

ТИПИЗАЦИЯ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ПО МОРФОМЕТРИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ РЕЛЬЕФА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭРОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Л.Г. СМІРНОВА¹, доктор биологических наук, зав. лабораторией (e-mail: LidyA.smirnova@yandex.ru)

А.Г. НАРОЖНЯЯ², кандидат географических наук, доцент

А.А. КОЖУШКОВ², аспирант

¹Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ул. Октябрьская, 58, Белгород, 308001, Российская Федерация

²Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, 85, Белгород, 308015, Российская Федерация

Резюме. Цель исследования заключалась в проведении типизации территории Белгородской области с использованием бассейнового подхода для оценки эрозионной опасности и формирования пространственных данных о морфометрических показателях рельефа. Типизацию проводили в геоинформационной среде ArcGIS с использованием методов геомоделирования и геостатистики, заложенных в ArcGIS 10.1 и в программе STATISTICA 6.0. Выделение бассейнов, установление морфометрических показателей рельефа проводили по оцифрованной топографической карте Белгородской области М: 1:200 000 с сечением горизонталей 20 м. По данным Shuttle Radar Topography Mission выделена эрозионная сеть, установлены границы бассейнов IV порядка, проведен морфометрический анализ рельефа, рассчитано значение рельефного фактора по Моргану. В результате исследования выделено 207 водосборных бассейнов, которые с помощью кластерного анализа были объединены в 5 типов. В I тип входит 49 водосборных бассейнов площадью 4193 км². Средние показатели рельефной функции составляют 2,15, крутизна склонов 5,6°. Второй тип объединяет наибольшее количество водосборных бассейнов – 68 полигонов и занимает 7821 км². В нем значения крутизны склонов составляет 3,4-4,4°, показатель рельефной функции колеблется от 1,1 до 2,2. В III типе содержится 47 бассейновых структур общей площадью 8758 км². Значения рельефной функции составляют в среднем 1,56, крутизна склонов – 3,1-4,8°. В IV тип входит 31 водосборный бассейн площадью 5251,2 км². Значения рельефной функции 0,8-1,3. Крутизна склона варьирует от 2,1 до 3,5°. Среднее значение длины склона 371,8 м. Пятый тип включает 12 полигонов и занимает 1094 км². Он отличается низкими значениями крутизны склонов (0,1-2,8°) при средних и повышенных длинах (397-745 м). При этом значения рельефной функции минимальны (в среднем 0,85). Применение методов цифрового геомоделирования и статистического анализа позволило получить пространственные данные о морфометрических характеристиках рельефа и его количественные показатели для оценки эрозионного потенциала территории.

Ключевые слова: морфометрические характеристики рельефа, цифровое моделирование рельефа, речной бассейн.

Для цитирования: Смирнова Л.Г., Нарожная А.Г., Кожушков А.А. Типизация водосборных бассейнов Белгородской области по морфометрическим характеристикам рельефа для оценки эрозионной опасности на региональном уровне // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т.29. № 11. С. 66-69.

Современное проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия должно проводиться на основе подходов, связанных с применением геоинформационных технологий и методов анализа пространственных данных. Важным его этапом служит агроэкологическая оценка земель, которая предполагает детальное изучение природных условий территории.

Однако чтобы выполнить ее объективно, необходимо определить перечень значимых параметров, среди которых можно назвать морфометрические показатели рельефа.

Рельеф оказывает влияние на физико-географические элементы ландшафта. Важнейшие его характеристики, от которых зависят микроклиматические и геохимические условия изучаемой территории, сток и эрозия почв – это крутизна, форма, экспозиция, длина склонов и их расчлененность. Крутизна склонов играет определенную роль в формировании стока. Формы склона оказывают значительное влияние на микроклиматические условия и интенсивность смыва. Поэтому формирование пространственных данных по морфометрическим характеристикам рельефа необходимо для оценки его эрозионного потенциала на региональном уровне.

