УДК 910.3:004(470.332) **DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-33-46**

Т.В. Ватлина[1], С.П. Евдокимов[2]

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЛЬЕФА НА ПРОСТРАНСТВЕННУЮ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЮ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ

Основной темой исследования является теоретическое обоснование использования морфометрических особенностей рельефа при анализе пространственной дифференциации почвенного покрова.

Возникает проблема создания теоретической (концептуальной) модели оценки влияния морфометрических показателей рельефа на пространственную структуру почвенного покрова с применением современных географических методов и ГИС-технологий в целях оптимизации использования природного агроресурсного потенциала.

Объектом исследования является почвенный покров Смоленской области. Учитывая сложность и большой объем материалов, в данной статье изложены итоги исследования по оценке влияния рельефа на структуру почвенного покрова на примере одного модельного участка.

Целью исследования является оценка взаимосвязи пространственного распространения почвенного покрова и такого фактора почвообразования как рельеф. Для этого был выбран один участок на территории Смоленской области, создана и проанализирована его цифровая модель.

Результаты работы представляют как самостоятельный научный интерес, так и служат для оценки природного агроресурсного потенциала. Разработка теоретических и методологических аспектов сельскохозяйственного районирования является актуальнейшей проблемой современной географии. Решение этой проблемы необходимо для выработки рекомендаций для лиц принимающих решения в области управления сельским хозяйством. На современном этапе развития сельского хозяйства России, при крайне ограниченных материальных, трудовых и финансовых ресурсах, преодоление аграрного кризиса возможно прежде всего, на основе более эффективного использования природного потенциала территории.

Впервые изучена взаимосвязь пространственного распространения почвенного покрова в зависимости от рельефа на примере одного модельного участка на территории Смоленской области. Построен ряд диаграмм отражающих данную взаимосвязь: распределение типов почв по высотам рельефа, распределение преобладающих типов почв по различным экспозициям склонов, распределение преобладающих типов почв по различным углам наклона склонов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рельеф, почвенный покров, морфометрический анализ, пространственная дифференциация, ГИС-технологии.

---

[1] Смоленский государственный университет, естественно-географический факультет, ул. Пржевальского, д. 4, 214000, Смоленск, Россия, *e-mail:* **vatlina_geo@mail.ru**

[2] Смоленский государственный университет, естественно-географический факультет, ул. Пржевальского, д. 4, 214000, Смоленск, Россия, *e-mail:* **esppaleogeo@mail.ru**

Tamara V. Vatlina[1], Sergey P. Evdokimov[2]

ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE RELIEF ON THE SOIL STRUCTURE IN SMOLENSK REGION

ABSTRACT

The main research topic is the theoretical justification of integrated regionalization of rural areas to optimize the use of natural agro-potential by developing conceptual frameworks and new methodological approaches to assessing the effectiveness of its use and determining environmentally and economically options for the interaction of natural and production-territorial systems.

The problem of creating a theoretical (conceptual) model of integrated regionalization of rural areas using modern geographical methods and GIS technologies to optimize the use of natural agro-resource potential is arisen.

The object of study is the natural agropotential of Smolensk region. Considering the complexity character of research we used the model area.

The aim of the study is to assess the relationship of the spatial soil's distribution and relief. For this aim, the model area on the territory of Smolensk region was chosen, digital model was created and analyzed.

The research results have independent scientific interest and optimize the using of the natural agro-resource potential. The development of theoretical and methodological aspects of agricultural zoning is the most current problem of modern geography. The solution to this problem is necessary to develop recommendations for agricultural management.

At the present stage of development of agriculture in Russia with extremely limited material, labor and financial resources, overcoming of the agrarian crisis will be possible on the basis of more efficient using of the natural potential of the territory.

For the first time, the correlation of the spatial distribution of soil cover depending on the relief was studied using the model area of Smolensk region. The series of diagrams with the distribution of soil types by height, the distribution of the prevailing soil types on the slopes of different exposures, distribution of the prevailing soil types on the slopes of different angles have been constructed.

KEYWORDS: relief, soil cover, morphometric analysis, spatial differentiation, GIS technologies.

ВВЕДЕНИЕ

В течение многих лет нами ведутся исследования по оптимизации использования природного агропотенциала, теории и практики агроресурсного районирования. Решается проблема разработки системно-структурного подхода к обоснованию рационального использования природных ресурсов сельского хозяйства на основе районирования. Одним из определяющих факторов пространственного распределения почв и разнообразия их типов является рельеф. Он контролирует уровень грунтовых вод и распределение

[1] Smolensk State University, Natural-geographical faculty, Przhevalskystr., 4, 214000, Smolensk, Russia, *e-mail:* **vatlina_geo@mail.ru**

[2] Smolensk State University, Natural-geographical faculty, Przhevalskystr., 4, 214000, Smolensk, Russia, *e-mail:* **esppaleogeo@mail.ru**

солнечной радиации, а те, в свою очередь, характер геохимических процессов и растительности [*Ласточкин,* 1987, 2002].

Основой исследования является теоретическое обоснование комплексного районирования сельской местности для оптимизации использования природного агропотенциала путем разработки концептуальных основ и новых методологических подходов к оценке эффективности его использования и определения экологически и экономически обоснованных вариантов взаимодействия природных и производственно-территориальных систем. Решается проблема создания теоретической (концептуальной) модели комплексного районирования сельской местности с применением современных географических методов и ГИС-технологий в целях оптимизации использования природного агроресурсного потенциала. Основой пространственного анализа является комплексный ландшафтный подход.

