



DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu11.2016.4.4>

УДК 634.93:521
ББК 26.1

АНАЛИЗ АГРОЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ВОДОСБОРА МАЛОЙ РЕКИ ДОБРИНКИ ¹

Ольга Юрьевна Кошелева

Кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования
и картографирования агролесоландшафтов,
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук
olya_ber@mail.ru
просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены результаты ландшафтного анализа водосборного бассейна реки Добринки, расположенного в Волгоградской области. Рассматривались следующие показатели: доля земель с различной крутизной и экспозицией склонов, распаханность, лесистость и эрозионная расчлененность. Проведен корреляционный анализ между показателями лесистости, распаханности и эрозионной расчлененности территории водосбора. Установлена сильная корреляция между распаханностью и лесистостью территории ($> 0,70$), а также между общей и естественной лесистостью ($> 0,97$). Применение метода картографического профилирования позволило подтвердить гипотезу о тесной корреляционной связи между распаханностью и эрозионной расчлененностью территории водосборов юга Приволжской возвышенности. Установлено, что изменение лесистости в пределах водосборного бассейна реки Добринки от истока до устья можно описать параболообразной кривой (модель типа «чаша»).

Ключевые слова: водосбор, агроландшафт, малая река, цифровая модель рельефа, космические снимки, лесистость, изолинейное картографирование.

Территория юга Приволжской возвышенности в пределах Волгоградской области пронизана густой сетью малых рек, бассейны которых представляют собой элементарные единицы структурно-динамической организа-

ции природно-территориальных комплексов (ПТК) [7]. Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных ученых [1–3; 8; 18; 19] выявлены особенности эрозионно-гидрологического процесса в пределах во-

досборных бассейнов и установлено огромное влияние на этот процесс лесной растительности и деятельности человека (распашки склонов). Экологическая ситуация, складывающаяся в пределах бассейнов малых рек, оказывает существенное воздействие на ландшафтно-экологическую обстановку всей территории юга Приволжской возвышенности, а также сопредельных территорий, что придает особую актуальность проблеме рационализации хозяйственной деятельности, ослаблению и ликвидации неблагоприятных последствий антропогенного влияния на эти ландшафты, в частности, приемами лесной мелиорации. Реализация данной задачи предполагает знание природы процессов, управляющих функционированием ландшафтов, и требует разносторонней информации о природных особенностях и современном состоянии ПТК малых речных бассейнов [2; 3].

С целью получения таких сведений был проведен картографо-аэрокосмический анализ современной агроландшафтной структуры водосборных бассейнов малых рек юга Приволжской возвышенности. В качестве основных оцениваемых показателей агроландшафтной структуры водосборов выступали распределение земель по крутизне и экспозиции склонов, защитная лесистость (естественная и искусственная), густота эрозионной расчлененности и степень распаханности территории.

Объект исследования

В качестве ключевого участка был выбран водосбор реки Добринки, расположенный в пределах Жирновского района Волгоградской области. Река Добринка является левым притоком реки Медведицы, ее водосборный бассейн занимает площадь около 455,3 км². Территориально водосбор Добринки расположен в степной ландшафтной провинции и приурочен к западным склонам Гусельско-Тетевятовского кряжа [6]. Данный геоморфологический район является самым высоким в Волгоградской области, поэтому максимальная абсолютная высота на водоразделе Добринки достигает 341 м. Годовое количество осадков в данной местности может превышать 450 мм в год, поэтому здесь произрастают нагорные дубравы, чередующиеся с луговыми

и разнотравно-типчачково-ковыльными степями на южных черноземах и темно-каштановых почвах. По долине рек Медведицы и Добринки, а также по балкам сформировались комплексы пойменных и байрачных лесов. Водосбор реки Добринки является одним из немногих мест в области, где еще сохранились естественные лесостепные экосистемы, несмотря на высокую сельскохозяйственную освоенность земель: распаханность водосборного бассейна составляет около 64 %.

