунок 10 – Профильная кривизна поверхности подошвы четвертичных отложений (SAGA)



Рисунок 11 – Плановая кривизна поверхности подошвы четвертичных отложений (SAGA)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важным аспектом разработки цифровых моделей четвертичных отложений, является подтверждение их достоверности, верификация полученных результатов. Построение цифровых моделей и их анализ проводились с помощью геоинформационных систем Golden Software Surfer и SAGA. Это позволило получить достаточно близкие результаты с точки зрения их соответствия особенностям геологического строения территории и ранее составленным картам поверхности ложа и мощности четвертичных отложений, что свидетельствует о достаточно высокой степени достоверности разработанных моделей.

Анализ цифровой модели четвертичных отложений показал, что их средняя мощность составляет $30,2 \pm 0,34$ м, а средняя абсолютная отметка подошвы – $104,5 \pm 0,38$ м. Мощности колеблются от 0 до 264 м, абсолютные отметки подошвы – от –124 до 155,7 м.

Минимальная средняя мощность четвертичных отложений отмечается для Клинцовского грабена Воронежской антеклизы (15,9 м), Гремячского выступа Воронежской антеклизы (16,3 м) и Украинского щита (19,2 м). Максимальные значения средней мощности четвертичных отложений отмечаются на Северной ступени Припятского прогиба (40,3 м) и Северо-Припятского плеча (32,0 м). Максимальные мощности обнаруживаются в единичных скважинах на Брагинско-Лоевской седловине (143,2 м), на Северо-Припятском плече (155,0 м), на Северной ступени Припятского прогиба (149,9 м) и Центральном грабене Припятского прогиба (264,0 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).

Анализ цифровой модели подошвы четвертичных отложений с помощью алгоритма детектора границ (Canny edge detector) свидетельствует о том, что некоторая часть установленных структур связана с разрывными нарушениями, проникающими в чехол четвертичных отложений, и частично проявляется в виде границ тектонических структур. Выделенные границы практически не имеют связи с современной гидрографической сетью, в то время как границы, выявленные на цифровой модели высот земной поверхности, показывают обратное.

Пространственная структура уклонов подошвы не имеет четкой привязки к современному рельефу и гидрографической сети, а анализ кривизны поверхности подошвы четвертичных отложений отдельно для профиля (Profile Curvature) и для поверхности (Plan Curvature) в первом случае показал наличие нескольких кольцеобразных структур, совпадающих с участками, где имеет место резкое

увеличение мощности четвертичных отложений, а во втором, на основе плановой (горизонтальной) кривизны, позволил выделить зоны сноса и накопления материала.

Разработка цифровых моделей карт четвертичных отложений позволяет оперативно использовать накопленный в базах данных фактический материал и решать задачи по рациональному использованию недр, выявлению новых участков полезных ископаемых, мониторингу их состояния.

Исследование выполнено в рамках реализации НИР № 4.02 «Разработка геоинформационных моделей кайнозойских отложений территории Беларуси для прогнозирования новых наиболее доступных месторождений минерального сырья и управления минерально-сырьевой базы» 10.4 подпрограммы «Белорусские недра» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геология** Беларуси / А. С. Махнач [и др.]. – Минск : Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
2. **Изменения** в стратиграфических схемах неогеновых и четвертичных отложений Беларуси в связи с пересмотром границы между системами / А. В. Матвеев [и др.] // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2019. – Т. 63, № 3. – С. 350–359.
3. **Мандер, Е. П.** Антропогеновые отложения и развитие рельефа Белоруссии / Е. П. Мандер. – Минск, 1973. – 123 с.
4. **Матвеев, А. В.** Ледниковая формация антропогена Белоруссии / А. В. Матвеев. – Минск, 1976. – 160 с.
5. **Матвеев, А. В.** О влиянии неотектонических движений на характер антропогенового осадконакопления на территории Припятской впадины / А. В. Матвеев // Новое в стратиграфии, тектонике и четвертичной геологии Белоруссии. – Минск, 1979. – С. 128–135.
6. **Матвеев, А. В.** О генезисе ложа антропогенового покрова / А. В. Матвеев // Доледниковый рельеф Северо-Запада русской равнины. – Л. : ГО СССР, 1982. – С. 19–23.
7. **Нечипоренко, Л. А.** Условия залегания и тектоническая предопределенность антропогенового покрова Беларуси / Л. А. Нечипоренко. – Минск : Наука и техника, 1989. – 114 с.
8. **Павлова, А. И.** Анализ методов интерполирования высот точек для создания цифровых моделей рельефа / А. И. Павлова // Автометрия. – 2017. – Т. 53. – № 2. – С. 86–94.
9. **Рельеф** Белорусского Полесья / А. В. Матвеев [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1982. – 131 с.
10. **Силкин, К. Ю.** Геоинформационная система Golden Software Surfer 8 : учеб.-метод. пособие для вузов / К. Ю. Силкин. – Воронеж : ВГУ, 2008. – 65 с.
11. **Conrad, O.** SAGA – program structure and current state of implementation / O. Conrad // Göttinger Geographische Abhandlungen. – 2006. – Vol. 115. – P. 39–52.
12. **Köthe, R.** Development and use in practice of SAGA modules for high quality analysis of geodata / R. Köthe, M. Bock // Göttinger Geographische Abhandlungen. – 2006. – Vol. 115. – P. 85–96.
13. **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)** [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/missionoverview.html>. – Date of access: 05.06.2023.
14. **Terrain Analysis: Principles and Applications** / Eds. J. P. Wilson, J. C. Gallant. – N. Y. : John Wiley & Sons, 2000. – 520 p.

