

Распространение оврагов на территории Белгородской области

О. М. Саблина , А. Г. Нарожняя

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Российская Федерация
(308015, г. Белгород ул. Победы, 85)

Аннотация: Цель – выявление пространственных закономерностей развития овражной эрозии территории Белгородской области.

Материалы и методы. Использовано геоинформационное моделирование в программном комплексе ArcGIS 10.5, которое позволило по созданной методом ручной векторизации планшетов М 1:10000 базе геоданных оврагов Белгородской области создать карту густоты и плотности овражной сети. Используя метод пространственной кластеризации, установлены однородные типы заовраженности территории.

Результаты и обсуждение. Установлено, что территории с максимальной овражной эрозией, занимающие 7280 км², относятся к центральной и восточной частям области, а по её периметру расположена зона средней заовраженности, занимающая 5948 км²; западная и южная часть области меньше всего подвержены оврагообразовательному процессу, и эта территория занимает 13901 км².

Выводы. Центральная часть области подвержена максимальному воздействию овражной эрозии, с целью приостановки воздействия ее на ландшафт следует рекомендовать усиленные противоэрозионные мероприятия, включающие гидротехнические сооружения разных типов. На остальной территории для сдерживания оврагообразовательного процесса достаточно существующих противоэрозионных мероприятий: залужения водостоков, противоэрозионных севооборотов, облесения, высадки лесополос.

Ключевые слова: овраг, геоинформационные технологии, распространение оврагов, типизация, Белгородская область.

Для цитирования: Саблина О. М., Нарожняя А. Г. Распространение оврагов на территории Белгородской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2023, № 3, с. 25-34. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/25-34>

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время продолжает оставаться актуальной проблема развития овражной эрозии на территории Среднерусской возвышенности, что приводит к необходимости проведения новых исследований, направленных на углубление знаний и представлений о закономерностях образования и развития этих эрозионных форм рельефа. Неслучайно ряд авторов [4, 13, 15] отмечает, что во многих регионах России, учитывая тектонические движения, продолжает интенсивно формироваться овражно-балочная сеть.

Овражная эрозия в условиях высокой антропогенной деятельности является одним из активных рельефообразующих процессов на территории Белгородской области, расположенной на

южных склонах Среднерусской возвышенности. Овражная эрозия наносит значительный ущерб сельскому хозяйству. Кроме потери земель развитие овражной сети приводит к изменению гидрологического режима поверхностных и подземных вод. Истощение ресурсов подземных вод происходит в результате развития овражно-балочных систем «глубокого врезания», что также наносит огромный вред источникам водоснабжения [1].

Природные особенности территории Белгородской области (склоновый тип рельефа, распространение лессовидных суглинков, ливневый характер осадков), в совокупности с многолетним и активным освоением ее территории привели к тому, что эрозионные процессы стали преобладающими среди всех экзогенных геологических процессов



[9]. На всей территории области распространены эрозионные формы и в генетической последовательности представлены промоинами, ложбинами, оврагами, балками и речными долинами.

Региональные исследования развития овражно-балочной сети В. И. Петинной и др. [10] выявили, что максимальная скорость прироста, вне зависимости от природных условий на территории области, наблюдается на раннем этапе развития овражных форм и может составить 50-150 м/год. При переходе в зрелую стадию развития скорости линейного роста оврагов уменьшаются и достигают величин 0,5-2 м/год.

Исследования В. А. Хрисанова и др. [15, 19] показали, что овраги на поверхностях с крутизной 5° и более растут в среднем в длину от 0,1 м до 10 м в год, в ширину и глубину со скоростью 1-2 м в год, а в отдельных случаях – до 5-6 м и более. В. А. Хрисанов [17] отмечает наличие на территории Белгородской области молодых донных врезов, составляющих 26,4% от суммарной длины балок и ложбин.

Современные многочисленные исследования [2, 5, 7] указывают на то, что интенсивность роста и развития оврагов на территории Белгородской области в определенной степени определяется климатическими условиями.

Крупномасштабные исследования почвенного покрова территории Белгородской области сопровождались получением важных результатов, среди которых были создание карт почвенно-эрозионного районирования, качественной оценки почвенного покрова, агроэкологической оценки земель, разработка адаптивно-ландшафтной системы земледелия [16].

Используя материалы аэрофотосъемок, Ф. Н. Лисецким [4] была построена карта распространения эрозионных форм рельефа, сильноэродированных и маломощных почв на территории Белгородской области. В частности, было выявлено, что на территории Белгородской области на долю эрозионных форм рельефа, не имеющих отчетливой морфометрической выраженности (1-4-й порядки), приходится 99,73 % от суммарного количества эрозионных форм.

Учеными Белгородского университета [6] также было установлено, что на территории Белгородской области общее количество эрозионных форм 1-7 порядка составляет 7 493 при общей расчлененности поверхности от 0,2 до 2,0 км/км². А. Г. Нарожней по данным SRTM установлено, что общее количество всех линейных эрозионных форм

рельефа составляет 16 034 при длине 22 728 км, а густота колеблется от 0,2 до 1,2 км/км² при средних значениях 0,79 км/км² [8].

Ю. Г. Чендев (2008) провел дифференциацию почвенного покрова лесостепи по возрасту распадки на разных пространственных уровнях, в результате была подтверждена сопряженность эволюционирующих элементов почвенных комбинаций, которые характеризуются стадийной гетерохронностью развития. В частности, существует достоверная связь между возрастом освоения территории и проявлением современных эрозионных процессов [21]. Авторы отмечают, что наиболее заовраженные земли концентрируются на староосвоенных участках Белгородской области.