Объектом исследования является почвенный покров Смоленской области. Учитывая сложность и большой объем работы исследования оценка влияния рельефа на структуру почвенного покрова и разработка методики исследования проведены на примере модельного участка. Поставлена цель оценить взаимосвязи пространственного распространения почвенного покрова и такого фактора почвообразования как рельеф. Для этого был выбран участок на территории Смоленской области, создана и проанализирована его цифровая модель.

Результаты исследования представляют как самостоятельный научный интерес, так и служат оптимизации использования природного агроресурсного потенциала. Разработка теоретических и методологических аспектов сельскохозяйственного районирования является актуальнейшей проблемой современной географии сельского хозяйства. Решение этой проблемы необходимо для выработки рекомендаций для лиц принимающих решения в области управления сельским хозяйством. На современном этапе развития сельского хозяйства России, при крайне ограниченных материальных трудовых и финансовых ресурсах, преодоление аграрного кризиса, прежде всего, можно реализовать на основе более эффективного использования природного потенциала территории.

Впервые изучена взаимосвязь пространственного распространения почвенного покрова и некоторых параметров рельефа на примере участка на территории Смоленской области – для удобства работы и последующего сравнения с фондовыми материалами был выбран лист карты масштаба 1 : 200 000 (N-36-VIII). Построен ряд диаграмм отражающих данную взаимосвязь: распределение типов почв по высотам рельефа, распределение преобладающих типов почв по различным экспозициям склонов, распределение преобладающих типов почв по различным углам наклона склонов.

На современном этапе развития науки проследить и оценить взаимосвязи пространственного распространения почвенного покрова и такого фактора почвообразования как рельеф стало возможно с использованием ГИС-технологий, которые позволяют создавать цифровые модели дневной поверхности. На основе этих корректных цифровых моделей можно проводить оценки и сопоставления для значительных по площади территорий, получать различные статистические и описательные характеристики, отбирать наиболее значимые результаты и представлять как в числовом, так и в графическом виде [*Agayan, Kosevich,* 2018; *Krcho,* 1973; *Pareta, Pareta,* 2011; *Чупина,* 2014; *Чупина, Зольников,* 2016].

Одним из определяющих факторов пространственного распределения почв и разнообразия их типов является рельеф. Он контролирует уровень грунтовых вод и распределение солнечной радиации, а те, в свою очередь, характер геохимических процессов и растительности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Смоленская область расположена почти в центре Восточно-Европейской равнины, в западной части Российской Федерации, занимает площадь 49 786 км^2, что составляет примерно 0,3 % площади России. Крайние широтные точки области – 56° 05' с. ш. и 53° 23' с. ш. Самая западная ее точка находится на 30° 45' в. д., а самая восточная – на 35° 21' в. д. Протяженность области с запада на восток по параллели г. Гагарина около 280 км, с севера на юг – по меридиану г. Рославля – 250 км. Контур области имеет форму неправильного треугольника с вершиной, обращенной к югу. На западе область граничит с Республикой Беларусь (Витебской и Могилевской областями), на севере – с Псковской и Тверской областями, на востоке – с Московской, на юго-востоке с Калужской и Брянской.

Географическое положение области во многом своеобразно. Расположена она в умеренных широтах, в зоне заметного влияния воздушных масс с Атлантики. Занимает значительную часть водораздела трех крупнейших рек Восточной Европы: Волги, Днепра и Западной Двины. Большая часть области относится к верховью Днепра. Это один из наиболее приподнятых участков Восточно-Европейской равнины.

Рельеф территории Смоленской области представляет собой на большей части всхолмленную и волнистую равнину. Средняя абсолютная высота ее около 200 м, что примерно на 60 м выше средней абсолютной высоты Русской равнины [*Мещеряков,* 1972]. Возвышенности, включающие участки поверхности с абсолютной высотой более 200 м, занимают 61% территории области, низменности 39%. Немногим более 14% территории располагается в пределах абсолютных отметок 170–200 м. Вся территория входит в зону избыточного увлажнения, в связи, с чем практически повсеместно наблюдается высокая активность процессов заболачивания. Более 25 тыс. га территории занято оврагами и балками.

Преобладание возвышенностей и значительное углубление рек обуславливали развитие эрозионных форм рельефа, образование которых связано с временными водотоками. Развитие овражно-балочной сети происходило в основном в местах глубокого вреза наиболее крупных рек (Днепра, Сожа, Десны), а также по окраинам возвышенностей, там, где они сильно возвышаются над расположенными рядом низменностями (запад, северо-запад и юг Духовщинской возвышенности, северная часть Ельнинской возвышенности, отдельные участки Рославльской возвышенности и др.)

Интенсивность эрозии в значительной степени зависит от крутизны склонов. Почвы на площадях с уклоном 0,5–1°, вспаханные на зябь или занятые посевами озимых, подвергаются эрозии в отдельные годы, а на склонах 1,5–2° – ежегодно в различных размерах.

Анализ густоты расчленения рельефа на основе геоинформационных технологий позволяет получать точную пространственную информацию и достоверно ее интерпретировать. Для этого были выполнены расчеты показателя длины водотоков на единицу площади в пределах сети квадратов площадью 1 км^2. Густота расчленения Смоленской области составила: для первого класса (менее 1 км/км^2) – 70,85%, для второго класса (от 1 км/км^2 до 2 км/км^2) – 25,92%, для третьего класса (более 2 км/км^2) – 3,23% от общей территории области.

Особенности природных условий территории Смоленской области способствуют формированию на большей ее части дерново-подзолистых почв. Другие типы почв (подзолистые, дерновые, пойменные, болотные) имеют заметно меньшее развитие [Природа, 2001].

