

4.1.5. МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 630.266

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_2_90

EDN: JFREAU

Совершенствование системы противозерозионных мероприятий в аграрных предприятиях Центрально-Черноземного региона

Елена Владимировна Недикова^{1✉}, Елена Владимировна Куликова²,
Константин Дмитриевич Недиков³

^{1,2,3}Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,
Воронеж, Россия

¹nedicova@yandex.ru✉

Аннотация. Эрозия является основным экзогенным рельефообразующим процессом, во многом определяющим развитие рельефа на значительной территории. Данный геологический фактор в значительной степени обуславливает эколого-геоморфологическую обстановку при хозяйственном освоении территории. Под воздействием эрозии происходит смыв гумусового горизонта, истощаются запасы энергии и питательных веществ в почве. Считается, что склоновые земли особенно восприимчивы к нерациональному использованию: при нарушении технологических требований на пахотных землях с крутизной более 1° (иногда даже 0,5°) уже начинаются эрозионные процессы. Особо следует отметить, что одной из главных причин развития эрозии почв является применение на склоновых землях такой же агротехники возделывания сельскохозяйственных культур, как на равнинах. В Центрально-Черноземном регионе, и в Воронежской области в особенности, главной причиной деградации пашни является эрозия, которая усиливается на фоне неадаптивной аграрной деятельности. Главная роль в деле предотвращения эрозии отводится противозерозионной организации территории, в процессе которой создаются условия для формирования почвозащитного ведения адаптивного земледелия. Представлен современный подход к формированию адаптивных севооборотов на основе классов потенциальной эрозионной опасности пахотных земель от стока талых вод и ливневых дождей, особенностью которого является создание надежной расчетной базы для оптимального проектирования системы дифференцированного использования в системе севооборотов с учетом степени эрозионной опасности. Для адекватного контурного устройства пахотных склонов необходимо определить место размещения водорегулирующей лесной полосы или лесогидромелиоративного звена, используя расчет критических скоростей формирования эрозии. Совершенствование расчетных методик проектирования противозерозионных мероприятий позволит создать надежную цифровую платформу для защиты земель, рационального и экономически эффективного ведения адаптивного земледелия.

Ключевые слова: деградация, эрозия, лесные полосы, плодородие почвы, пахотные угодья, системы земледелия и землеустройства

Для цитирования: Недикова Е.В., Куликова Е.В., Недиков К.Д. Совершенствование системы противозерозионных мероприятий в аграрных предприятиях Центрально-Черноземного региона // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 2(77). С. 90–97. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_90-97.

4.1.5. LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGRICULTURAL PHYSICS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

Improvement of the system of anti-erosion measures in agricultural enterprises of the Central Chernozem Region

Elena V. Nedikova¹, Elena V. Kulikova², Konstantin D. Nedikov³

^{1,2,3}Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

¹nedicova@yandex.ru✉

Abstract. Erosion is the main exogenous relief-forming process that largely determines the development of relief over a vast area. This geological process determines the ecological and geomorphological situation during the economic development of the territory. As a result of erosion processes, the humus horizon is being washed away, and the reserves of energy and nutrients in the soil are depleted. It is believed that sloping lands are particularly susceptible to irrational use: if technological requirements are violated, erosion processes already

begin on arable lands with the steepness of more than 1° (sometimes even 0.5°). It should be particularly noted that one of the main reasons for the development of soil erosion is the use of the same agricultural techniques for cultivating crops on sloping lands as in flat areas. In the Central Chernozem Region and in Voronezh Oblast in particular, the main cause of degradation of arable land is erosion, which increases against the background of maladaptive agricultural activity. The main role in preventing erosion is assigned to the anti-erosion organization of the territory, during which conditions are created for the formation of soil-protective management of adaptive agriculture. The authors present a modern approach to the formation of adaptive crop rotations based on classes of potential erosion hazard of arable land from meltwater runoff and heavy rains. Its feature is the creation of a reliable calculation base for optimal design of a system of differentiated use in the crop rotation system, taking into account the degree of erosion hazard. For an adequate contour arrangement of arable slopes, it is necessary to determine the location of a water-regulating forest strip or a forest hydro-reclamation link using the calculation of critical erosion formation rates. The improvement of computational methods for the design of anti-erosion measures will create a reliable digital platform for the protection of land from erosion, rational and cost-effective management of adaptive agriculture.