Ранее нами [15] при использовании ГИС-технологий и одновременного картографического материала проводились исследования на территории бассейна реки Везелка. Было выявлено, что в период с 1955 по 2017 годы появление наиболее крупных новых линейных эрозионных форм (оврагов длиной 100-173 м) было приурочено к прибрежным территориям водоемов. Малые и средние линейные эрозионные формы (промоины и малые овраги) в большинстве случаев возникли на участках интенсивного хозяйственного освоения (включая селитебное).

Несмотря на большое количество исследований эрозионной сети на территории Белгородской области, анализа наиболее интенсивно развивающейся овражной сети для всего региона проведено не было. Поэтому целью данного исследования стало выявление закономерностей распространения овражной сети в пределах Белгородской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследования нами была выполнена работа по созданию векторных цифровых карт, отражающих пространственное распределение линейных форм эрозионной сети (оврагов) на территории Белгородской области.

В выполненном исследовании применялся следующий комплекс методов: анализа литературных сведений, сравнительно-географический, картографический, историко-картографический, математико-статистический, методы дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли. Геоинформационное моделирование эрозионных процессов производилось в многофункциональном ГИС-приложении ArcGIS 10.5.

Для проведения исследования пространственного распределения овражных форм была проведена оцифровка сельскохозяйственных карт тер-

ритории Белгородской области масштаба 1:10000 (съёмка 1982-1984 годов), которые на предварительном этапе были привязаны по данным дистанционного зондирования; используемая система координат – WGS 1984 UTM 37N.

Весь объем информации был представлен в виде линейных объектов, каждый из которых связан с базой атрибутивных данных, включающей длину оврага, приуроченность к речному бассейну, средняя крутизна оврага, экспозиция склона, на котором он размещен.

Атрибутивная таблица линейного слоя позволяет выполнять запросы между показателями, формировать выборки с необходимыми условиями представления ситуации. Представление информации в виде атрибутов открывает возможности статистических операций над данными как одного слоя, так и между слоями. В ArcGIS был реализован большой комплекс статистических операций над изучаемыми данными.

Полученные данные для проведения исследования подгружались в атрибутивную таблицу (рис. 1).

Таблица								
ovr								
	OBJECTID *	Shape *	Id	Shape Length	exp	slope	river	
	7	Полилиния	0	84,295646	с	4	Сев. Донец	
	8	Полилиния	0	89,654525	в	5	Сев. Донец	
	9	Полилиния	0	79,397163	в	5	Псел	
	10	Полилиния	0	74,89401	с	5	Псел	
	11	Полилиния	0	43,262522	ю	4	Псел	
	12	Полилиния	0	59,433181	ю	3	Псел	
	13	Полилиния	0	52,817451	з	3	Псел	
	14	Полилиния	0	63,63777	ю	4	Псел	
	15	Полилиния	0	58,223531	з	3	Псел	
	16	Полилиния	0	65,022046	с	3	Псел	
	17	Полилиния	0	40,230664	в	6	Псел	
	18	Полилиния	0	25,245336	в	2	Псел	
	19	Полилиния	0	30,324603	в	6	Псел	
	20	Полилиния	0	20,329982	з	2	Псел	
	21	Полилиния	0	70,927645	з	2	Псел	

Рис. 1. Атрибуты векторного слоя «OVR»
[Fig. 1. Attributes of the vector layer "OVR"]

Экспозиция склона была определена на основе SRTM, с помощью модуля Spatial Analyst набора инструментов «Поверхность». Созданный и классифицированный растр экспозиций для территории исследования конвертировали в векторный площадной слой. Для определения экспозиции склона каждой овражной формы использовали инструмент «Пересечение» модуля «Анализ», который позволил для каждой линейной формы присвоить экспозицию склона в автоматическом режиме.

Крутизна склона была определена на основе SRTM, с помощью модуля SpatialAnalysti набора инструментов «Поверхность». Инструментом «Уклон» был создан растр градаций крутизны на территории исследования, после чего его конвертировали в векторный площадной слой. Дальнейшая процедура формирования данных проводилась по аналогии с последовательностью действий, описанных для экспозиции склонов.

Принадлежность к бассейну реки была определена путем пересечения площадного слоя «bass» со слоем линейных овражных форм, и соединения баз данных на основании этого пересечения.

В результате создания векторной цифровой картосхемы был сформирован слой OVR (овраги) в формате *.shp, доступный для редактирования и совершения дальнейших операций, а также анализа полученных данных.

Согласно «Концепции бассейнового природопользования в Белгородской области» [12] на территории региона учеными НИУ БелГУ[6] были выделены 207 бассейнов. Расчёт плотности и густоты оврагов на территории области был экстраполирован в выделенные бассейны.

Показатель «плотность оврагов» был введен Б.Ф. Косовым и Г.С. Константиновой вначале 1970-х гг. для определения количества овражных форм на той или иной территории. Вершины каждого оврага (в том числе и их отвершков) рассматривались как точки роста в настоящее или недавнее время [3].