Методика исследования

Основные морфометрические показатели водосбора (крутизна и экспозиция склонов) определялись по цифровой модели рельефа (ЦМР), которая строится по данным радиолокационной съемки SRTM 3. Исходные файлы растровых данных, в которых атрибут пикселя соответствует высоте над уровнем моря для конкретной точки, конвертируются в распространенные форматы данных о высотах и затем импортируются в геоинформационную систему (далее – ГИС) Global Mapper [11; 15; 16]. В ГИС посредством выполнения операции «Создать водораздел» осуществляется построение производных карт водосборных бассейнов и длин тальвегов в границах ключевого участка. Использование шейдеров уклонов и их направлений позволяет создавать производные морфометрические модели – углов наклона и экспозиции склона [9; 17; 20].

Для изучения пространственных особенностей основных компонентов агроландшафта (распаханности, защитной лесистости и эрозионной расчлененности) использовалась технология изолинейного картографирования [5; 10; 12–14]. На итоговых изолинейных картах, построенных по средним значениям параметров в центрах регулярной сетки, отражена фоновая поверхность, передающая главные, наиболее крупные закономерности пространственного размещения того или иного компонента агроландшафта в пределах ключевого участка. Растровой основой для изолинейного картографирования послужили космические снимки QuickBird масштаба 1:100 000. Размер одного квадрата регулярной сетки составил 40 км².

Для выявления особенностей изменения распаханности, защитной лесистости и эрозионной расчлененности в границах водосбора использовались методики продольного и поперечного профилирования, то есть в различных направлениях закладывались 2 профиля – гипсометрический (по цифровой модели рельефа) и профиль соответствующего параметра (по изолинейной карте). Таким образом, каждой высотной отметке рельефа ставилось в соответствие определенное значение изучаемого показателя (лесистости, распаханности или эрозионного расчленения).

Результаты исследования

Анализ распределения территории водосбора по крутизне склонов (рис. 1) позволил

установить преобладание водораздельных и приводораздельных поверхностей с углами наклона до 2°, то есть земель, пригодных для использования в сельскохозяйственном производстве. В то же время значительную долю составляют земли с крутизной склона более 2°, что объясняется сложным эрозионным рельефом западных склонов Доно-Медведицкой гряды.

Анализ распределения склонов по четырём главным экспозициям (рис. 2) показал преобладание склонов северной экспозиции, что способствует более позднему прогреванию земной поверхности и таянию снега весной, а это, в свою очередь, может вносить определенные коррективы в проведение весенних сельскохозяйственных работ и сроки всходов.

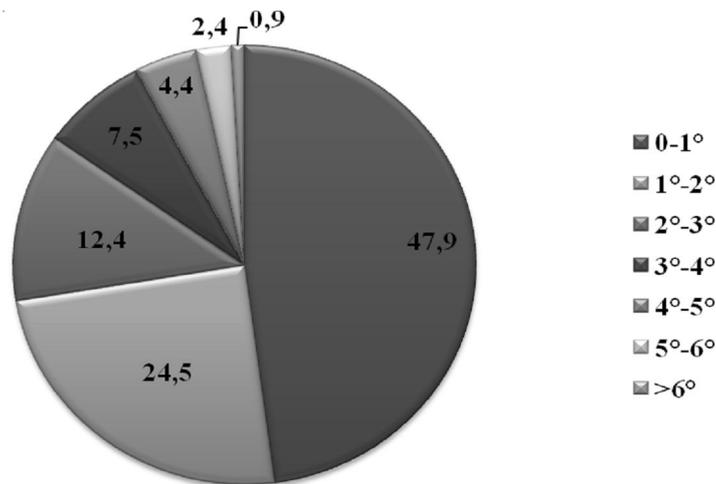


Рис. 1. Распределение земель водосбора р. Добринки по углам наклона (крутизне) склонов, %