Многообразие сочетаний различных факторов, влияющих на образование и развитие почв, определяет сложность и контрастность их распределения. Мелкоконтурность, мозаичность почвенного покрова характерны для всей территории области,

но больше всего для северо-западной ее части. Особенности распределения почв связаны, прежде всего, с ведущими факторами – рельефом и почвообразующими породами, определяющими ход различных процессов и основные свойства почв.

Территория Смоленской области расположена в таежно-лесной зоне дерново-подзолистых почв, где хорошо выражены дерновый, подзолистый и болотный процессы почвообразования. С учетом ведущих факторов почвообразования (рельефа и почвообразующих пород) в пределах области выделяют три почвенных округа: северо-западный, центральный и южный [Природа, 2001].

Ранее нами с соавторами была создана цифровая модель почвенной карты Смоленской области. Её характеристика и методы исследования изложены в работах [*Варфоломеев и др.,* 2013; *Evdokimov, Varfolomeev,* 2014]. Исходным материалом послужила почвенная карта Смоленской области масштаба 1 : 200 000 [Почвенная карта, 1989]. Данная работа является продолжением разработки применения анализа влияния рельефа на формирование почвенного покрова на модельном участке с использованием ГИС-технологий.

Для изучения и оценки взаимосвязи пространственного распространения почвенного покрова и рельефа были использованы зональные функции, представленные в модуле Spatial Analyst. Эти функции рассчитывают выходную таблицу или диаграмму, значения которых являются функцией значений ячеек входной грид-темы и их взаимосвязи с другими ячейками в пределах той же картографической зоны. Зональные функции делятся на четыре типа. В данной работе применялись только две: функция табуляции площадей и статистика по зонам.

Функция табуляции площадей выполняет кросс-табуляцию зон между двумя входными темами. Зоны первой темы задают записи (строки) итоговой таблицы, а зоны второй темы определяют ее столбцы. Значения в итоговой таблице определяют площадь каждой зоны входной темы 2 (тема столбцов), входящей в каждую зону входной темы 1 (тема строк). В данной работе чаще всего применялись диаграммы кросс-табуляции, так как они более наглядно показывают взаимосвязь между почвенным покровом и различными факторами почвообразования. Для построения диаграмм кросс-табуляции использовалась функция гистограммы по зоне. Столбцы в полученной гистограмме представляют площадь каждой зоны входной темы 2 (счет производится по столбцам), входящей в каждую зону входной темы 1 (ось x).

Функция статистики по зонам вычисляет статистические характеристики в пределах каждой зоны. Для этой функции нужны две входные темы. Первая грид-тема задает значения, используемые при вычислениях. Вторая тема определяет, к какой зоне принадлежит каждая ячейка. Вычисляемые статистические характеристики: большинство, максимум, среднее, медиана, минимум, меньшинство, диапазон, стандартное отклонение, сумма и число уникальных значений.

Для оценки взаимосвязи пространственного распространения почвенного покрова и такого фактора почвообразования как рельеф был выбран участок, создана и проанализирована его цифровая модель с использованием методики изложенной в работе [*Шарый,* 2016]. Участок соответствует листу топографической карты N-36-08 масштаба 1:200 000 и расположен в северо-западном почвенном округе (рис. 1). Его площадь равна 4 757 км². Географические координаты участка 55° 20' с.ш. и 31° 00' в.д. Территория характеризуется перепадом высот порядка 100 м (от 160 м до 260 м). На выбранном участке находится Витебская возвышенность. Из крупных рек можно выделить р. Днепр и р. Каспля. Рисунок речной сети древовидный. Наиболее густой рисунок гидросети наблюдается в юго-западной части. Количество почвенных ареалов на данной территории составляет 1 130.

Рис. 1. Фрагмент почвенной карты северо-западного округа Смоленской области [21]
Fig. 1. Fragment of the soil map of the north-western district of Smolensk region

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На модельный участок была построена диаграмма, на которой показана структура почвенного покрова ключевого участка (рис. 2).

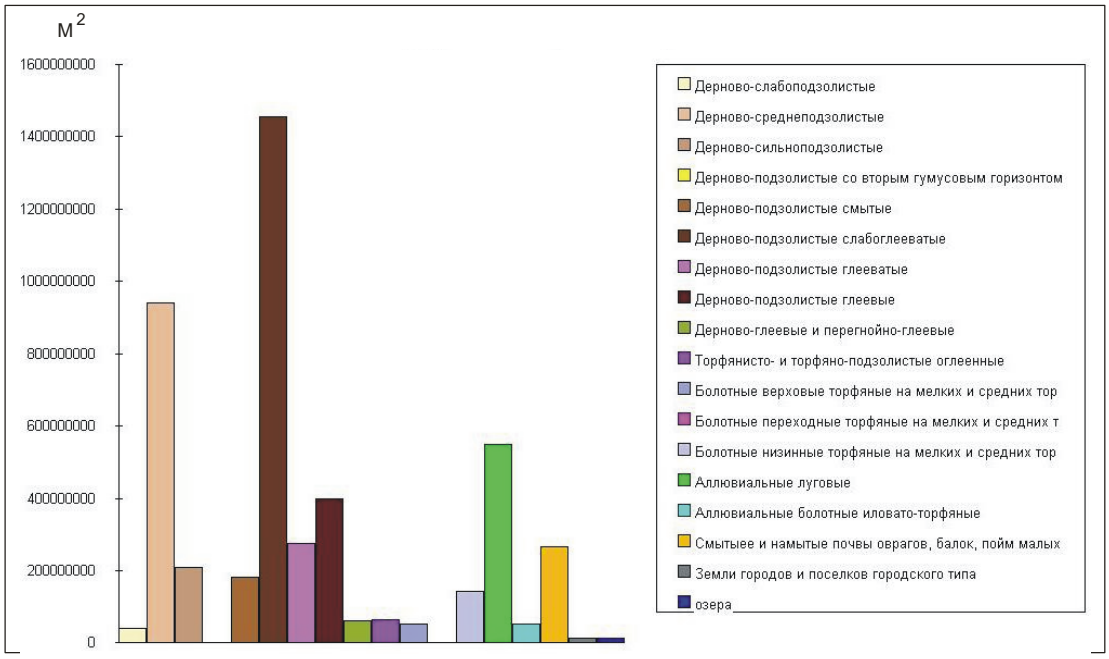

Рис. 2. Структура почвенного покрова модельного участка
Fig. 2. The structure of the soil cover of model area