Построение карты плотности овражной сети, выраженной в ед./км², в соответствии с изолинейным картографированием показателя происходило в следующей последовательности: 1) выделенные тальвеги эрозионных форм были пересечены

полигональным слоем с бассейнами; 2) каждому оврагу присвоен дополнительный атрибут принадлежности к бассейну; 3) используя инструмент «частота», был проведен расчет количества оврагов в каждом бассейне; 4) в таблице атрибутов рассчитана плотность оврагов для каждого из бассейнов с помощью «Калькулятора поля».

Понятие «густота овражной сети» представляет собой отношение длины тальвегов всех оврагов (км) к величине площади (км²), которую они занимают. Густота овражной сети показывает степень ее развитости в пределах изучаемой территории. Густота овражной сети была рассчитана согласно Е.Ф. Зориной [2] в следующем порядке: 1) выделенные тальвеги эрозионных форм были пересечены полигональным слоем с бассейнами; 2) каждому оврагу присвоен дополнительный атрибут принадлежности к бассейну; 3) для каждого бассейна была рассчитана протяженность тальвегов внутри бассейна с помощью статистических инструментов; 4) в таблице атрибутов рассчитана густота оврагов для каждого из бассейнов с помощью «Калькулятора поля».

На основании карт плотности и густоты овражной эрозии была проведена типизация терри-

тории, с помощью инструмента «Анализ группировки» [21], в основе которого лежит пространственный кластерный анализ. Основными факторами определения типа территории выступили плотность и густота овражной сети в разрезе бассейнов Белгородской области.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате ручной векторизации на территории Белгородской области было выявлено 69827 овражных форм, из которых 35 % находится на склонах южной экспозиции, 37 % на склонах северной. Итоговая цифровая картосхема распространения оврагов представлена на рисунке 2.

На основе созданной карты заовраженности территории Белгородской области построена карта плотности оврагов (рис. 3).

Максимальное значение плотности овражной сети (6 ед./км² и более) отмечается в центральных и восточных районах области (см. рис. 3). Эта зона занимает около 6% от общей площади территории. Учет выявленной зоны повышенной заовраженности предполагает формирование в ее пределах особого комплекса природоохранных мероприятий, включающих индивидуальный режим землепользования.

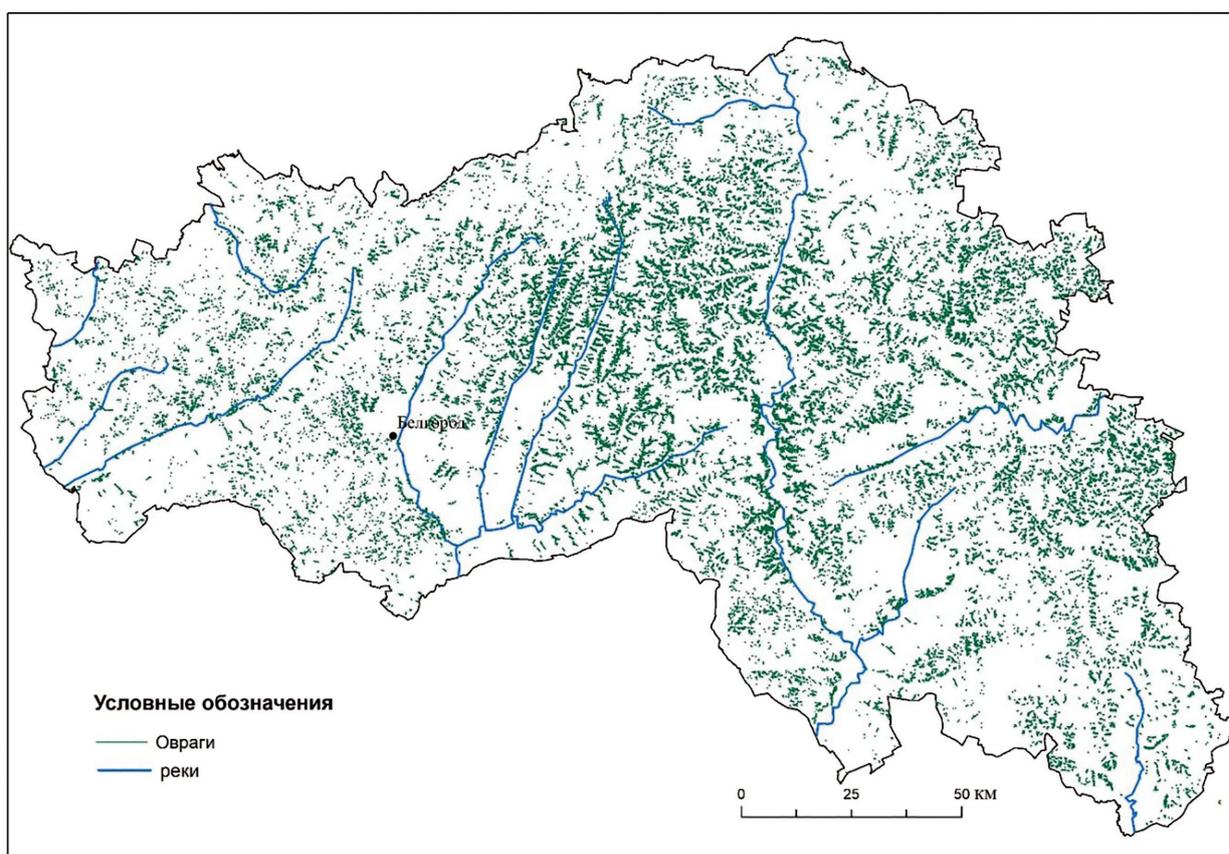


Рис. 2. Цифровая картосхема распространения оврагов на территории Белгородской области
[Fig. 2. Digital cartography of spread of ravines in the Belgorod region]

