

УДК 631.613:631.582

DOI: 10.31774/2658-7890-2020-1-27-42

С. А. Манжина, А. П. Суровикина

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

РОССИЙСКАЯ И ЗАРУБЕЖНАЯ ПРАКТИКА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДИФфуЗИОННОГО СМЫВА ПОЧВ С СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ

Цель: изучение имеющейся в настоящее время практики предотвращения эрозии сельскохозяйственных земель вследствие диффузионного стока. **Материалы и методы.** В качестве материалов исследования использовались данные Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций, МПР РФ, Росстата, исследований ученых РосНИИПМ, объекты авторских прав российских и зарубежных ученых, материалы интернета. Применялся метод системного, комплексного изучения, сравнения, анализа и обобщения данных. **Результаты.** В процессе изучения практики применения различных способов сокращения негативных последствий поверхностной водной эрозии почв выделены и охарактеризованы следующие группы методов: 1) консервация почв, 2) планировка территории, 3) почвосберегающие методы обработки (почвозащитные технологии), 4) средостабилизирующие (почвозащитные) севообороты, 5) устройство буферных полос, 6) гидротехнические сооружения, 7) фильтрующие и водоудерживающие конструкции, 8) мелиорация структурообразовательными веществами. **Заключение.** На основании изучения российских и зарубежных данных об эффективности применения различных методов предотвращения диффузионного стока и их комбинирования сделан вывод о том, что их совмещение дает наилучший эффект и оказывает аддитивное воздействие. Подбор необходимых методов должен осуществляться с учетом природно-климатических, почвенных, гидрометрических особенностей территорий, исходя из наибольшей экономической эффективности и технической возможности их реализации.

Ключевые слова: диффузионный сток; эрозия почв; консервация почв; почвосберегающие методы; почвозащитные севообороты; буферные полосы; гидротехнические сооружения; мелиоранты-структурообразователи.

S. A. Manzhina, A. P. Surovikina

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

RUSSIAN AND FOREIGN PRACTICES PREVENTING DIFFUSION SOIL LOSS FROM AGRICULTURAL FIELDS

Purpose: to study the current practice of preventing erosion of agricultural land due to diffusion flow. **Materials and Methods.** The research materials used were data from the Food and Agriculture Organization of the United Nations, the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, Rosstat, research by scientists from RosNIIPM, copyright objects of Russian and foreign scientists, and Internet materials. The method of systematic, comprehensive study, comparison, analysis and generalization of data was used. **Results.** In the process of studying the practice of using various methods to reduce the negative effects of soil



surface water erosion, the following groups of methods were identified and characterized: 1) soil conservation, 2) land planning, 3) soil-saving treatment methods (soil-protective technologies), 4) environment-stabilizing (soil-protective) crop rotation, 5) arrangement of buffer strips, 6) hydraulic structures, 7) filtering and water-retaining structures, 8) land reclamation with structural substances. **Conclusion.** Based on a study of Russian and foreign data on the effectiveness of using various methods of preventing diffusion flow and combining them, it was concluded that their combination gives the best effect and has an additive effect. The selection of the necessary methods should be carried out taking into account the climatic, soil, hydrometric features of the territories, based on the greatest economic efficiency and technical feasibility of their implementation.

Key words: diffusion runoff; soil erosion; soil conservation; soil conservation methods; soil conserving crop rotation; buffer strips; hydraulic structures; ameliorants-soil conditioners.

Введение. Известно, что для предотвращения чрезмерного негативного воздействия на водные объекты введены нормативы, отражающие показатели их качества (иными словами, экологическое благополучие), и для каждого конкретного водопользователя устанавливаются пределы их воздействия, что должно было бы способствовать сохранению водных ресурсов в экологически благополучном состоянии [1, 2]. Однако в реальной природной среде эти механизмы не являются высокоэффективными. Например, в Ростовской области по экологическим показателям водные объекты относятся к категории «грязных», «очень грязных» и даже «экстремально грязных», чему способствует как несоблюдение норм очистки сточных вод рядом промышленных и коммунально-бытовых объектов, так и наличие диффузных источников загрязняющих веществ, в т. ч. и с сельскохозяйственных полей [3, 4]. Помимо привнесения загрязнений в водные объекты, пожалуй, еще большей проблемой в результате поверхностного почвенного смыва талыми или ливневыми стоками является утрата сельскохозяйственными землями части гумусового горизонта и необходимых для питания растений веществ. Так, в Российской Федерации развитие эрозионных процессов отмечено на сельскохозяйственных угодьях Поволжского федерального округа (до 85–95 % земель), Северо-Кавказского (до 92–98 %), Центрально-Черноземного (до 53–56 %) и Уральского (до 59–67 % земель) [5–7].