Из диаграммы видно, что на участке преобладают дерново-подзолистые слабоглееватые, дерново-среднеподзолистые, аллювиальные луговые и дерново-подзолистые глеевые, т. е. для данной территории характерны переувлажненные виды почв. Была также построена сетка квадратов, для которых созданы картограмма почвенной однородности на основе энтропии (рис. 3) и картограмма количественного распределения почвенных ареалов (рис. 4). Размер стороны квадрата сетки равен 10 км. Ячейки сетки такой величины обеспечивают достаточный объем статистической выборки и визуального представления результатов оценки.

Исходя из вида картограммы почвенной однородности на основе энтропии, можно сказать, что на всем ключевом участке преобладает значение энтропии в интервале от 0,2 до 0,4 и, следовательно, эти территории характеризуются небольшим разнообразием видов почв.

Лишь на небольших участках на севере и на юге территории, приуроченных в основном к речным долинам, энтропия увеличивается до 0,4–0,6. Данные участки расположены на низменных, хорошо увлаженных, а местами и заболоченных территориях, что способствует развитию болотного, дернового и подзолистого процессов одновременно, а, следовательно, и большому разнообразию видов почв.

Изучая картограмму количественного распределения почвенных ареалов на участок, можно сделать вывод, что наименьшее количество от 2 до 4 почвенных ареалов в квадрате сетки наблюдается на севере и юго-востоке участка. Наибольшее количество почвенных ареалов (от 4 до 6 в ячейке) наблюдается в юго-западной части территории. Данная территория расположена в бассейне реки Днепр, на высотах от 160 до 180 м, с залеганием грунтовых вод до 3 м, что способствует развитию сразу нескольких почвообразующих процессов.

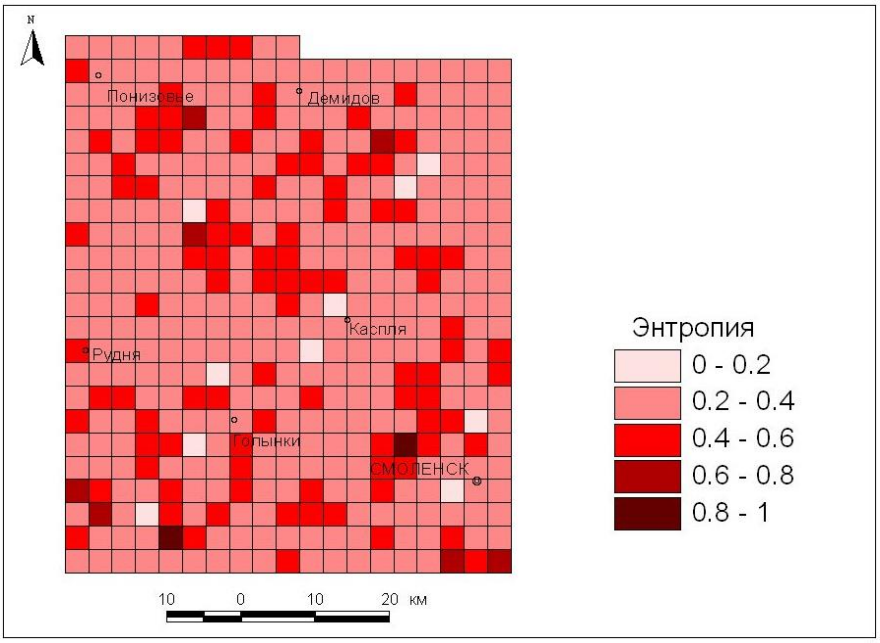

Рис. 3. Картограмма почвенной однородности на основе энтропии на модельный участок
Fig. 3. Cartogram of soil's homogeneity based on entropy of model area

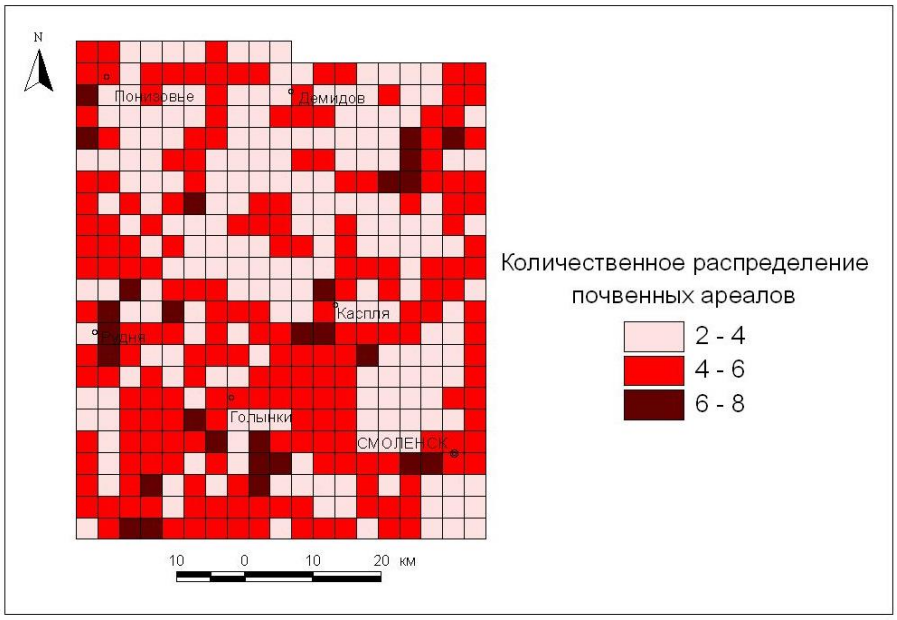

Рис. 4. Картограмма количественного распределения почвенных ареалов на модельный участок
Fig. 4. Cartogram of the quantitative distribution of soil areas on a key area