Развитие геоинформационных технологий позволяет существенно упростить получение массового количества материала по рельефу и представлять его в виде тематических карт. Сегодня широко используют цифровое описание, чтобы облегчить идентификацию необходимых параметров для агроэкологической оценки земель на разных территориальных уровнях.

В исследованиях на основе цифровой модели рельефа (ЦМР) созданы серии тематических карт его морфометрических показателей в виде непрерывно распределенных данных (гридов) [1]. При создании карты вертикального расчленения рельефа применяли растровую модель организации данных с получением высотных отметок точек в узлах регулярной сетки квадратов. Такой же методикой пользовались для получения картосхемы густоты овражно-балочной сети [2]. Однако для целей геоморфологического районирования и оценки эрозионной опасности земель такой подход будет создавать определенные трудности в выделении однородных территорий по комплексу морфометрических признаков.

На основе анализа эколого-геоморфологических свойств рельефа (абсолютная высота, глубина вертикального расчленения, горизонтальное расчленение рельефа, наклон поверхности междуречий) в пределах геоморфологических местностей, входящих в состав геоморфологических подрайонов, проведено зонирование территории Рязанской области [3]. Оно предназначено для выделения групп местностей по степени комфортности проживания людей на данной территории. Такой подход не отвечает задачам агроэкологической оценки земель на региональном уровне, так как границы геоморфологических районов проведены экспертным путем на основе анализа развития эрозионных процессов, оползнеобразования, распространения карстово-суффозионных процессов, дефляции [4, 5], но не раскрывают предпосылки развития эрозионных процессов через такие показатели как длина и крутизна склонов.

С целью выявления территорий, однородных в отношении почвенного покрова и интенсивности

развития эрозионных процессов, на территории Белгородской области было выделено пять почвенно-эрозионных районов и два подрайона [6]. Типизация была проведена на основе материалов крупномасштабного почвенного обследования, крутизны склонов местности, глубины местных базисов эрозии, расчленения территории, особенностей климатических условий и развития эрозионных процессов. Использование такого подхода затрудняет проведение агроэкологической оценки земель, так как границы почвенно-эрозионных районов условны и не позволяют в полной мере получить количественные данные для оценки опасности каждого из них. На современном этапе такой подход необходимо также проверить на учет всех закономерностей функционирования агроландшафтов как единства природных и хозяйственных компонентов.

Следует отметить, что при оценке рельефа Белгородской области схема геоморфологического районирования [7] является наиболее основательной. В границах Белгородской области выделяют шесть геоморфологических районов и девять подрайонов. Каждый район, имея четкую неотектоническую характеристику, отличается определенным своеобразным сочетанием типов и форм рельефа. Однако полученная схема носит узкоспециализированный характер и может служить основой для проведения оценки морфометрических показателей рельефа в каждом геоморфологическом районе с получением пространственных данных. В связи с задачами проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия, существует необходимость разработки более нового, современного районирования Белгородской области. Поэтому формирование пространственных данных по морфометрическим характеристикам рельефа актуально для оценки его эрозионного потенциала на региональном уровне.

Цель исследования – проведение типизации территории Белгородской области с использованием бассейнового подхода для оценки эрозионной опасности и формирование пространственных данных о морфометрических показателях рельефа.

Для выполнения данной цели была определена структурная единица, в качестве которой послужили бассейны рек. Бассейновая организация территории дополняет ландшафтную организацию объектов и явлений, акцентируя внимание на их латеральной и особенно парагенетической связанности. Возможность рассматривать все компоненты ландшафта во взаимосвязи их особенностей с характеристиками стока воды позволяет бассейновую организацию территории на IV уровне. На этом уровне предполагается выявление ландшафтной неоднородности территории [8]. При дальнейшем дроблении рассматривают местности, урочища и фации.

Условия, материалы и методы. Выделение бассейнов, установление морфометрических показателей рельефа, решение задач типизации осуществляли в геоинформационной среде ArcGIS 10.1 и STATISTICA 6.0 с использованием методов геомоделирования и геостатистики [9].