Keywords: degradation, erosion, forest strips, soil fertility, arable land, farming and land management systems

For citation: Nedikova E.V., Kulikova E.V., Nedikov K.D. Improvement of the system of anti-erosion measures in agricultural enterprises of the Central Chernozem Region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(2):90-97. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_2_90-97.

Деградация почв – распространенное явление не только в мире, но и в России. Большая часть порожденных вмешательством человека воздействий (в том числе сельскохозяйственная деятельность, иные виды землепользования, рекреационная активность и др.) снижает качество почв, прямо или косвенно вызывая те или иные деградационные процессы. Деградация почв приводит к потере почвенного плодородия, уменьшению запасов гумуса и содержания других питательных веществ (азота, калия, фосфора, микроэлементов), увеличению кислотности, засолению, разрушению и утрате верхнего плодородного слоя в результате водной и/или ветровой эрозии. Проблемы, инициированные деградацией почв, зачастую являются следствием несоблюдения технологий возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих сохранение и улучшение почвенного плодородия. Среди причин, вызывающих деградацию почв, следует отметить несоблюдение систем севооборотов в земледелии, хищническое отношение к земле и агрономическую неграмотность. Обычно выделяют физическую деградацию (эрозия, запечатывание, уплотнение и др.) и химическую (засоление, химическое загрязнение).

Эрозия является основным экзогенным рельефообразующим процессом, во многом регулирующим и определяющим развитие рельефа на значительных по площадям территориях. Данный геологический фактор в значительной степени обуславливает эколого-геоморфологическую обстановку при ведении хозяйственной деятельности [6, 15, 16]. В результате эрозионных процессов происходит смыв гумусового горизонта, истощаются запасы энергии и питательных веществ в почве.

Толчком к развитию водной эрозии почв на сельскохозяйственных угодьях являются нарушения устойчивого водного режима в процессе эксплуатации земли [7, 17, 18]. Водная эрозия вызывается поверхностными потоками талых, дождевых и ливневых вод. В России водной эрозии подвержено более половины сельхозугодий, так как они расположены на склонах различной крутизны. Считается, что склоновые земли наиболее восприимчивы к нерациональному и бесхозяйственному использованию, так как при нарушении технологических требований на пахотных землях с крутизной более 1° (иногда даже $0,5^\circ$) уже начинаются эрозионные процессы.

Особо следует отметить, что одной из главных причин развития эрозии почв является применение на склоновых землях такой же агротехники возделывания сельскохозяйственных культур, как и на равнинах. В результате смыва почвы происходит значительная потеря основных элементов питания, гумуса, резко ухудшается структура и, как результат, снижается плодородие почвенного покрова.

В Центрально-Черноземном регионе, и в Воронежской области в особенности, главной причиной деградации пашни является эрозия, которая усиливается на фоне неадаптивной аграрной деятельности. Под действием совокупности природных и антропогенных факторов разрушается территориальная основа сельскохозяйственного производства. В настоящее время тенденция ухудшения состояния пахотных земель сохраняется.

Для ликвидации деградационных процессов требуется осуществлять комплекс организационно-хозяйственных агротехнических, мелиоративных и гидротехнических мероприятий. Особую роль играют организационно-хозяйственные мероприятия и противоэрозионная организация территории.

Первоочередной задачей противоэрозионной организации пашни является адаптация системы земледелия к конкретным особенностям той или иной территории, формирование оптимального организационно-территориального комплекса мероприятий, выбор противоэрозионных земледельческих агротехнологий с целью сохранения и воспроизводства плодородия почв. Противоэрозионная организация и земледелие изначально направлены на снижение и устранение причин деградации, сохранение и воспроизводство утраченных угодий. Почвозащитный землеустроительный комплекс представляет систему организационных, агротехнических, агрохимических, лесомелиоративных и гидротехнических противоэрозионных приемов и мероприятий, которая должна стать начальным этапом обустройства пашни для ведения адаптивного земледелия.