Большое значение при изучении почвенного покрова имеет форма почвенных контуров. Данная характеристика может говорить о том, какой почвообразующий процесс происходит на данной территории и в каком направлении он протекает. Возможности ГИС-технологий позволяют оценить форму почвенных контуров. С использованием модуля Анализ геополей по зонам была построена растровая модель форм почвенных контуров на модельный участок (рис. 5).

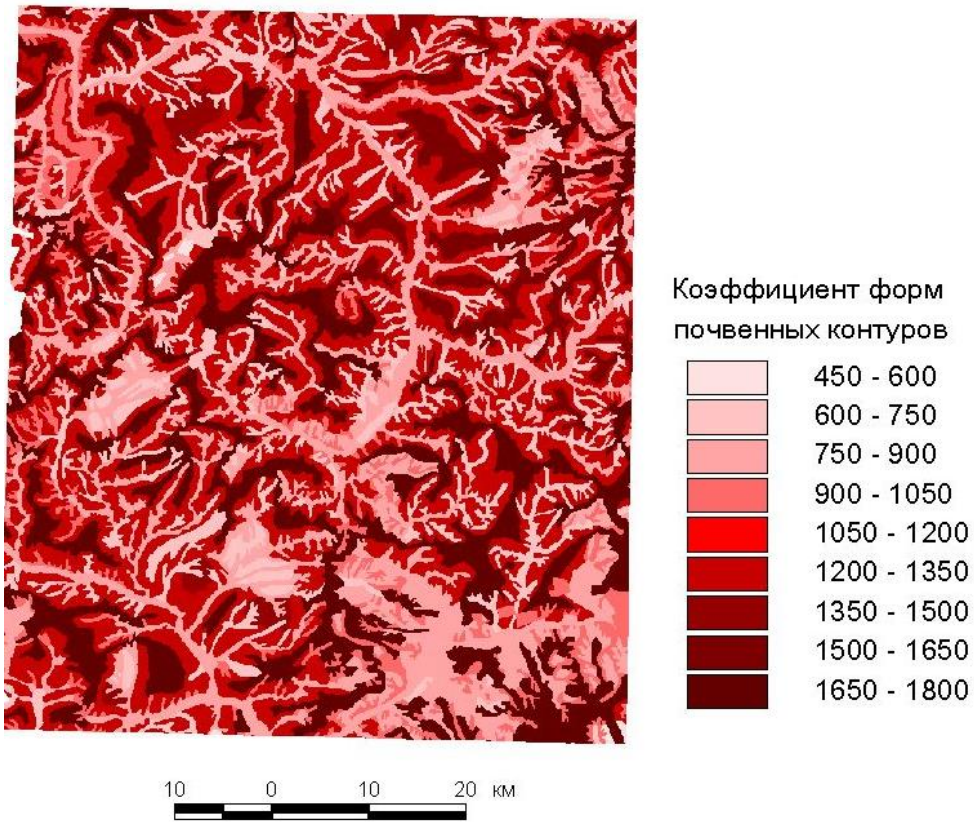

Рис. 5. Растровая модель форм почвенных контуров
Fig. 5. Raster model of soil contour

На высотном интервале от 160 до 170 м преобладают дерново-подзолистые глееватые, аллювиальные болотные иловато-торфяные и дерново-подзолистые глеевые. На высотных интервалах 170–180 и 180–190 м преобладают дерново-подзолистые глееватые и дерново-сильноподзолистые почвы. Нужно отметить, что большая часть территории лежит в высотном интервале от 160 до 190 м (табл. 1), поэтому и наблюдается такое большое разнообразие почв. На высотных интервалах от 200 до 220 м также преобладают дерново-подзолистые глееватые и дерново-сильноподзолистые почвы, а на высотных интервалах 220–260 м уже только дерново-сильноподзолистые. Разнообразие почв с увеличением высоты уменьшается, как и площадь, занимаемая этими высотными интервалами.

Для почвенных ареалов и высотных интервалов была вычислена зональная статистика, представленная в таблице 1.

Столбец «разнообразие» представлен в количественных оценках.

В столбцах преобладание и наименьшие значения приведены коды типов и подтипов почв:

2 – дерново-среднеподзолистые,
6 – дерново-подзолистые слабоглееватые,
10 – дерново-глеевые и перегнойно-глеевые,
11 – торфянисто- и торфяно-подзолистые оглеенные,
13 – болотные переходные торфяные на мелких и средних торфах,
17 – аллювиальные болотные иловато-торфяные,
19 и 20 – земли городов и поселков городского типа и водных объектов.