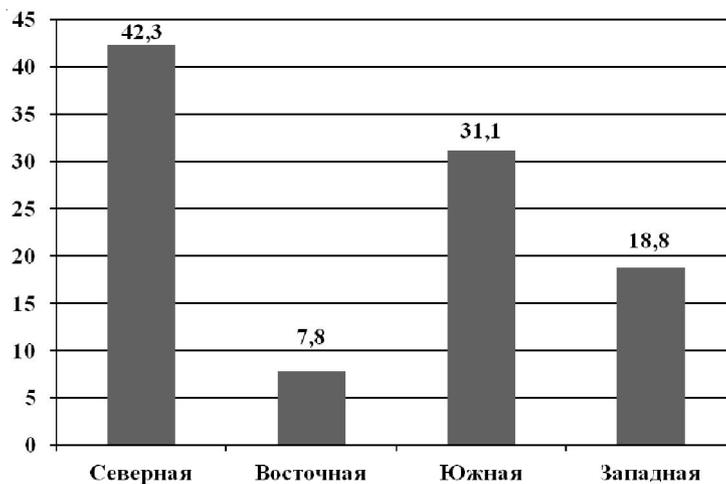


Рис. 2. Распределение земель водосбора р. Добринки по экспозициям склонов, %

Корреляционный анализ рядов данных по показателям лесистости (естественной и искусственной), эрозионной расчлененности и распаханности для водосбора реки Добринки показал сильную корреляционную связь ($> 0,70$) только между распаханностью и лесистостью территории, при превалирующем вкладе в показатель общей лесистости ее естественной составляющей (см. таблицу).

Очевидно, что связь между показателями естественной лесистости и распаханности обратная: при распахке территории естественные леса уничтожаются. Площадь искусственных насаждений на всех полигонах столь незначительна, что она не дает какой-либо существенной связи с другими коррелируемыми параметрами: ни с распаханностью территории, ни с эрозионной расчлененностью.

Обращает на себя внимание очень низкий коэффициент корреляции между распаханностью территории водосбора и его эрозионным расчленением, который мог бы свидетельствовать о том, что распаханность территории не оказывает значительного влияния на рост и развитие эрозионной сети, в свою очередь, эрозионные формы рельефа нисколько не препятствуют распахке территории. Однако многочисленные исследования ученых-эрозионистов говорят об обратном [1; 2; 4].

Для разрешения данного несоответствия нами был использован принцип картографического профилирования. На каждой из изолинейных карт был проведен поперечный профиль. По значениям, полученным на пересечении линии профиля с изолинией соответствующего показателя, были построены графики изменения изучаемых показателей на территории водосборного бассейна и установлены взаи-

мосвязи этих изменений от изменений других агролесоландшафтных компонентов.

При анализе графиков (см. рис. 3) бросается в глаза нелинейный характер изменения показателей эрозионной расчлененности и распаханности. Отмечается общее несоответствие этих кривых, о чем свидетельствует слабая корреляционная связь между этими показателями. При этом на отдельных участках данные кривые ведут себя как вполне коррелируемые между собой.

Общая визуальная оценка графиков позволяет увидеть, что максимум эрозионной расчлененности, как правило, совпадает с минимумом распаханности. Так, например, если рассчитать коэффициент корреляции для значений распаханности и эрозионной расчлененности только на участке «1» профиля, то получим значение 0,82, то есть сильную прямую связь. Для участков «2» и «3» коэффициенты корреляции составляют -0,99, то есть наблюдается сильная обратная связь.

Таким образом, применение метода картографического профилирования позволило подтвердить гипотезу о тесной корреляционной связи между распаханностью и эрозионной расчлененностью территории водосборных бассейнов юга Приволжской возвышенности, которая, однако, имеет дифференцированную территориальную привязку, которая в каждом конкретном случае должна анализироваться отдельно.

Стоит отметить также, что форма графика естественной лесистости на ключевом участке практически совпадает с формой графика эрозионной расчлененности, что объясняется присутствием естественной растительности только по склонам и днищам балок.