Исследования проводили в 2013-2014 гг. По оцифрованным на топографической карте Белгородской области (М: 1 : 200 000 с сечением горизонталей 20 м) горизонталям, высотным точкам, водоемам и эрозионной сети построена цифровая модель рельефа методом Топо to Rastr. Используя методы геомоделирования, по данным SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) выделена эрозионная сеть, установлены границы бассейнов IV порядка, проведен морфометрический анализ рельефа, рассчитано значение LS (рельефного фактора) по Моргану по методике, описанной нами ранее [9].

На первом этапе на территории области выделено 164 бассейна IV порядка, 40 – V порядка, 11 – VI и 2 – VII порядка, но 10 из них представлены лишь небольшими осколками и не были включены в исследование. После обработки информации количество водосборных бассейнов составило 207.

Задачей второго этапа стало формирование региональных баз данных основных диагностических параметров оценки агроэкологического состояния земель. К ним можно отнести морфометрические характеристики рельефа (крутизна, форма, экспозиция, длина склонов и их расчлененность).

Расчет ранее указанных характеристик рельефа проводили в каждом водосборном бассейне. На основании этого были составлены картограммы горизонтального и вертикального расчленения рельефа, картограммы крутизны и длины склонов, рельефной функции LS по Моргану.

Результаты и обсуждение. Типизация бассейновых структур на региональном уровне – это сложная задача, так как каждый из рассматриваемых бассейнов характеризуется большим количеством разных и стохастически связанных признаков. Мы применяли кластерный анализ, который позволил произвести

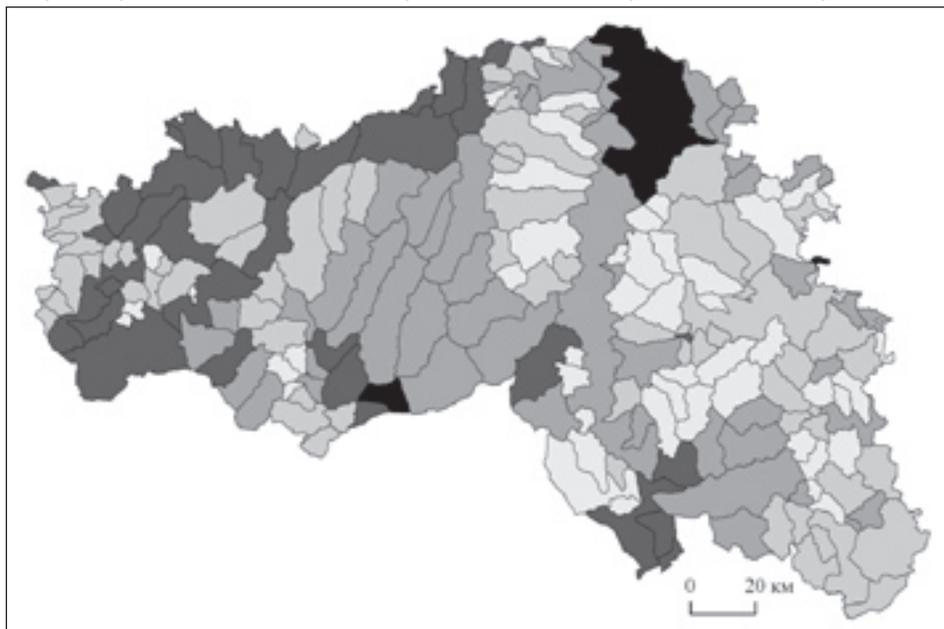


Рисунок. Типизация водосборных бассейнов Белгородской области по морфометрическим характеристикам рельефа. Типы бассейнов: I – I; II – II; III – III; IV – IV; V – V; — – границы бассейнов.