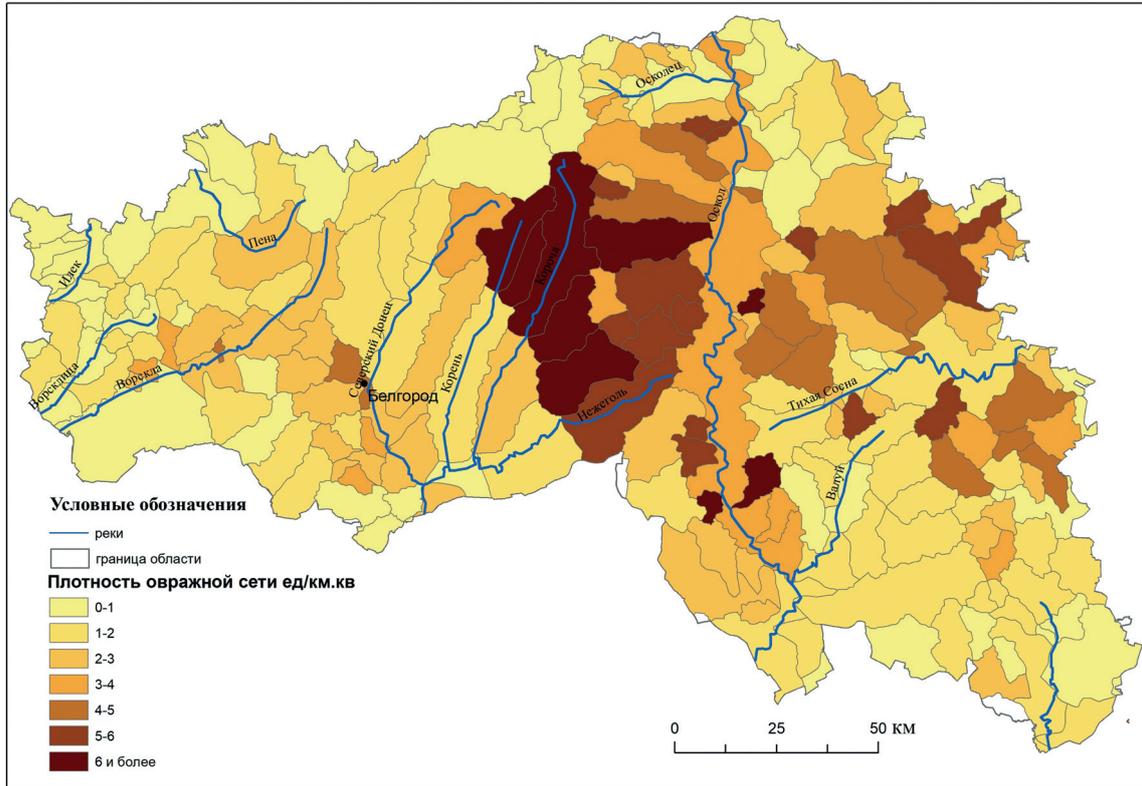


Рис.3. Картограмма плотности овражной сети, выполненная по методу Е. Ф. Зориной
[Fig. 3. Cartographic diagram of the density of the ravine network, made by the method of E. F. Zorina]