Организация севооборотов предусматривает решение комплекса задач по ведению рентабельного земледелия и рационального использования пашни с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур и природно-климатических условий. Севооборот как научно обоснованное чередование посевов сельскохозяйственных культур и паров по формируемым полям (рабочим участкам) в течение определенного периода времени лежит в основе современных зональных агроландшафтных систем земледелия и определяет большинство остальных систем сельскохозяйственного производства (обработки почвы, удобрения, защиты растений, семеноводства и сортомены, орошения и осушения, машин, организации труда и др.). Система организации севооборотов и устройства территории, предопределенная совокупностью природно-климатических условий, рельефом, степенью эродированности почв, на которую накладываются определенные ареалы севооборотов, формирует дифференцированные полевые агроландшафты на пашне [13].

С учетом распределения пашни по классам потенциальной эрозионной опасности устанавливается рациональное соотношение структуры почвозащитного комплекса путем организации дифференцированного использования в системе севооборотов и обособленных участков (постоянного и временного залужения, овощных, орошаемых, запольных и т. д.). В целях создания устойчивой к эрозии организационно-территориальной основы, повышения плодородия почв и улучшения экологической среды полевого агроландшафта целесообразно на землях I и II классов потенциальной эрозионной опасности предусмотреть размещение полевого севооборота, насыщенного пропашными культурами. На пашне II, III и IV классов потенциальной эрозионной опасности рекомендуется организовывать полевые севообороты, насыщенные зерновыми сельскохозяйственными культурами (зерновые севообороты), с учетом сложившейся структуры посевных площадей в хозяйстве и в связи с необходимостью создания надежной кормовой базы для животноводства. Насыщенность зерновыми и зернобобовыми сельскохозяйственными культурами, однолетними травами в таких севооборотах может достигать более 50% всей площади севооборота. Допускается размещать их на пашне с крутизной до 5°. На эродированных землях IV и V классов потенциальной эрозионной опасности необходимо размещать противоэрозионные почвозащитные севообороты, в которых почвозащит-

ные сельскохозяйственные культуры и многолетние травы могут превышать 50% общей площади севооборота. На деградированной пашне V класса предусматривается постоянное залужение многолетними травами.

Формирование организационно-территориальной основы для защиты пашни от эрозии создает реальные условия для разработки и внедрения современного адаптивного земледелия и является теоретически значимым и практически необходимым [1, 3, 4, 11].

Особенностью представленного методического подхода является создание надежного расчетного инструментария для оптимального проектирования системы дифференцированного использования в системе севооборотов с учетом степени эрозионной опасности. Представлен современный подход к формированию адаптивных севооборотов на основе классов потенциальной эрозионной опасности пахотных земель от стока талых вод и ливневых дождей. Разработанные предложения позволяют создать надежные условия для дифференцированного использования земель.

На основе определения значения почвозащитных способностей элементов территориальной организации севооборотов (применяемых севооборотов, выращиваемых сельскохозяйственных культур, качества почв, крутизны территории и др.) выполняется расчет интегрированного значения почвозащитной способности территориально-дифференцированной организации севооборотов (см. табл.).

Почвозащитная характеристика севооборотов

Показатели	Севообороты			
	пропашной	зерновой	почвозащитный	участки залужения
Количество севооборотов, шт.	1	1	1	5
Площадь севооборота, га	200,0	800,0	450,0	50,0
Средний размер поля, га	50,0	100,0	50,0	10,0
Почвозащитный коэффициент севооборота (K_c)	0,68	0,57	0,16	0,03
Средняя крутизна склонов севооборота, град.	0,5	2,4	6,3	6,5
Поправочный коэффициент на крутизну склонов	0,08	0,4	1,05	1,5
Коэффициент податливости почв смыву ($K_{пс}$)	0,5	0,7	0,8	0,9
Интегрированный коэффициент севооборота ($K_{об}$)	0,03	0,40	0,13	0,04
Потенциальный смыв почвы, т/га в год	1,5	14,6	39,5	42,5
Остаточные потери почвы, т/га в год	0,05	5,8	5,1	1,7

Рассмотренный способ оценки почвозащитной эффективности организации дифференцированного хозяйственного использования пашни наглядно и последовательно показывает снижение смыва почвы с учетом особенностей территории и почвозащитной способности почв. Дифференцированное размещение севооборотов на территории пашни с учетом ее агротехнологических характеристик и почвозащитной способности сельскохозяйственных культур позволит создать оптимальные условия для сохранения и рационального использования плодородия пахотных почв. Расчетные аспекты методики оценки противоэрозионного влияния системы дифференцированных севооборотов подробно изложены в работах сотрудников Воронежского государственного аграрного университета, Всероссийского научно-исследовательского института агролесомелиорации РАСХН (Волгоградская область), Новочеркасской государственной мелиоративной академии и др. [9, 10, 12].