Таблица. Морфометрические показатели рельефа типов водосборных бассейнов

Тип	Площадь, км ²	Вертикальное расчленение, м	Густота эрозионной сети, км/км ²	Средние значения		
				LS	крутизны склонов, град.	длины склонов, м
I	4193,2	114,42 ± 17,31	0,96 ± 0,22	2,15 ± 0,31	5,62 ± 0,51	332,51 ± 42,46
II	7821,3	106,1 ± 21,35	0,98 ± 0,20	1,67 ± 0,26	4,69 ± 0,48	332,04 ± 58,01
III	8758,0	112,75 ± 17,93	0,81 ± 0,18	1,56 ± 0,19	4,14 ± 0,43	385,02 ± 49,78
IV	5251,2	88,08 ± 14,47	0,79 ± 0,21	1,05 ± 0,12	2,99 ± 0,41	371,8 ± 66,25
V	1094,3	100,7 ± 14,62	0,85 ± 0,21	0,85 ± 0,17	2,07 ± 0,47	545,81 ± 92,75

объединение объектов не по одному параметру, а по целому набору признаков (горизонтальное и вертикальное расчленение, крутизна и длина склонов).

Результатом иерархического кластерного анализа стало построение дендрограммы, в которой содержалось определенное количество уровней, каждый из которых соответствует одному из шагов процесса последовательного укрупнения кластеров. После использования всех данных группировок объединения была получена картограмма распределения типов водосборных бассейнов на территории Белгородской области (см. рисунок).

В I тип входит 49 водосборных бассейнов площадью 4193 км², в основном, в восточной части области в правобережной части реки Оскола, вдоль рек Тихой Сосны, Черной Калитвы и Боровой Потудани. Его отличают высокие значения практически всех морфометрических характеристик (см. табл.), за исключением средней длины склонов.

Второй тип объединяет наибольшее количество водосборных бассейнов – 68 полигонов и занимает 7821 км². Характер распределения бассейнов данного типа – неравномерный: небольшой ареал выделен вблизи западной границы с Украиной, находящийся в пределах бассейна реки Псел и ее левого притока Илек; еще ареалы расположены на правобережье Северского Донца и Оскола, где они чередуются с I типом, а также вдоль рек Тихой Сосны, Черной Калитвы и Боровой Потудани. Во втором типе при более низких значениях LS, чем в первом, отмечены высокие значения крутизны склонов (3,4-4,4°) и самая высокая густота эрозионной сети: основные типы рельефа – сильнорасчлененные (1,2-1,7 км/км²), пологохолмистые, относительно пониженные, эрозионно-денудационные равнины. Овражность в целом распределена по площади неравномерно. Размах варьирования показателя рельефной функции колеблется от 1,1 до 2,2.

В III типе содержится 47 бассейновых структур общей площадью 8758 км². Бассейны этого класса сосредоточены, в основном, в центральной части области. Морфометрические показатели принимают средние значения для области: значения рельефной функции LS составляют в среднем 1,56, крутизна склонов – 3,1-4,8°. В рельефе аккумулятивные формы преобладают над эрозионными. Речные долины широкие, хорошо разработанные, асимметричные. Поднятия рельефа достигают здесь от 165 до 208 м.

В IV тип входит 31 водосборный бассейн площадью 5251,2 км². Бассейны этого типа расположены в основном в западной части Белгородской области в бассейнах рек Ворскла и Ворсклица и северо-западной

от правобережья реки Псел вплоть до верховья реки Сейм, где наблюдаются возвышенные (230-240 м) пологоволнистые равнины. Отличительной чертой данного типа служат низкие значения вертикального (54-116 м) и горизонтального расчленения (0,4-1,3 км/км²) при средних значениях рельефной функции (0,8-1,3). Крутизна склона варьирует от 2,1 до 3,5°. Среднее значение длины склона составляет 371,8 м.

Пятый тип – наименьший по количеству бассейновых структур: всего 12 полигонов и занимает 1094 км², в основном в северной части области в зоне водно-ледниковых отложений. Он отличается низкими значениями крутизны склонов (0,1-2,8°) при средних и повышенных длинах (397-745 м). При этом значения рельефной функции минимальны (в среднем 0,85).

Необходимо так же отметить, что северо-восточная и восточная части территории Белгородской области представляют собой чередование I, II, и III типов водосборных бассейнов. Начиная с севера, проходят бассейны с более мягкими формами рельефа, затем сменяясь сильно расчлененной пологоволнистой равниной, переходят в извилистую сильно расчлененную равнину, склоны которой пересечены овражно-балочной сетью.