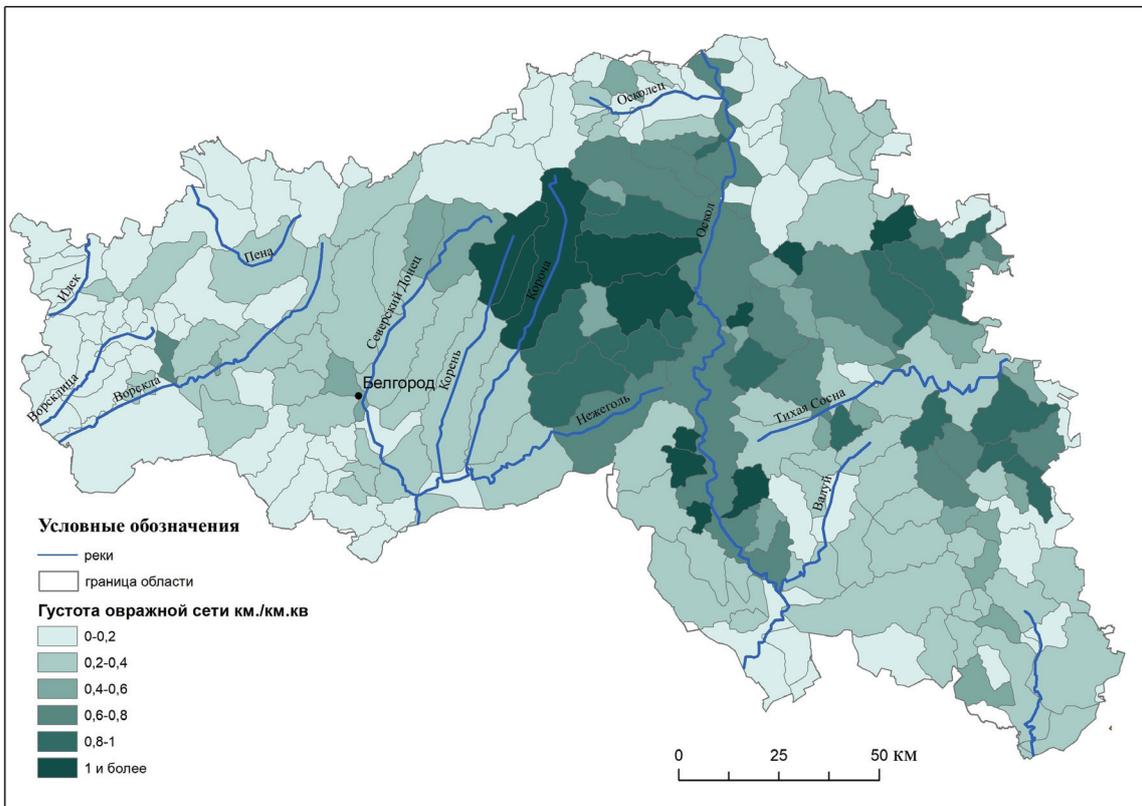


Рис. 4. Густота овражной сети Белгородской области
[Fig. 4. The density of the ravine network in the Belgorod region]

На 32% территории значения плотности эрозионной сети колеблются от 0,4 до 0,7 ед./км². В пределах 6% территории данный показатель составляет 1,0-1,2 ед./км² (см. рис. 3). Эта зона приурочена к центральной и восточной частям области.

Показатели плотности и густоты овражной сети частично совпадают (рис. 3, 4), что свидетельствует о развитии новых овражных форм на склонах уже сформированных балок, и чем выше балочное расчленение территории, тем больше вероятность возникновения овражной сети.

Данные о распределении овражной сети и существующие данные о производимых противоэрозионных мероприятиях позволят проанализировать целесообразность размещения и эффективность последних.

На 61% площади Белгородской области густота овражной сети составляет 0,1-0,4 км/км². В северо-западной части области отмечены самые низкие значения густоты овражной сети (<0,1 км/км²); также на этой территории отмечены и наименьшие значения плотности оврагов,

что свидетельствует о снижении активности развития оврагообразования в этой части региона. Центральная и восточная части области отмечены высокими показателями густоты овражной сети, что свидетельствует о высоких значениях количества как новых овражных форм, так и тех, которые достигли максимального своего развития.

Совокупный анализ густоты и плотности овражной сети позволил нам создать карту заовраженности Белгородской области (рис. 5). Основные статистические характеристики выделенных типов представлены в таблице.

Центральную и западную часть области занимает тип 1, соответствующий максимальным показателям овражной эрозии, который включил в себя 48 бассейнов общей площадью 7278 км². Эти территории наиболее подвержены как возникновению новых овражных форм, так и активному развитию уже существующих оврагов (густота в отдельных бассейнах достигает 1,2 км/км² составляя в среднем 0,979 км/км², плотность достигает 6,8 ед./км/км²).

Таблица

Средние значения плотности и густоты овражной сети выделенных типов заовраженности на территории Белгородской области

[Table 1. Average values of the ravine network density of the selected types of overexposure in the Belgorod region]

Показатель / Rate	Тип 1 (высокие показатели овражной эрозии) / Type 1 (high rates of ravine erosion)	Тип 2 (средние показатели овражной эрозии) / Type 2 (average rates of ravine erosion)	Тип 3 (низкие показатели овражной эрозии) / Type 3 (low rates of ravine erosion)
Густота, км/км ²	0,979±1,341	0,421±0,134	0,158±0,08
Плотность, ед./км ²	5,7±0,2	2,8±0,6	1,0±0,53

При обустройстве территории здесь необходимо предусмотреть помимо почвозащитных севооборотов, агротехнических мероприятий, противоэрозионных и приовражных лесных полос, залуженных водостоков еще и создание дополнительных гидротехнических сооружений в виде нагорных или водоотводящих валов, канав, устройства быстроток, перепадов, водосбросов (в том числе залуженных), лотков, а также донных запруд и перемычек, предотвращающих дальнейшее углубление русла; устройства водозадерживающих валов, канав, перемычек на оврагах, плотин, прудов и водоемов в балках и поймах.

Вокруг выделенного типа 1 и в восточной части области распложены территории типа 2 со средними значениями овражной эрозии, который включил в себя 47 бассейнов общей площадью 5904 км². На этих территориях достаточны стандартные

противоэрозионные мероприятия (почвозащитные севообороты, вспашка поперек склонов, противоэрозионные и приовражные лесные полосы), с добавлением залуженных водостоков.

Территории с минимальной овражной эрозией занимают 112 бассейнов, общей площадью 13756 км², расположены преимущественно в западной и юго-восточной части области. Здесь достаточно существующих противоэрозионных мероприятий, которые реализуются в области: ведение почвозащитных севооборотов, залужения водостоков, соответствующие агротехнические мероприятия (*Проект адаптивно-ландшафтного земледелия, бассейновая концепция*).

Для всех выделенных типов необходим мониторинг развития линейных форм, который позволит вовремя предусмотреть и внедрить мероприятия по предотвращению развития эрозионных форм.