Артыкул паступіў у рэдакцыю 08.06.2023

Рэцэнзент М. А. Багдасараў

АСАБЛІВАСЦІ РАСПРАЦОЎКІ ЛІЧБАВАЙ МАДЭЛІ ЧАЦВЯРЦІЧНЫХ АДКЛАДАЎ ГОМЕЛЬСКОЙ ВОБЛАСЦІ

А. П. Гусеў, А. І. Паўлоўскі, С. У. Андрушка, В. Л. Малярэнка

Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Ф. Скарыны
вул. Савецкая, 104, 246028, Гомель, Беларусь

E-mail: andi_gusev@mail.ru, aipavlovsky@mail.ru, sandrushko@list.ru, molyarenko-vova@bk.ru

Разгледжаны асаблівасці стварэння лічбавых мадэляў чацвярцічных адкладаў для тэрыторыі Гомельскай вобласці з дапамогай геаінфармацыйных сістэм Golden Software Surfer і SAGA на аснове базы даных «Буравая вывучанасць Рэспублікі Беларусь». Набор алгарытмаў аналізу лічбавых мадэляў дазволіў атрымаць шэраг статыстычных характарыстык чацвярцічных адкладаў, іх размеркаванне па асноўных тэктанічных структурах, сувязь з разрывнымі парушэннямі, якія пранікаюць у чахол чацвярцічных адкладаў, што часткова праяўляецца ў выглядзе межаў тэктанічных структур. Вылучана некалькі колападобных структур, якія супадаюць з участкамі, на якіх мае месца рэзкае павелічэнне магутнасці чацвярцічных адкладаў, акрэслены зоны зносу і назапашвання матэрыялу. Устаноўлена, што распрацоўка лічбавых мадэлей чацвярцічных адкладаў дазваляе аператыўна выкарыстоўваць фактычны матэрыял і вырашаць задачы па рацыянальным выкарыстанні нетраў, выяўленні новых участкаў карысных выкапняў, маніторынгу іх стану.

Ключавыя словы: лічбавая мадэль, чацвярцічныя адклады, магутнасць, Гомельская вобласць, тэктанічныя структуры, метады інтэраполяцыі, ГИС, Golden Software Surfer, SAGA, SRTM.

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF A DIGITAL MODEL OF QUATERNARY SEDIMENTS OF THE GOMEL REGION

A. Gusev, A. Pavlovsky, S. Andrushko, V. Molyarenko

F. Skorina Gomel State University,
104 Sovetskaya St, 246028, Gomel, Belarus

E-mail: andi_gusev@mail.ru, aipavlovsky@mail.ru, sandrushko@list.ru, molyarenko-vova@bk.ru

The features of creating digital models of Quaternary deposits for the territory of the Gomel region using geographic information systems Golden Software Surfer and SAGA based on the database «Drilling knowledge of the Republic of Belarus» are considered. A set of algorithms for the analysis of digital models made it possible to obtain a number of statistical characteristics of Quaternary deposits, their distribution over the main tectonic structures, and their connection with faults penetrating into the cover of Quaternary deposits, which is partially manifested in the form of boundaries of tectonic structures. Several ring-shaped structures have been identified, coinciding with areas where there is a sharp increase in the thickness of Quaternary deposits, and zones of demolition and accumulation of material have been outlined. It has been established that the development of digital models of maps of Quaternary deposits allows you to quickly use the actual material and solve problems for the rational use of subsoil, identifying new areas of minerals, monitoring their condition.

Keywords: digital model, Quaternary deposits, thickness, Gomel region, tectonic structures, interpolation methods, GIS, Golden Software Surfer, SAGA, SRTM.