Для южного участка территории области характерно выделение всех типов бассейновых структур. Здесь на небольшом участке присутствуют как пологие склоны, так и покатые с развитием овражно-балочной сети и многочисленными растущими оврагами и промоинами, конусами выноса, оползнями.

Юго-восточную часть области, где протекают реки Черная Калитва и Айдар, охватывают I, II, и III типы. По густоте расчлененности рельефа овражно-балочной сетью район относится к сильнорасчлененному. Широко развиты оползневые процессы, в основном наблюдаются оползни течения и проседания. Плодотворной смыс проявляется интенсивно и поражает значительные площади.

Выводы. В результате исследований с использованием методов цифрового моделирования сформированы пространственные данные о морфометрических показателях рельефа в выделенных бассейновых структурах. Их типизацию проводили на основании статистического анализа. В результате 207 водосборных бассейнов объединили в 5 типов, которые отличаются по определенному признаку. Полученные пространственные количественные характеристики морфометрических показателей рельефа необходимы для оценки эрозионной опасности земель при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Литература.

1. Павлова А.И. Морфометрический анализ рельефа с помощью ГИС // Экономическое развитие Сибири, Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью: сб. матер., 16-26 апреля 2013 г. Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 4. С. 166–170.
 2. Нечетова Ю.В., Нарожняя А.Г. Изучение овражно-балочной сети Белгородской области с применением ГИС-технологий // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2010. № 11 (71). С. 96–100.
 3. Кочеткова Ю.О. Эколого-геоморфологическая оценка морфометрических особенностей рельефа Рязанской области // Вестн. Волжского ун-та им. В.Н. Татищева. Сер. Экология. 2011. Вып. 12. С. 156-163.

4. Петин А.Н. Экзогенные геологические процессы // Атлас природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области. Белгород: БелГУ, 2005. С. 32–33.

5. Современные процессы экзоморфогенеза в Белгородской области: особенности развития, картографирования и районирования / Л.И. Белоусова, Н.И. Гайворонская, В.И. Петина, А.Н. Петин // Геоморфология и картография: материалы XXXIII Пленума Геоморфологической комиссии РАН. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2013. С. 144–148.

6. Ахтырцев Б.П., Соловченко В.Д. Почвенный покров Белгородской области: структура, районирование и рациональное использование. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. 268 с.

7. Раскатов Г.И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. Воронеж: ВГУ, 1969. 164 с.

8. Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. 163 с.

9. Применение геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия / Л.Г. Смирнова, А.Г. Нарожняя, Ю.Л. Кривоконь, А.А.Петрякова // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 11. С. 11–14.

TYPIFICATION OF WATERSHEDS OF BELGOROD REGION ON THE MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE RELIEF FOR THE EVALUATION OF EROSIONAL DANGER AT THE REGIONAL LEVEL

L.G. Smirnova¹, A.G. Narozhnyaya², A.A. Kozhushkov²

¹Belgorod Research Institute of Agriculture, ul. Oktyabrskaya, 58, Belgorod, 308001, Russian Federation

²Belgorod State National Research University, ul. Pobedy, 85, Belgorod, 308015, Russian Federation