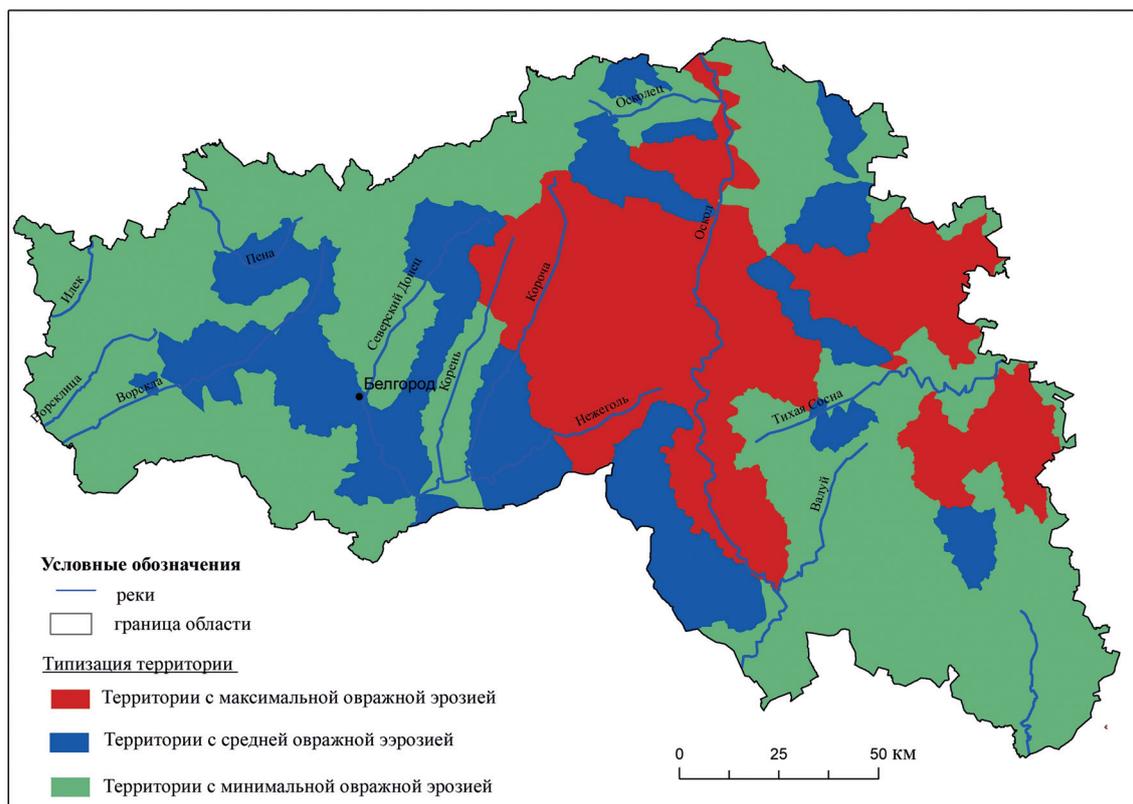


Рис. 5. Типизация территории Белгородской области на основании плотности и густоты овражной эрозии [Fig. 5. Typification of the Belgorod region area based on the density of ravine erosion]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С использованием геопространственной базы данных ArcGIS, включающей расположение тальвегов оврагов, их густоты и плотности, проведена типизация территории по степени влияния развития овражной эрозии на территорию Белгородской области.

Центральная часть области подвержена максимальному воздействию овражной эрозии, с целью приостановки воздействия ее на ландшафт следует рекомендовать усиленные противоэрозионные мероприятия, обязательно включающие гидротехнические сооружения разных типов, в соответствии с особенностями развития каждого конкретного оврага. На остальной территории для сдерживания оврагообразовательного процесса достаточно существующих противоэрозионных мероприятий: залужения водостоков, противоэрозионных севооборотов, облесения, высадки лесополос, которые реализуются в соответствии с «Бассейновой концепцией природопользования», «Адаптивно-ландшафтной системой земледелия и охраны почв» принятых к реализации в Белгородской области [11, 12].

Применение инструментария ГИС дает качественно новые результаты, которые с могут быть

использованы в виде подосновы для проектирования противоэрозионных мероприятий на более высоком уровне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заславский М.Н. *Эрозиоведение*. Москва: Высшая школа, 1983. 320 с.
2. Зорина Е.Ф. *Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития*. Москва: ГЕОС, 2003. 168 с.
3. Косов Б.Ф., Константинова Г.С. Комплексная карта овражности равнинной территории СССР // *Геоморфология*, 1973, № 3, с. 3-9.
4. Лисецкий Ф.Н., Марциневская Л.В. Оценка развития линейной эрозии и эродированности почв по результатам аэрофотосъемки // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*, 2009, № 10, с. 39-43.
5. Лисецкий Ф.Н., Светличный С.Г. *Современные проблемы эрозиоведения*. Белгород: Константа, 2012. 456 с.
6. Лисецкий Ф.Н., Дегтярь А.В., Бурак Ж.А. *Реки и водные объекты Белогорья: монография*. Белгород: КОНСТАНТА, 2015. 362 с.
7. Назаров Н.Н. Особенности современного толкования термина «овраг» // *Геоморфология*, 1997, № 4, с. 43-50.
8. Нарожная А.Г. *Экологическая и энергетическая оценки агроландшафтов при их адаптивном землеустройстве: автореф дис. ... канд. геогр. наук*. Белгород: Издательство БелГУ, 2011. 22 с.