Табл. 1. Зональная статистика для почвенных ареалов и высотных интервалов
Table 1. Zonal statistics for soil ranges and altitude intervals

Высотный интервал, м	Площадь, км²	Разнообразие	Преобладание	Наименьшее значение
160–170	1050,7	16	6	10
170–180	1044,6	16	6	20
180–190	1018,6	17	6	13
190–200	800,6	17	6	20
200–210	264,1	15	6	11
210–220	250,0	12	2	17
220–230	67,8	11	2	19
230–240	33,3	10	2	19
240–260	1,2	4	2	17

Из таблицы видно, что для высотных интервалов 180–190 м и 190–200 м характерно наибольшее разнообразие почв. Во всех высотных интервалах преобладающими почвами являются дерново-среднеподзолистые и дерново-подзолистые слабоглееватые почвы. Аллювиально-луговые почвы преобладают на высотных интервалах 160–170 м и 170–180 м, но совсем отсутствуют на высотном интервале 240–260 м. Дерново-подзолистые слабоглееватые преобладают на высотных интервалах от 160 м до 190 м, а наименее распространены на 230–260 м. Дерново-среднеподзолистые наиболее распространены на интервале 180–200 м, наименее 240–260 м.

Для преобладающих на участке дерново-сильноподзолистых, дерново-подзолистых слабоглееватых и аллювиальных луговых почв и высотных интервалов была построена таблица кросс-табуляции площадей (табл. 2).

Анализ таблицы показывает, что аллювиально-луговые почвы преобладают на высотных интервалах 160–170 и 170–180 м, но совсем отсутствуют на высотном интервале 240–260 м. Дерново-подзолистые слабоглееватые преобладают на высотных интервалах от 160 до 190 м, а наименее распространены на 230–260 м. Дерново-среднеподзолистые наиболее распространены на интервале 180–200 м, наименее 240–260 м.

Благодаря рельефу в значительной мере перераспределяется на земной поверхности радиационная энергия Солнца, «питающая» процессы почвообразования. Определенную роль в местном увеличении или уменьшении солнечной радиации играет экспозиция склонов. На склонах южной экспозиции вследствие большего притока тепла интенсивнее происходит прогревание почвы, испарение влаги, дольше сохраняются биологически активные температуры. На склонах северной экспозиции, напротив, почва может быть сильнее промерзшей, с более продолжительным снежным покровом, она будет развиваться в условиях, в большей мере способствующих накоплению влаги.

Не менее важную роль в формировании почвенного покрова играет рельеф как перераспределитель влаги и растворенных в ней веществ. Очевидно, что на совершенно ровной (горизонтальной) поверхности боковой сток влаги отсутствует, поступающие атмосферные осадки при этом либо просачиваются в почвенную толщу, либо частично испаряются обратно в атмосферу. В том же случае, когда поверхность имеет тот или иной наклон, создаются условия для стока части атмосферных осадков вниз по уклону. Это явление приводит к тому, что в одной и той же климатической обстановке почвы склонов, а также локальных повышенных элементов рельефа, как правило, получают меньше влаги, чем почвы равнинных, особенно пониженных, элементов рельефа. Результатом такой дифференциации оказывается различный водный режим почв склонов, плоских

повышений и понижений. На наклонных поверхностях, особенно большой крутизны, дефицит влаги может приводить к иссушению почв, либо к неглубокому их увлажнению, что, безусловно, будет отражаться на состоянии биоты, химических и других процессах, протекающих в почвах. В свою очередь, почвы отрицательных элементов рельефа из-за дополнительного притока влаги с относительно более высоких уровней поверхности нередко оказываются переувлажненными, пустоты в них полностью заполняются водой, что сказывается на всем комплексе явлений почвообразования [*Глазовская, Геннадиев,* 1995].

Табл. 2. Кросс-табуляция площадей
Table 2. Cross-tabulation of spaces

Высотные интервалы, м	Почвы		
	аллювиально-луговые, км²	дерново-подзолистые слабоглееватые, км²	дерново-среднеподзолистые, км²
160–170	219,0	319,8	71,6
170–180	127,6	321,5	116,8
180–190	84,8	360,0	266,7
190–200	64,9	245,8	205,0
200–210	15,3	84,4	82,2
210–220	13,1	45,1	82,8
220–230	1,4	4,5	39,4
230–240	0,9	1,4	22,5
240–260	0,0	0,2	0,7

Для изучения взаимосвязи преобладающих видов почв на ключевом участке и таких характеристик рельефа, как угол наклона склона и экспозиция склона с использованием модуля 3D Analyst, были построены соответствующие растровые модели.

Для преобладающих на ключевом участке типов почв с использованием представленных растровых моделей были построены диаграммы кросс-табуляции (рис. 6, 7). Столбцы в полученных гистограммах представляют площадь каждой зоны грид-темы углов наклона склонов или экспозиций склонов, входящей в каждую зону векторной темы почвенный покров. В векторной теме выделялись три преобладающих подтипа почв, для которых и строилась диаграмма с использование грид-темы.

Из диаграммы распределения углов наклона склонов видно, что аллювиальные луговые, дерново-среднеподзолистые и дерново-подзолистые слабоглееватые почвы в основном расположены на склонах с углами наклона не более 1°.

Исходя из вида диаграммы распределения экспозиций склонов для преобладающих подтипов почв, можно сказать, что аллювиальные луговые почвы равномерно покрывают склоны всех экспозиций, однако на выровненных территориях их меньше всего. Дерново-подзолистые слабоглееватые преобладают на всех склонах, кроме склонов северной и северо-восточных экспозиций и выровненных поверхностей. А дерново-среднеподзолистые наоборот в основном располагаются на ровных территориях, а на склонах различных экспозиций их гораздо меньше.