Корреляционный анализ показателей агролесоландшафтной структуры на ключевом участке «Добринка»

	ЕстЛес	ИскЛес	ОбщЛес	Пашня	Эрозия
ЕстЛес					
ИскЛес	-0,21				
ОбщЛес	0,97	0,03			
Пашня	-0,72	0,16	-0,70		
Эрозия	-0,30	-0,11	-0,33	0,03	

Примечание. ЕстЛес – естественная лесистость, %; ИскЛес – искусственная лесистость, %; ОбщЛес – общая лесистость, %; Эрозия – эрозионное расчленение, км/км²; Пашня – распаханность, %.

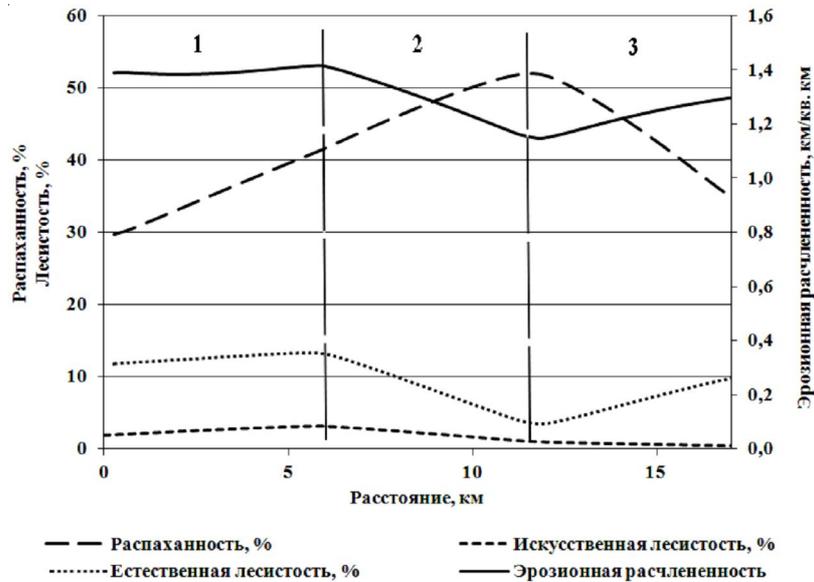


Рис. 3. Графики изменения значений показателей агролесоландшафтной структуры на водосборе р. Добринки по профилю

Если проследить изменение общей лесистости в пределах водосборного бассейна от истока до устья (методом продольного профилирования), то можно увидеть, что для реки Добринки характерна картина распределения лесных насаждений типа «чаша», то есть наличие ареал-максимумов у истоков и в устье реки (рис. 4).

Таким образом, закономерность в пространственном распределении лесистости на водосборе реки Добринки можно описать па-

раболообразной кривой с высоким коэффициентом детерминации (0,86).

Заключение

Таким образом, учет всех компонентов агроландшафтной структуры водосборного бассейна перспективен с точки зрения адаптивно-ландшафтного обустройства территории и управления ландшафтно-экологической обстановкой не только на локальном уровне, но