Фундаментальная роль в деле успешного решения задач предотвращения эрозионных процессов отводится лесомелиоративному устройству пашни сельскохозяйственных организаций, количественно учитывающему различные факторы. В работе [10] представлен противоэрозионный аспект методики устройства территории пашни на расчетной основе. Скорректировано содержание технического проектирования контурных лесных полос с целью оптимального устройства рабочих участков для выполнения агротехнологических мероприятий в условиях внедрения адаптивного земледелия.

Основными задачами проектов лесомелиорации являются:

- создание агротехнологически надежной организационно-территориальной основы для выполнения агроприемов системы земледелия;
- формирование оптимальной агросреды для выращивания сельскохозяйственных культур в системе адаптивного земледелия, сохранения и воспроизводства плодородия пахотных земель;
- доведение облесенности, защищенности пашни и лесистости территории до оптимальных параметров.

Наиболее эффективное регулирование поверхностного стока воды и снижение смыва почвы возможно лишь при размещении трасс лесных полос поперек склона и оптимальном расстоянии между ними [2, 3, 6, 10, 14].

Принимая во внимание, что базовым принципом контурного устройства пахотных склонов является необходимость решения противоэрозионных задач, наиболее верным следует признать методический подход по определению места размещения водорегулирующей лесной полосы или лесогидромелиоративного звена, основанного на расчете критических скоростей формирования эрозии. Этот подход позволяет наиболее точно выявить место размещения водорегулирующей лесной полосы по границе начала формирования эрозии [3, 6]. Для расчета расстояния до точки формирования размывающей скорости весеннего склонового стока, с учетом которого и определяется место размещения лесной полосы, целесообразно использовать гидрологическую формулу, позволяющую рассчитать фактическую скорость склонового стока на высоте выступов шероховатости (V_x , м/сек) в зависимости от территориальных особенностей участка [6]:

$$V_x = 7,75 [(P - K) \times L]^{0,3} \times n^{0,7} \times i^{0,35},$$

где $(P - K)$ – интенсивность стокообразования, м/сек;

L – длина склона (стокосбросного участка), обеспечивающая формирование определенной скорости, м;

n – коэффициент, учитывающий изрезанность склоновой поверхности (Ц.Е. Мирцхулава предлагает принимать равным 1–3 [8], а А.Н. Костяков – 1–2 [5]; для зяби, обработанной поперек склона, принимаем равным 1);

i – величина уклона, tg.

Система лесных полос выполняет важную организационно-технологическую функцию, так как является конструктивной основой, закрепляющей в природе границы рабочих участков на долгие годы и программирующей условия выполнения противоэрозионной обработки и всех агротехнологических приемов земледелия поперек склонов. Практически все лесные полосы являются базисными рубежами обработки и должны быть запроектированы с учетом допустимых параметров уклона и протяженности.

Особое внимание следует уделять конфигурации линейных элементов, которая в значительной степени определяется рельефом местности. От контурности рабочих участков зависит технология обработки полей и рабочих участков севооборотного массива. Размещение линейных элементов в виде защитных лесных полос определяет кривизну рабочих ходов машинно-тракторных агрегатов. Параметры допустимой кривизны

направления обработки являются исходными данными при программировании выполнения агротехнологических приемов на полях и одним из основных критериев размещения лесных полос на пахотных склонах. При этом контурный элемент в виде лесной полосы представляет собой совокупность дуг взаимосопряженных окружностей.

Таким образом, машинно-тракторный агрегат, выполняя технологические операции на полях и рабочих участках, совершает свой путь по дугам различных окружностей и постепенно прокладывает одинаковые технологические полосы, равные ширине его захвата. При проведении контурной обработки движение агрегата на полях севооборотных массивов идет от центра кривой, при этом радиус с каждым проходом увеличивается на ширину захвата, за счет чего происходит уменьшение кривизны дуги окружности. При обработке территории к центру окружности кривизна дуги, наоборот, увеличивается. При этом ближе к центру окружности наступает момент, когда машинно-тракторный агрегат не может вписаться в отрезки кривых, и его фактический технологический путь будет проходить по более пологой кривой, при этом наблюдаются огрехи – корректирующие полосы.