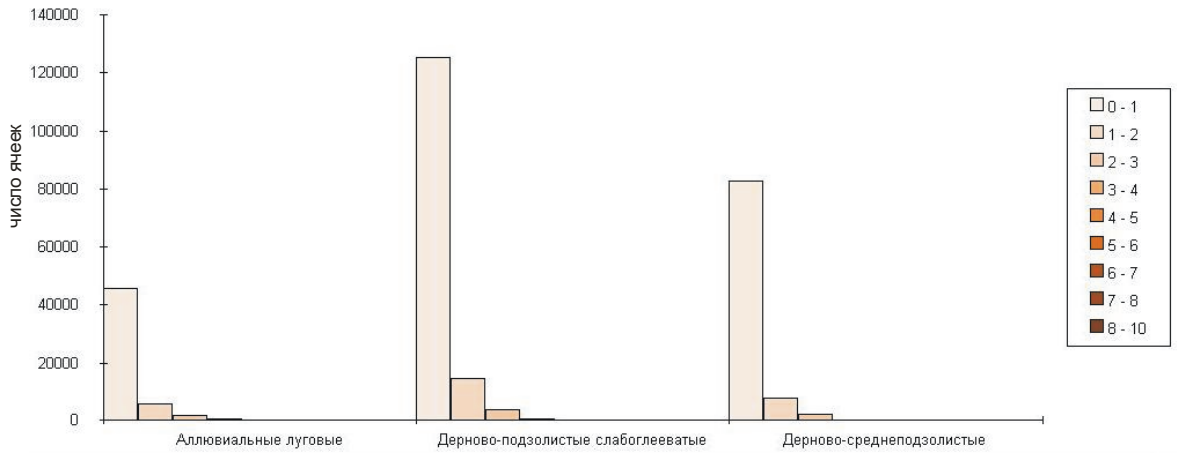

Рис. 6. Диаграмма распределения углов наклона склонов для преобладающих подтипов почв
Fig. 6. Diagram of the distribution of slope's angles for the prevailing soil types

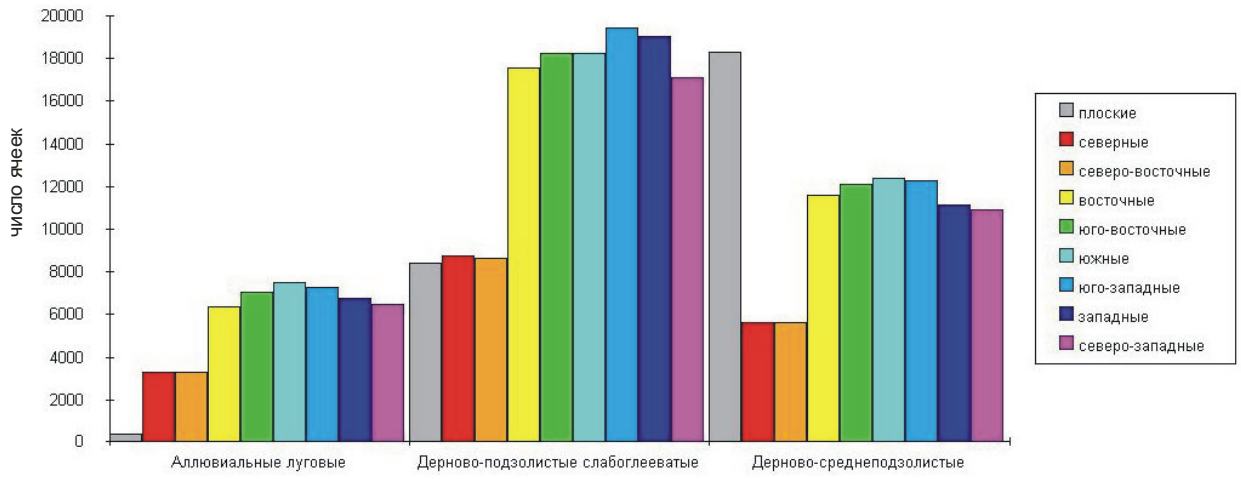

Рис. 7. Диаграмма распределения экспозиций склонов для преобладающих подтипов почв
Fig. 7. Diagram of the distribution of slope's exposures for the prevailing soil types

ВЫВОДЫ

В работе изложено продолжение исследований, начатых ранее по созданию цифровой модели почвенной карты Смоленской области. С использованием ГИС-технологий выполнены оценки и получены различные картограммы и графики, по которым были изучено влияние рельефа на почвенно-географические условия на примере модельного участка на территории Смоленской области.

Результатом исследования является оценка взаимосвязи пространственного распространения почвенного покрова и рельефа на примере ключевого участка на территории Смоленской области. Построен ряд диаграмм отражающих данную взаимосвязь: распределение типов почв по высотам рельефа, распределение преобладающих типов почв по различным экспозициям склонов, распределение преобладающих типов почв по различным углам наклона склонов.