Summary. The aim of the study was to carry out the typing of the territory of Belgorod region using river basin approach to assess erosion risk and form the spatial data on morphometric parameters of the relief. The typing was performed in geoinformation environment of ArcGIS using the methods of geomodeling and geostatistics, laid in the ArcGIS 10.1 and in the STATISTICA 6.0 program. The allocation of basins, determination of morphometric parameters of the relief were carried out at the topographic map of Belgorod region M: 1:200 000 with a cross section of horizontals is 20 m. With the data of Shuttle Radar Topography Mission we highlighted the erosion network, set the boundaries of the basins of the IV order, carried out morphometric analysis of the relief, calculated the value of relief factor by Morgan. The study resulted in allocation of 207 catchment basins, which were combined into 5 types with the help of cluster analysis. The first type includes 49 water catchments with the area 4193 km². The average relief function is 2.15, the slope gradient is 5.6 degrees. The second type unites the greatest number of watersheds: 68 polygons, and occupies 7821 km². The values of the steepness of the slopes are 3.4–4.4 degrees, the relief function ranges from 1.1 to 2.2. In the III type 47 basin structures are contained with a total area of 8758 km². The values of the relief function on the average are 1.56, the steepness of the slopes–3.1–4.8 degrees. The IV type consists of 31 catchment basins with the area 5251.2 km². The values of the relief function are 0.8–1.3. The slope ratio varies from 2.1 to 3.5 degrees. The average length of the slope is 371.8 m. The fifth type includes 12 polygons and occupies 1094 km². It is characterized by low values of slope gradient (0.1–2.8 degrees) with medium and high lengths (397–745 m). The values of the relief function are minimal (on the average they are 0.85). The application of the methods of digital geomodeling and statistical analysis enabled to generate spatial data on the morphometric characteristics of the relief, and to obtain quantitative indicators for assessing erosion potential of the area.

Keywords: morphometric characteristics of relief, digital design of relief, river basin.

Author Details: L.G. Smirnova, D. Sc. (Biol.), head of laboratory (e-mail: Lidya.smirnova@yandex.ru); A.G. Narozhnyaya, Cand. Sc. (Geogr.), assoc. prof.; A.A. Kozhushkov, post-graduate student.

For citation: Smirnova L.G., Narozhnyaya A.G., Kozhushkov A.A. Typification of Watersheds of Belgorod region on the Morphometric Characteristics of the Relief for the Evaluation of Erosional Danger at the Regional Level. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2015. Vol. 29. No 11. Pp. 66–69 (in Russ.).

Требования к оформлению статей в журнале «Достижения науки и техники АПК»

В статье должно быть кратко изложено состояние дел по изучаемой проблеме со ссылками на публикации (желательно не менее трех ссылок). Затем указаны цели, задачи, условия и методы исследований. Подробно представлены результаты экспериментов и их анализ. Сделаны выводы и даны предложения производству. В статье следует по возможности выделять следующие блоки: введение; цель и задачи исследований; условия, материалы и методы исследований; результаты исследований; выводы.

Вместе со статьей должны быть представлены перевод названия на английский язык; аннотация (200–250 слов) на русском и английском языках; ключевые слова на русском и английском языках; полные почтовые адреса всех учреждений, в которых работают авторы, на русском и английском языке; ученые степени и должности авторов на русском и английском языке код УДК; библиографический список.

В тексте ссылка на источник отмечается соответствующей цифрой в квадратных скобках в порядке цитирования. В списке литературы приводятся только те источники, на которые есть ссылка в тексте. Использование цитат без указания источника информации запрещается.

Материал для подачи в журнал набирается в текстовом редакторе Word версия не ниже 97 файл с расширением *.rtf.

Объем публикации 11–15 стр. машинописного текста набранного шрифтом Times New Roman, размер кегля 14 с полуторным интервалом. На 2,5 страницы текста допускается не более 1 рисунка или таблицы.

Статьи необходимо направлять с сопроводительным письмом с указанием сведений об авторах (фамилия, имя, отчество – полностью, ученая степень, место работы и занимаемая должность) на русском и английском языке, контактных телефонов и адреса электронной почты для обратной связи.

На публикацию представляемых материалов необходимо письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились исследования. Его вместе с одним экземпляром рукописи, подписанным авторами, и статьей в электронном виде нужно отправлять по адресу: 101000, г. Москва, Моспочтамт, а/я 166, ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК». Для ускорения выхода в свет материалы в электронном виде можно направлять по адресу: agropark@mail.ru.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Несоответствие статьи по одному из перечисленных пунктов может служить основанием для отказа в публикации.

Все рукописи, содержащие сведения о результатах научных исследований, рецензируются, по итогам рецензирования принимается решение о целесообразности опубликования материалов.