9. *Экзогенные процессы рельефообразования равнинных территорий: учебное пособие* / Петин А.Н., Петина В.И., Белоусова Л.И., Гайворонская Н.И. Белгород: Константа, 2013. 148 с.
10. Петина В.И., Гайворонская Н.И., Белоусова Л.И. Эрозионные процессы на территории Белгородской области // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*, 2009, № 11 (66), вып. 9/2, с. 109-117.
11. *Постановление Правительства Белгородской области от 25.04.2022 №249-пп «Об утверждении Положения о проекте адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв»*. Белгород, 2022. 27 с.
12. *Распоряжение от 27.02.2012 г. № 116-рп «Об утверждении концепции бассейнового природопользования в Белгородской области»*. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/444859570> (дата обращения: 16.01.2023). – Текст: электронный.
13. Рысин И.И., Голосов В.Н., Григорьев И.И., Заичева М.Ю. Влияние изменений климата на динамику темпов роста оврагов Вятско-камского междуречья // *Геоморфология*, 2017, № 1, с. 90-103.
14. Саблина О.М., Чендев Ю.Г. Опыт изучения овражной сети с использованием разновременных плановых съемок // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*, 2018, т. 42, № 4, с. 507-515.
15. Сатдаров А.З. Методы исследования регрессивного роста оврагов: достоинства и недостатки // *Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки*, 2016, т. 158, кн. 2, с. 277-292.
16. Соловиченко В.Д., Уваров Г.И. Почвенно-географическое районирование Белгородской области: учебное пособие. Белгород: Отчий край, 2010. 40 с.
17. Хрисанов В.А., Бахаева Е.А. Современные геоморфологические процессы на территории Белгородской области и их антропогенная активизация // *Научные ведомости Белгородского государственного университета*, 2011, № 15 (110), вып. 16, с. 209-216.
18. Хрисанов В.А., Калмыков С.Н. Развитие и распространение экзогенных процессов на неотектонических структурах в условиях современных вертикальных движений // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*, 2017, № 4, с. 149-160.
19. Хрисанов В.А., Калмыков С.Н. Современное оврагообразование как мощный фактор уничтожения плодородных земель Белгородской области // *Научные ведомости БелГУ. Естественные науки*, 2015, № 33 (21), с. 106-113.
20. Чендев Ю.Г. *Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене*. Москва: ГЕОС, 2008. 211 с.
21. Xu D. and Tian Y. A Comprehensive Survey of Clustering Algorithms // *Annals of Data Science*, 2015, vol. 2, no. 2, pp. 165-193.
- Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 12.02.2023

Принята к публикации 04.09.2023

UDC 551.435.162

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/25-34>

Spread of Ravines in the Belgorod Region

O. M. Sablina✉, A. G. Narozhnyaya

*Belgorod State National Research University, Russian Federation
(85, Pobedy Str., Belgorod, 308015)*

Abstract: The purpose is to reveal spatial regularities of ravine erosion development in the Belgorod region.

Materials and methods. We used geoinformation modeling in ArcGIS 10.5 software package, which allowed us to create a map of the density and density of the ravine network based on the geodata base of ravines of Belgorod region created by the method of manual vectorization of M 1:10000 tablets. Using the method of spatial clustering, homogeneous types of territory overexposure were found.

Results and discussion. It was found that the territories with maximum ravine erosion, occupying 7280 km², belong to the central and eastern parts of the region, and along its perimeter there is a zone of average

© Sablina O. M., Narozhnyaya A. G., 2023

✉ Olga M. Sablina, e-mail: sablina@bsu.edu.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

ravine erosion, occupying 5948 km²; the western and southern parts of the region are least subject to ravine formation process, and this territory occupies 13901 km².

Conclusions. The central part of the region is exposed to the maximum impact of ravine erosion. In order to suspend its impact on the landscape should be recommended enhanced erosion control measures, including hydraulic structures of different types. On the rest of the territory the existing erosion control measures are sufficient to restrain the ravine formation process: grassing of drains, anti-erosion crop rotations, afforestation, planting of forest belts.

Key words: ravine, geoinformation technologies, spread of ravines, typification, Belgorod region.

For citation: Sablina O.M., Narozhnyaya A.G. Spread of Ravines in the Belgorod Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2023, no. 3, pp. 25-34. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/25-34>