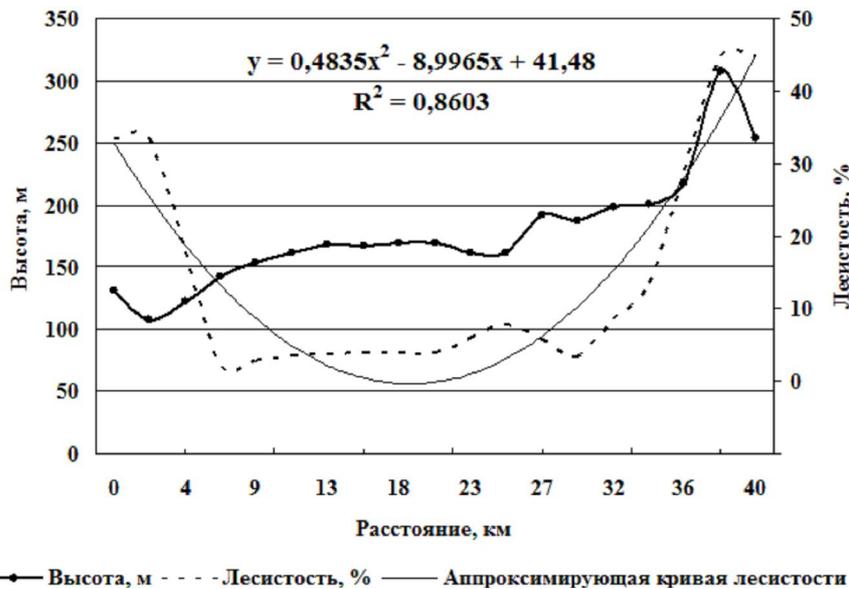


Рис. 4. Изменение лесистости на водосборе р. Добринки по продольному профилю местности (начало графика – устье, конец графика – исток)

и в рамках региональных комплексов юга Приволжской возвышенности. Ареалы с низкой общей лесистостью в центральной части водосборных бассейнов должны выступать в качестве приоритетных при агролесомелиоративном обустройстве водосборов малых рек.

Кроме того, проведенное исследование показало, что процедура картографирования агроландшафтной структуры с применением ГИС-технологий позволяет в кратчайшие сроки получить разнообразную тематическую информацию об изучаемой территории, например, сведения об эрозионном состоянии земель, естественной и искусственной лесистости, распаханности и т. д.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2014-0021 «Теоретическое и геоинформационное моделирование, мониторинг и прогноз процессов деградации и опустынивания ландшафтов в потенциально неустойчивых переходных природных зонах (зональных экотонах)» ФНЦ агроэкологии РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арманд, Д. Л. Антропогенные эрозионные процессы / Д. Л. Арманд // Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней. – М. : Изд-во АН СССР, 1956. – С. 7–37.
2. Гаршинев, Е. А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: теория и модели / Е. А. Гаршинев. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 1999. – 196 с.
3. Жигулина, Е. В. Оптимизация ландшафтов бассейнов малых рек Воронежской области / Е. В. Жигулина, В. Б. Михно // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2015. – № 2. – С. 38–45.
4. Заславский, М. Н. Эрозия почв / М. Н. Заславский. – М. : Мысль, 1979. – 245 с.
5. Кошелева, О. Ю. Роль картографирования лесистости в системе адаптивно-ландшафтного обустройства водосборов / О. Ю. Кошелева // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11, Естественные науки. – 2015. – № 1 (11). – С. 92–99. – DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu11.2015.1.10>.
6. Краеведение: биологическое и ландшафтное разнообразие природы Волгоградской области / В. А. Сагалаев [и др.]. – М. : Глобус, 2008. – 272 с.
7. Мильков, Ф. Н. Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система и вопросы природопользования / Ф. Н. Мильков // География и природные ресурсы. – 1981. – № 4. – С. 11–18.
8. Обеспечение оптимальной водоохраной лесистости при бассейновой организации природопользования / Я. В. Кузьменко, Ф. Н. Лисецкий, Ж. А. Кириленко, О. И. Григорьева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3 (2). – С. 652–657.
9. Применение ГИС в анализе морфологической структуры ландшафтов / А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин, А. А. Кликунов [и др.] // Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Наука о Земле. – 2013. – Вып. 3. – С. 115–122.
10. Силкин, К. Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8 / К. Ю. Силкин. – Воронеж : Изд.-полиграф. центр Воронеж. гос. ун-та, 2008. – 66 с.
11. Хромых, В. В. Цифровые модели рельефа / В. В. Хромых, О. В. Хромых. – Томск : ТМЛ-Пресс, 2007. – 178 с.
12. Червяков, В. А. Концепция поля в современной картографии / В. А. Червяков. – Новосибирск : Наука, 1978. – 149 с.
13. Шейнгауз, А. С. Математический анализ связи лесистости с освоением территории / А. С. Шейнгауз // Лесоведение. – 1973. – № 4. – С. 3–11.
14. Elements of cartography / A. H. Robinson, R. D. Sale, J. L. Morrison, Ph. C. Muehrcke. – John Wiley&Sons, 1995. – 674 p.
15. Handbook on geographic information systems and digital mapping. – New York, 2000. – Electronic text data. – Mode of access: http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_79E.pdf (date of access: 15.09.2016). – Title from screen.
16. Jones, C. Geographical information systems and computer cartography / C. Jones. – Longman Limited, 1997. – 319 p.
17. Maceachren, A. M. Visualization in modern cartography / A. M. Maceachren, D. R. Fraser Taylor. – Elsevier science Ltd., 1994. – Vol. 2. – 526 p.
18. Mekonnen, S. Ch. Assessment of catchment water balance using GIS and remote sensing / S. Ch. Mekonnen. – Electronic text data. – Mode of access: http://itc.nl/library/papers_2005/msc/wrem/mekonnen.pdf (date of access: 03.09.2016). – Title from screen.
19. Noha, D. Application of remotely sensed imagery to watershed analysis a case study of lake Karoun catchment, Egypt / D. Noha // 13th International water technology conference. Hurgada, Egypt, 2009. – Electronic text data. – Mode of access: http://www.iwtc.info/2009_pdf/12-3.pdf (date of access: 05.09.2016). – Title from screen.
20. Singh, R. K. Morphological study of a watershed using remote sensing and GIS techniques