В случае выполнения технологических процессов обработки пропашных культур необходимо учитывать лимитирующую кривизну направления обработки, которая должна превышать 60 метров.

Таким образом, на пахотных склонах необходимо учитывать следующие правила при проектировании контурных линейных элементов:

- центры кривых должны рассчитываться таким образом, чтобы они выходили за пределы рабочих участков севооборотных массивов;
- кривизну рабочих проходов машинно-тракторных агрегатов следует формировать радиусом не менее 60 метров.

Выводы

Использование расчетных методик оценки потенциальной эрозионной опасности пашни, основанных на количественном учете определяющих факторов, позволяет повысить достоверность информации и получить наглядную картину для территориальной дифференциации их использования.

Дифференциация эрозионной опасности пашни предопределяет организационно-территориальный характер противоэрозионного размещения севооборотов. Решение задач по формированию организационно-территориальной основы для защиты пашни от эрозии и оптимального размещения севооборотов создает реальные условия для разработки и внедрения современного адаптивного земледелия, является теоретически значимым и практически необходимым.

Совершенствование расчетных методик проектирования противоэрозионных мероприятий позволит создать надежную платформу для защиты земель, рационального и экономически эффективного ведения адаптивного земледелия.

Список источников

1. Волков С.Н. Землеустройство. Т. 9. Региональное землеустройство: учебник. Москва: КолосС, 2009. 709 с.
 2. Зыков И.Г., Барабанов А.Т., Гаршинев Е.А. и др. Рекомендации по лесной мелиорации при контурной организации территории в районах активного проявления водной эрозии. Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации РАСХН, 1987. 34 с.
 3. Иванов В.Д., Чечин Д.И. О проектировании на пахотных склонах водорегулирующих лесных полос, усиленных валами-канавами в местах концентрации стока // Повышение эффективности использования земель на основе землеустройства: научные труды Воронежского СХИ им. К.Д. Глинки. Воронеж: Воронежский СХИ, 1982. Т. 117. С. 100–105.
-
-

4. Карцев Г.А., Лука А.Н., Носов С.И. и др. Методические указания по проектированию противоэрозионной организации территории при внутрихозяйственном землеустройстве в зонах проявления водной эрозии. Москва: [б. и.], 1989. 79 с.
5. Костяков А.Н. Основы мелиораций: учебник. 6-е изд., доп. и перераб. Москва: Сельхозгиз, 1960. 622 с.
6. Лукин Н.И., Семенов О.П. Некоторые вопросы теории смыва почвогрунтов // Вопросы регулирования стока и водоснабжение в условиях Центрально-Черноземных областей: Записки Воронежского сельскохозяйственного института им. К.Д. Глинки. Воронеж: Воронежский СХИ, 1972. Т. 50. С. 42–44.
7. Мирцхулава Ц.Е. Водная эрозия почв (механизм, прогноз). Тбилиси: Мецниереба, 2000. 420 с.
8. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. Москва: КолосС, 1970. 240 с.
9. Нартова Е.А., Масленникова С.В., Чернышов Д.А., Пожидаев Ю.Ю. Перевод поверхностного стока в подземный и его влияние на устойчивость агроландшафтов // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2018. № 1(6). С. 63–66.
10. Недикова Е.В., Чечин Д.И. Методические рекомендации по проектированию контурных лесных полос в условиях эрозионно опасного рельефа. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. 51 с.
11. Недикова Е.В., Чечин Д.И. Методические рекомендации по совершенствованию оценки эрозионной опасности пашни. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. 51 с.
12. Недикова Е.В., Чечин Д.И., Образцов В.Н. Методические рекомендации по проектированию системы дифференцированных севооборотов с учетом классов потенциальной эрозионной опасности пашни. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. 39 с.
13. Постолов В.Д., Барышникова О.С. Опыт проектирования экологически устойчивых агроландшафтов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12, № 1(60). С. 234–238. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.234.
14. Постолов В.Д., Брянцева Л.В., Усова А.Г. К вопросу оценки состояния сельскохозяйственных земель и их использования // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства: материалы I международной конференции факультета землеустройства и кадастров ВГАУ (Воронеж, 30 апреля 2019 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. С. 267–272.
15. Флоринский И.В., Филиппов С.В. Трехмерное моделирование рельефа: применение пакета Blender // Геоинформационное моделирование, виртуальные географические среды и концепция Цифровой Земли: материалы международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС». 2018. Т. 24, № 2. С. 250–261. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-250-261.
16. Florinsky I.V. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam: Elsevier, Academic Press, 2016. 506 p.
17. Panagos P., Borrelli P., Poesen J. et al. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe // Environmental Science Policy. 2015. Vol. 54. Pp. 438–447. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.08.012.
18. Van Oost K., Govers G., Desmet P. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage // Landscape Ecology. 2000. Vol. 15. Issue 6. Pp. 577–589. DOI: 10.1023/A:1008198215674.