В контексте выявленных проблем целью исследования являлось изучение имеющейся в настоящее время практики предотвращения эрозии сельскохозяйственных земель вследствие диффузионного стока.

Материалы и методы. В качестве материалов исследования использовались данные Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций, МПР РФ, Росстата, исследований ученых РосНИИПМ, объекты авторских прав российских и зарубежных ученых, материалы интернета. Применялся метод системного, комплексного изучения, сравнения, анализа и обобщения данных.

Результаты и обсуждения. Для уменьшения эрозии почв и предотвращения выноса части плодородного слоя совместно с присутствующими в нем агрохимикатами или продуктами их распада широко применяется ряд методов, которые условно можно разделить на следующие категории:

- консервация почв;
- планировка территории;
- почвосберегающие методы обработки (почвозащитные технологии);
- средостабилизирующие (почвозащитные) севообороты;
- устройство буферных полос;
- гидротехнические сооружения;
- фильтрующие и водоудерживающие конструкции;
- мелиорация структурообразовательными веществами.

Консервация почв наиболее широкое распространение получила в США как одно из мероприятий по противодействию эрозии [8]. Здесь с 1985 г. реализуется программа консервации земель, сущность которой состоит в сохранении и восстановлении почв фермерских хозяйств, особенно на территориях с преобладанием активных эрозионных процессов. Такие почвы выводят на определенный период из сельскохозяйственного использования, осуществляя на них залужение, или посадку древесно-кустарниковой растительности, или противоэрозионное строительство,

или просто оставляют для развития естественной для региона флоры и фауны [9–11]. В целях популяризации таких методов почвозащиты в штатах разработаны механизмы стимулирования за счет повышения образованности фермеров и выплат компенсационного характера (в среднем в год по 200 долл. за 1 га почв, находящихся в консервации) [11, 12].

В Российской Федерации консервация эродированных почв, особенно на склонах, примыкающих к овражно-балочным землям, практикуется с дальнейшим использованием в качестве луговых пастбищ либо под садоводство, либо под облесение [5, 7].

Разработаны технологии залужения среднесмытых типичных черноземов в условиях лесостепи Центрального Черноземья, обеспечивающие повышение урожайности многолетних трав на 27–80 %, уменьшение смыва почвы на 30–35 % [13].

Планировка территорий в целях уменьшения эрозии осуществляется в зависимости от рельефа местности и величины уклона ее поверхности. При планировке территории применяется ее выравнивание, террасирование. Террасирование может сочетаться с элементами простейших гидротехнических сооружений. В этой связи выделяют ступенчатые (скамьевидные), гребневые, траншейные, террасы с наклонными валами, террасы-канавы и др. [14, 15].

Наибольшее распространение в современном сельском хозяйстве для предотвращения эрозии почв получили сберегающие ее методы обработки. Большое количество исследований, проведенных во всем мире и посвященных реализации таких методов, подтверждает уменьшение потерь почвенного слоя в результате смыва и дефляции [16–20].

По интенсивности обработки почв различают:

- нулевую обработку (no-till), или прямой посев в стерню без предварительной распашки земель с использованием специальных сеялок с рых-

лением посевного ряда, при этом по технологии сохраняется соотношение между шириной посевного ряда и необработанным пространством междурядий примерно 25 % : 75 % соответственно;

- минимальную обработку (strip-till, или zone-till), которая характеризуется рыхлением поверхности почвы на 5–10 см в глубину, с соотношением между шириной посевного ряда и необработанным пространством междурядий 30 % : 70 % соответственно;

- обработку-мульчирование (mulch-till), которая осуществляется на почвах, имеющих стерню, сидеральные культуры или иные растительные остатки, при этом производится рыхление или дискование, в результате чего растительные остатки перемешиваются с верхним слоем почвы.

В настоящее время в Российской Федерации научно-исследовательскими учреждениями разработан ряд рекомендаций по применению почвозащитных технологий, ориентированных на региональные особенности и конкретные агрокультуры, которые подтвердили свою высокую эффективность на практике [16, 17, 19–24].