/R. K. Singh, C. M. Bhatt, V. H. Prasad. – Electronic text data. – Mode of access: https://www.researchgate.net/publication/255989969_Morphological_study_of_a_watershed_using_remote_sensing_and_GIS_techniques (date of access: 29.08.2016). – Title from screen.

REFERENCES

1. Armand D.L. Antropogennyye erozionnyye protsessy [Anthropogenous Erosion Processes]. *Selskokhozyaystvennaya eroziya i borba s ney* [Agricultural Erosion and Struggle Against It]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1956, pp. 7-37.
2. Garshinev E.A. *Eroziionno-gidrologicheskiy protsess i lesomelioratsiya: Teoriya i modeli* [Erosive and Hydrological Process and Forest Reclamation: Theory and Models]. Volgograd, 1999. 196 p.
3. Zhigulina E.V., Mikhno V.B. Optimizatsiya landshaftov basseynov malyykh rek Voronezhskoy oblasti [Optimization of Landscapes of the Small Rivers Basins of the Voronezh Region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2015, no. 2, pp. 38-45.
4. Zaslavskiy M.N. *Eroziya pochv* [Soil Erosion]. Moscow, Mysl Publ., 1979. 245 p.
5. Kosheleva O.Yu. Rol kartografirovaniya lesistosti v sisteme adaptivno-landshaftnogo obustroystva vodosborov [The Role of Woodiness Mapping in the System of Adaptive and Landscape Arrangement of Catchments]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 11. Estestvennye nauki* [Science Journal of Volgograd State University. Natural Sciences], 2015, no. 1 (11), pp. 92-99.
6. Sagalaev V.A., et al. *Kraevedenie: biologicheskoe i landshaftnoe raznoobrazie prirody Volgogradskoy oblasti* [Regional Studies: Biological and Landscape Diversity of the Volgograd Region Nature]. Moscow, Globus Publ., 2008. 272 p.
7. Milkov F.N. Basseyn reki kak paradinamicheskaya landshaftnaya sistema i voprosy prirodopolzovaniya [River Basin as a Paradyamic Landscape System and Questions of Nature Management]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 1981, no. 4, pp. 11-18.
8. Kuzmenko Ya.V., Lisetskiy F.N., Kirilenko Zh.A., Grigoryeva O.I. Obespechenie optimalnoy vodookhranoy lesistosti pri basseynovoy organizatsii prirodopolzovaniya [Ensuring Woodiness With Optimum Water Protection at the Basin Organization of Environmental Management]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2013, vol. 15, no. 3 (2), pp. 652-657.
9. Yamashkin A.A., Yamashkin S.A., Klikunov A.A., Akashkina A.G., Shukshin Yu.S. Primenenie GIS v analize morfologicheskoy struktury landshaftov [Application of GIS in the Analysis of Morphological Structure of Landscapes]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya: Biologiya. Nauki o Zemle*, 2013, no. 3, pp. 115-122.
10. Silkin K.Yu. *Geoinformatsionnaya sistema Golden Software Surfer 8* [GIS Golden Software Surfer 8]. Voronezh, Izdatelsko-poligraficheskiy tsentr Voronezhskogo gosuniversiteta, 2008. 66 p.
11. Khromykh V.V., Khromykh O.V. *Tsifrovyye modeli relyefa* [Digital Models of Relief]. Tomsk, Izd-vo "TML-Press", 2007. 178 p.
12. Chervyakov V.A. *Kontseptsiya polya v sovremennoy kartografii* [The Concept of the Field in Modern Cartography]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1978. 149 p.
13. Sheyngauz A.S. Matematicheskiy analiz svyazi lesistosti s osvoeniem territorii [Mathematical Analysis of Connection of Woodiness with Territory Development]. *Lesovedenie*, 1973, no. 4, pp. 3-11.
14. Robinson A.H., Sale R.D., Morrison J.L., Muehrcke Ph.C. *Elements of cartography*. John Wiley&Sons, 1995. 674 p.
15. *Handbook on geographic information systems and digital mapping*. Available at: http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_79E.pdf. (accessed September 15, 2016).
16. Jones C. *Geographical information systems and computer cartography*. Longman Limited, 1997. 319 p.
17. Maceachren A.M., Fraser Taylor D.R. *Visualization in modern cartography. Vol. 2*. Elsevier science Ltd., 1994. 526 p.
18. Mekonnen S. Ch. *Assessment of catchment water balance using GIS and remote sensing*. Available at: http://itc.nl/library/papers_2005/msc/wrem/mekonnen.pdf. (accessed September 3, 2016).
19. Noha D. Application of remotely sensed imagery to watershed analysis a case study of lake Karoun catchment, Egypt. *13th International water technology conference. Hurgada, Egypt, 2009*. Available at: http://www.iwtc.info/2009_pdf/12-3.pdf (accessed September 5, 2016).
20. Singh R.K., Bhatt C.M., Prasad V.H. *Morphological study of a watershed using remote sensing and GIS techniques*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/255989969_Morphological_study_of_a_watershed_using_remote_sensing_and_GIS_techniques. (accessed August 29, 2016).