References

1. Volkov S.N. Zemleustrojstvo. T. 9. Regional'noe zemleustrojstvo: uchebnik [Land management. Vol. 9. Regional land management: textbook]. Moscow: KolosS Press; 2009. 709 p. (In Russ.).
2. Zykov I.G., Barabanov A.T., Garshinev E.A. et al. Rekomendatsii po lesnoj melioratsii pri konturnoj organizatsii territorii v rajonakh aktivnogo proyavleniya vodnoj erozii [Recommendations for forest reclamation in the contour organization of the territory in the areas of active manifestation of water erosion]. Volgograd: All-Russian Research Institute of Agroforestry Russian Academy of Agricultural Sciences Press; 1987. 34 p. (In Russ.).
3. Ivanov V.D., Chechin D.I. O proektirovanii na pakhotnykh sklonakh vodoreguliruyushchikh lesnykh polos, usilennykh valami-kanavami v mestakh kontsentratsii stoka [On the design on arable slopes of water-regulating forest belts reinforced with mounds&furrows in places of runoff concentration]. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya zemel' na osnove zemleustrojstva: nauchnye trudy Voronezhskogo sel'skokozyajstvennogo instituta im. K.D. Glinki [Improving the efficiency of land use on the basis of land management: collection of research papers of Voronezh Agricultural Institute named after K.D. Glinka]. Voronezh: Voronezh Agricultural Institute Press; 1982;117:100-105. (In Russ.).
4. Kartsev G.A., Luka A.N., Nosov S.I. et al. Metodicheskie ukazaniya po proektirovaniyu protivoerozionnoj organizatsii territorii pri vnukhkozyajstvennom zemleustrojstve v zonakh proyavleniya erozii [Methodical guidelines for the design of erosion control organization of the territory in intra-farm land management in zones of erosion manifestation]. Moscow: [Sine Loci I.]; 1989. 79 p. (In Russ.).
5. Kostyakov A.N. Osnovy melioratsij: uchebnik. 6-e izd., dop. i pererab. [Fundamentals of land reclamation: textbook. 6th edition, revised and enlarged]. Moscow: Sel'khozgiz; 1960. 622 p. (In Russ.).
6. Lukin N.I., Semenov O.P. Nekotorye voprosy teorii smyva pochvogruntoy [Some questions of the theory of soil flushing]. Voprosy regulirovaniya stoka i vodosnabzhenie v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnykh oblastej: zapiski Voronezhskogo sel'skokozyajstvennogo instituta im. K.D. Glinki [Issues of flow regulation and water supply in the conditions of Central Chernozem Regions: Notes of Voronezh Agricultural Institute named after K.D. Glinka]. Voronezh: Voronezh Agricultural Institute Press; 1972;50:42-44. (In Russ.).