Результаты, полученные в работе, могут быть использованы при проведении анализа влияния рельефа на формирование почвенно-географического условий территории Смоленской области. Отработанные технологии проведения ГИС-анализа пространственных объектов можно использовать в рамках изучения взаимодействия почв с растительным покровом и глубиной залегания уровня грунтовых вод.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность доценту Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева А.Ф. Варфоломееву, оказавшему неоценимую помощь в выполнении исследования.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is grateful to the associate professor of N.P. Ogarev Mordovia State University A.F. Varfolomeev who provided invaluable assistance in carrying out the study.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Варфоломеев А.Ф.*, *Ватлина Т.В.*, *Евдокимов С.П.*, *Ковалев Д.В.*, *Манухов В.Ф.*, *Коваленко Е.А.* Изучение распространения почвенных ареалов с использованием ГИС-технологий на примере Смоленской области. Известия Смоленского государственного университета. 2013. № 4(24). С. 213–223.
2. *Глазовская М.А.*, *Геннадиев А.Н.* География почв с основами почвоведения М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 212 с.
3. *Ласточкин А.Н.* Морфодинамический анализ. Л.: Недра, 1987. 256 с.
4. *Ласточкин А.Н.* Системно-морфологическое основание наук о Земле. СПбГУ, 2002. 762 с.
5. *Мещеряков Ю.А.* Рельеф СССР. М.: Мысль, 1972. 519 с.
6. Почвенная карта Смоленской области масштаба 1:200 000. А.А. Маймусов, Н.И. Антонов, Н.А. Лошаков; отв. ред. А.И. Саталкин. Минск: ГУГК СССР, 1989.
7. Природа Смоленской области. Под ред. В.А. Шкаликова. Смоленск: Универсум, 2001. 424 с.
8. *Чупина Д.А.* Автоматическое выделение форм и комплексов рельефа на основе морфометрического ГИС-анализа (на примере Венгеровского района Новосибирской области). Геоморфология. № 3. 2014. С. 43–50.
9. *Чупина Д.А.*, *Зольников И.Д.* Геоинформационное картографирование форм и типов рельефа на основе морфометрического анализа. Геодезия и картография. 2016. № 6. С. 35–43. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-912-6-35-43.
10. *Шарый П.А.* Геоморфометрический анализ пространственной изменчивости почв и экосистем. Автореф. дис. … на соискание уч. степени докт. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2016. 22 с.
11. *Agayan A.S.*, *Kosevich N.I.* Morphometric analysis of the relief of the republic of Karelia. Innovations in Geology, Geophysics and Geography–2018. Conference materials of the 3nd International Scientific and Practice Conference. Publishing house "Pero" Moscow, 2018. P. 23–24.
12. *Evdokimov S.*, *Varfolomeev A.* The Study of the Spatial Distribution of Soil Areas Using GIS Technologies in Smolensk Region. Geoinformation Sciences and Environmental Development: New Approaches, Methods, Technologies. Collection of articles of the II International conference (May 5–9, 2014. Limassol, Cyprus). Rostov-on-Don: Publishing house SSC RAS, 2014.

13. *Krcho J.* Morphometric analysis of relief on the basis of geometric aspect of field theory. Acta Geographica Universitatis Comenianae, Geographico-Physica, No 1. 1973. P. 7–233.
14. *Pareta K., Pareta U.* (2011) Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) Data and GIS. International Journal of Geomatics and Geosciences. V. 2, No 1. P. 48–266.

REFERENCES

1. *Agayan A.S.*, *Kosevich N.I.* Morphometric analysis of the relief of the republic of Karelia. Innovations in Geology, Geophysics and Geography–2018. Conference materials of the 3nd International Scientific and Practice Conference. Publishing house "Pero" Moscow, 2018. P. 23–24.
2. *Chupina D.A., Zolnikov I. D.* GIS-mapping of form and types of relief based on morphometric analysis. Geodesy and Cartography. 2016. 6. P. 35–43 (in Russian). DOI: 10.22389/0016-7126-2016-912-6-35-43 (in Russian).
3. *Chupina D.A.* Automatic selection of forms and complexes of the relief based on morphometric GIS-analysis (on the example of Vengerovsky district, Novosibirsk region). Geomorphology. No 3. 2014. P. 43–50 (in Russian).
4. *Evdokimov S.*, *Varfolomeev A.* The Study of the Spatial Distribution of Soil Areas Using GIS Technologies in Smolensk Region. Geoinformation Sciences and Environmental Development: New Approaches, Methods, Technologies. Collection of articles of the II International conference (May 5–9, 2014. Limassol, Cyprus). Rostov-on-Don: Publishing house SSC RAS, 2014.
5. *Glazovskaya M.A., Gennadiev A. N.* Geography of soils with the fundamentals of soil science M.: Moscow University, 1995. 212 p. (in Russian).
6. *Krcho J.* Morphometric analysis of relief on the basis of geometric aspect of field theory. Acta Geographica Universitatis Comenianae, Geographico-Physica, No 1. 1973. P. 7–233.
7. *Lastochkin A.N.* Morphodynamic analysis. Leningrad: Nedra, 1987. 256 p. (in Russian).
8. *Lastochkin A.N.* The systemic-morphological basis of Earth sciences. SPSU, 2002. 762 p.
9. *Meshcheryakov, Yu.A.* Relief of the USSR. M.: Thought, 1972. 519 p. (in Russian).
10. Nature of the Smolensk region. V.A. Shkalikov, V.B. Kozlov, A.S. Flint, etc.; by ed. V.A. Shkalikov. Smolensk: Universum, 2001. 424 p. (in Russian).
11. *Pareta K., Pareta U.* Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) Data and GIS. International Journal of Geomatics and Geosciences. 2011. V. 2. No 1. P. 248–266.
12. *Shary P.A.* Geomorphometric analysis of the spatial variability of soils and ecosystems. Abstract dis. to apply for an account. degree doct. biol. Sciences: Rostov-on-Don, 2016. 22 p. (in Russian).
13. Soil map of the Smolensk region in scale 1: 200 000. A.A. Maymusov, N.I. Antonov, N.A. Loshakov; ed. A.I. Satalkin. Minsk: GUGK USSR, 1989 (in Russian).
14. *Varfolomeev A.F., Vatlina T.V., Evdokimov S.P., Kovalev D.V., Manukhov V.F., Kovalenko E.A.* Study of the distribution of soil areas using GIS-technologies on the example of the Smolensk region. Proceedings of the Smolensk State University. 2013. No 4 (24). P. 213–223.