ANALYSIS OF AGROLANDSCAPE STRUCTURE OF CATCHMENT OF SMALL DOBRINKA RIVER

Olga Yuryevna Kosheleva

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,
Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforest Landscapes,
Federal Scientific Center of Agroecology,
Complex Meliorations and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences
olya_ber@mail.ru
Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. The article shows the results of landscape analysis of the Dobrinka river catchment, which is located in the Volgograd region. The following indicators were considered: a share of lands with various slope ratio and an exposition of slopes, a share of arable land, woodiness, a relation of length of ravines and beams to the catchment area. The slope ratio and exposition were determined by digital model of a relief. Assessment of a share of arable land, woodiness and a relation of length of ravines and beams to the catchment area was carried out according to isolinear maps of the corresponding indicators constructed on the basis of interpretation of space images. The correlation analysis between indicators of woodiness, a share of arable land and relation of length of ravines and beams to the catchment area is carried out. Land surfaces with slope ratio to 2° occupy 72,4% of the territory of the key site. The following distribution of lands on an exposition of slopes is characteristic of the key site: northern – 42,3%, southern – 31,1%, western – 18,8%, eastern – 7,8%. Strong correlation between a share of arable land and woodiness of the territory ($> 0,70$), and also between the general and natural woodiness ($> 0,97$) is established. It demonstrates that woodiness on the key site is provided more due to natural plantings on the bottoms and slopes of beams. Application of a method of cartographical profiling has allowed to confirm a hypothesis of close connection between a share of arable land and a relation of length of ravines and beams to the catchment area of the territory of the South of Volga upland. It is established that change of woodiness within a Dobrinka catchment from a source to the mouth the curve can be described as parabola (“bowl” model).

Key words: catchment, agrolandscape, small river, digital model of relief, space images, woodiness, isoline mapping.