7. Mirtskhulava Ts.E. Vodnaya eroziya pochv (mekhanizm, prognoz) [Water erosion of soils (mechanism, prognosing)]. Tbilisi: Metsniereba Press; 2000. 420 p. (In Russ.).
8. Mirtskhulava Ts.E. Inzhenernye metody rascheta i prognoza vodnoj erozii [Engineering methods of calculation and prediction of water erosion]. Moscow: Kolos Press; 1970. 240 p. (In Russ.).
9. Nartova E.A., Maslennikova S.V., Chernyshov D.A., Pozhidaev Yu.Yu. Perevod poverkhnostnogo stoka v podzemnyj i ego vliyanie na ustojchivost' agrolandshaftov [The transfer of the superficial drain in underground and its influence on stability of agrolandscapes]. *Modeli i tekhnologii prirodoobustrojstva (regional'nyj aspekt) = Models and technologies of environmental management (regional aspect)*. 2018;1(6):63-66. (In Russ.).
10. Nedikova E.V., Chechin D.I. Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu konturnykh lesnykh polos v usloviyakh erozionno opasnogo rel'efa [Methodological recommendations for the design of contour forest strips in conditions of erosive dangerous terrain]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2022. 51 p. (In Russ.).
11. Nedikova E.V., Chechin D.I. Metodicheskie rekomendatsii po sovershenstvovaniyu otsenki erozionnoj opasnosti pashni [Methodological recommendations for improving the assessment of the erosion hazard of arable land]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2022. 51 p. (In Russ.).
12. Nedikova E.V., Chechin D.I., Obratsov V.N. Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu sistemy differentsirovannykh sevooborotov s uchetom klassov potentsial'noj erozionnoj opasnosti pashni [Methodological recommendations for the design of a system of differentiated crop rotations taking into account the classes of potential erosion hazard of arable land]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2022. 39 p. (In Russ.).
13. Postolov V.D., Baryshnikova O.S. The experience of designing environmentally sustainable agricultural landscapes]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2019;12(1):234-238. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2019.1.234. (In Russ.).
14. Postolov V.D., Bryantseva L.V., Usova A.G. K voprosu otsenki sostoyaniya sel'skokhozyajstvennykh zemel' i ikh ispol'zovaniya [On the issue of assessing the state of agricultural lands and their use]. Aktual'nye problemy zemleustrojstva, kadastra i prirodoobustrojstva: materialy I mezhdunarodnoj konferentsii fakul'teta zemleustrojstva i kadastrorov Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Voronezh, 30 aprelya 2019 g.) [Actual problems of Land Management, Cadastre and Environmental management: Proceedings of the I International Conference of the Faculty of Land Management and Cadastre of Voronezh State Agrarian University (Voronezh, April 30, 2019)]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University Press; 2019:267-272. (In Russ.).
15. Florinsky I.V., Filippov S.V. Trekhmernoe modelirovanie rel'efa: primenenie paketa Blender [Three-dimensional terrain modeling: application of the Blender package]. Geoinformatsionnoe modelirovanie, virtual'nye geograficheskie sredy i kontseptsiya Tsifrovoy Zemli: materialy mezhdunarodnoj konferentsii «InterKarto. InterGIS» [Geoinformation modeling, virtual geographical environments and the concept of Digital Earth: Proceedings of the International conference "InterCarto. InterGIS"]. 2018;24(2):250-261. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-250-261. (In Russ.).
16. Florinsky I.V. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam: Elsevier, Academic Press; 2016. 506 p.
17. Panagos P., Borrelli P., Poesen J. et al. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science Policy*. 2015;54:438-447. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.08.012.
18. Van Oost K., Govers G., Desmet P. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology*. 2000;15(6):577-589. DOI: 10.1023/A:1008198215674.

Информация об авторах

Е.В. Недикова – доктор экономических наук, зав. кафедрой землеустройства и ландшафтного проектирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», nedicova@yandex.ru.

Е.В. Куликова – кандидат биологических наук, доцент кафедры геодезии и мелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», milenica@mail.ru.

К.Д. Недиков – ассистент кафедры землеустройства и ландшафтного проектирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», nedikovkd@yandex.ru.

Information about the authors

E.V. Nedikova, Doctor of Economic Sciences, Docent, Head of the Dept. of Land Management and Landscape Design, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, nedicova@yandex.ru.

E.V. Kulikova, Candidate of Biological Sciences, Docent, the Dept. of Geodesy and Land Reclamation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, milenica@mail.ru.

K.D. Nedikov, Assistant, the Dept. of Land Management and Landscape Design, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, nedikovkd@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 18.03.2023; одобрена после рецензирования 21.04.2023; принята к публикации 25.04.2023.

The article was submitted 18.03.2023; approved after reviewing 21.04.2023; accepted for publication 25.04.2023.

© Недикова Е.В., Куликова Е.В., Недиков К.Д., 2023