REFERENCES

1. Zaslavskiy M.N. *Erozioveden'e* [Erosion studies]. Moscow: Vysshaya shkola, 1983. 320 p. (In Russ.)
2. Zorina E.F. *Ovrazhnaya eroziya: zakonomernosti i potentsial razvitiya* [Gully erosion: patterns and development potential]. Moscow: GEOS, 2003. 168 p. (In Russ.)
3. Kosov B.F., Konstantinova G.S. Kompleksnaya karta ovrazhnosti ravninnoy territorii SSSR [Complex map of the circumference of the flat territory of the USSR]. *Geomorfologiya*, 1973, no. 3, pp. 3-9. (In Russ.)
4. Lisetskiy F.N., Martsinevskaya L.V. Otsenka razvitiya lineynoy erozii i erodirovannosti pochv po rezul'tatam aerofotos"emki [Assessment of the development of linear erosion and soil erosion based on the results of aerial photography]. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel'*, 2009, no. 10, pp. 39-43. (In Russ.)
5. Lisetskiy F.N., Svetlichnyy S.G. *Sovremennyye problemy eroziovedeniya* [Modern problems of erosion studies]. Belgorod: Konstanta, 2012. 456 p. (In Russ.)
6. Lisetskiy F.N., Degtyar' A.V., Buryak Zh.A. *Reki i vodnye ob"ekty Belgor'ya: monografiya* [Rivers and water bodies of Belgoroye: monograph]. Belgorod: KONSTANTA, 2015. 362 p. (In Russ.)
7. Nazarov N.N. Osobennosti sovremennogo tolkovaniya termina «ovrag» [Features of the modern interpretation of the term "ravine"]. *Geomorfologiya*, 1997, no. 4, pp. 43-50. (In Russ.)
8. Narozhnyaya A.G. *Ekologicheskaya i energeticheskaya otsenki agrolandshaftov pri ikh adaptivnom zemleustroystve* [Ecological and energy assessments of agricultural landscapes in their adaptive land management]: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Belgorod: Izdatel'stvo BelGU, 2011. 22 p. (In Russ.)
9. *Ekzogennyye protsessy rel'efoobrazovaniya ravninnykh territoriy: uchebnoe posobie* [Exogenous processes of relief formation of lowland territories: textbook] / Petin A.N., Petina V.I., Belousova L.I., Gayvoronskaya N.I. Belgorod: Konstanta, 2013. 148 p. (In Russ.)
10. Petina V.I., Gayvoronskaya N.I., Bolousova L.I. Eroziionnye protsessy na territorii Belgorodskoy oblasti [Erosion processes in the Belgorod region]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki*, 2009, no. 11(66), v. 9/2, pp. 109-117. (In Russ.)
11. *Postanovlenie Pravitel'stva Belgorodskoy oblasti ot 25.04.2022 №249-pp «Ob utverzhdenii Polozheniya o proekte adaptivno-landshaftnoy sistemy zemledeliya i okhrany pochv»* [Resolution of the Government of the Belgorod region dated 04/25/2022 No. 249-pp "On approval of the Regulations on the project of adaptive landscape system of agriculture and soil protection"]. Belgorod, 2022. 27 p. (In Russ.)
12. *Order No. 116-rp dated 27.02.2012 "On approval of the concept of Basin nature management in the Belgorod Region"*. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/444859570> (accessed 16.01.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
13. Rysin I.I., Golosov V.N., Grigor'ev I.I., Zaytseva M.Yu. Vliyaniye izmeneniy klimata na dinamiku tempov rosta ovragov Vyatsko-kamskogo mezhdurech'ya [The impact of climate change on the dynamics of the growth rates of the ravines of the Vyatka-Kama interfluve]. *Geomorfologiya*, 2017, no. 1, pp. 90-103. (In Russ.)
14. Sablina O.M., Chendev Yu.G. Opyt izucheniya ovrazhnoy seti s ispol'zovaniem raznovremennykh planovykh s"emok [Experience of studying the gully network using multi-time scheduled surveys]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki*, 2018, vol. 42, no. 4, pp. 507-515. (In Russ.)
15. Satdarov A.Z. Metody issledovaniya regressivnogo rosta ovragov: dostoinstva i nedostatki [Methods of research of regressive growth of ravines: advantages and disadvantages]. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki*, 2016, vol. 158, kn. 2, pp. 277-292. (In Russ.)
16. Solovichenko V.D., Uvarov G.I. *Pochvenno-geograficheskoe rayonirovaniye Belgorodskoy oblasti Uchebnoe posobie* [Soil and geographical zoning of the Belgorod region: a textbook]. Belgorod: Otchiy kray, 2010. 40 p. (In Russ.)
17. Khrisanov V.A., Bakhaeva E.A. Sovremennyye geomorfologicheskie protsessy na territorii Belgorodskoy oblasti i ikh antropogennaya aktivizatsiya [Modern geomorphological processes in the Belgorod region and their anthropogenic activation]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, no. 15 (110), v. 16, pp. 209-216. (In Russ.)
18. Khrisanov V.A., Kalmykov S.N. Razvitie i rasprostraneniye ekzogennykh protsessov na neotektonicheskikh strukturakh v usloviyakh sovremennykh vertikal'nykh

dvizheniy [Development and spread of exogenous processes on geotectonic structures in the conditions of modern vertical movements]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, 2017, no. 4, pp. 149-160. (In Russ.)

19. Khrisanov V.A., Kalmykov S.N. Sovremennoe ovragoobrazovanie kak moshchnyy faktor unichtozheniya plodorodnykh zemel' Belgorodskoy oblasti [Modern ravine formation as a powerful factor in the destruction of fertile lands of the Belgorod region]. *Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki*, 2015, no. 33 (21), pp. 106-113. (In Russ.)

Саблина Ольга Михайловна

ассистент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-2383-8458, e-mail: sablina@bsu.edu.ru

Нарожняя Анастасия Григорьевна

кандидат географических наук, доцент кафедры природопользования и земельного кадастра Института наук о Земле НИУ «БелГУ», г. Белгород, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-4271-1607, e-mail: narozhnyaya_a@bsu.edu.ru

20. Chendev Yu.G. *Evolyutsiya lesostepnykh pochv Srednerusskoy vozvyshennosti v golotsene* [Evolution of forest-steppe soils of the Central Russian upland in the Holocene]. Moscow: GEOS, 2008. 211p. (In Russ.)

21. Xu D. and Tian Y. A Comprehensive Survey of Clustering Algorithms. *Annals of Data Science*, 2015, vol. 2, no. 2, pp. 165-193.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 12.02.2023

Accepted: 04.09.2023

Olga M. Sablina

Assistant at the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-2383-8458, e-mail: sablina@bsu.edu.ru

Anastasiya G. Narozhnyaya

Assoc. Prof. at the Department of Nature Management and Land Cadastre of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-4271-1607, e-mail: narozhnyaya_a@bsu.edu.ru