По разновидности организации территории под посев культур (планировке пашни) можно выделить [18, 25–31]:

- гребневая планировка (ridge-till) представляет собой посев культур в непаханую почву с организованными на ней гребнями, которые зачищаются при помощи дискования. В данном случае, как правило, на гребнях производят посев основных культур севооборота, а в междурядье – подсевных (подпокровных) либо в междурядье в виде мульчи остаются растительные остатки от промежуточных или сидеральных культур;

- контурная обработка пашни предполагает организацию (выравнивание) территории посредством распределения земель в соответствии с величиной уклона территории и интенсивностью проявления эрозионных процессов. Ориентация осуществляется относительно горизонталей двумя

способами: прямолинейно-контурным размещением линейных элементов, когда границы полей (рабочих участков) намечают вдоль основного направления горизонталей, и контурно-параллельным, когда границы участков проектируются параллельно одной горизонтали, усредненной для данного массива пашни;

- создание на пашне водозадерживающих углублений в виде лунок (лункование), борозд (прерывистое бороздование), микролиманов;

- буферно-полосной посев культур на склоновых территориях, который позволяет в разы уменьшить дефляцию и водную эрозию почв, способствует созданию условий для получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Ряд исследований указывает на то, что ширина буферных полос должна увеличиваться с увеличением крутизны склона, в среднем она колеблется от 30 до 40 м [22–27, 29–31].

Помимо применения соответствующей эрозионной характеристики почв обработки, при возделывании сельскохозяйственных культур разрабатываются так называемые средостабилизирующие (или почвозащитные) севообороты, набор культур в которых будет определяться природно-климатическими и орографическими особенностями местности и специализацией хозяйств [27]. При формировании таких севооборотов А. Г. Тарарико в зависимости от градации уклонов сельскохозяйственных земель рекомендует на равнинных землях и склонах до 3° (I группа земель) возделывание всех видов культур, в т. ч. пропашных; на склонах от 3 до 7° (II группа земель) возделывание зернотравяных севооборотов; склоны более 7° (III группа) рекомендованы к выводу из состава пахотных земель и длительному залужению [30, 32]. Подобные рекомендации содержат и работы ФГБУ «Станция агрохимической службы «Томская», где отмечено, что на склонах крутизной более 3° нельзя размещать пропашные культуры (овощные, картофель и др.), а на пашне с уклоном более 3° необходимо ис-

пользовать почвозащитные (зернотравяные) севообороты с посевами многолетних трав не менее чем на 40 % севооборотной площади¹.

На подборе культур с наибольшей почвозащитной эффективностью основано и устройство большинства буферных полос. Буферные полосы в настоящее время имеют огромную вариативность исполнения. Это полосы и из многолетних трав, и из древесно-кустарниковой растительности, и в виде биофильтров с участием высшей водной растительности, в виде полос, сформированных из остатков растительности (например, тростника или покосных трав) и т. д. [23–28, 33–37]. Наиболее часто в почвозащитных севооборотах и буферных полосах применяют смеси из многолетних трав, которые помимо противоэрозионной эффективности повышают плодородие почв. Как отмечено в работах В. И. Чернявского и других ученых, при посеве смеси многолетних трав на склоновых землях наблюдается общая тенденция к увеличению коэффициента структурности почвы, росту относительного содержания живых корней в более глубоких горизонтах, повышению накопления абсолютно сухого вещества пожнивно-корневых остатков в слое 0–40 см при увеличении числа компонентов в смеси [34–36, 38].

Использование древесно-кустарниковой растительности для уменьшения эрозионной опасности территорий также широко практикуется у нас в стране и за рубежом [8–11, 21, 22].

Г. Т. Балакай и др., основываясь на анализе противоэрозионной эффективности отдельных приемов и их сочетаний, указывают на то, что наиболее высокий эффект дает сочетание посадок лесных полос с простейшими гидротехническими сооружениями (валы, канавы, запруды) [21, 22]. Так, по их данным, стокорегулирующая лесная полоса сама по себе способна удерживать порядка 15–30 мм стока, а усиленная валом-канавой – вдвое больше [21].

¹ Подготовка предложений по разработке и содержанию «Правил рационального использования земель сельскохозяйственного назначения в Томской области»: отчет о НИР / ФГБУ «САС «Томская»; рук.: Сорокин И. Б. – Томск, 2018. – 65 с. – Исполн.: Живаго А. И. [и др.].

С помощью гидротехнических сооружений производится задержание, отвод и безопасный сброс той части атмосферных осадков, которую не удастся задержать на полях агротехническими и лесомелиоративными приемами. Для повышения эффективности гидротехнических сооружений используют их сочетание между собой, а также с различного рода вододерживающими материалами [39].

В качестве фильтрующих конструкций, предотвращающих смыв почв, широко используют насыпи, которые располагают перпендикулярно уклону местности, из камней, соломы, веток и другого фильтрующего материала, а также траншеи, дренаж [22, 30, 39, 40].

Немаловажным в противоэрозионных мероприятиях является и повышение эрозионной устойчивости самих почв. Известно, что разные виды почв обладают различной эрозионной устойчивостью, что в первую очередь зависит от гранулометрического состава и содержания гумуса в них [21, 27, 41]. Для улучшения структурных характеристик почв и повышения их эрозионной устойчивости используют специальные мелиоранты-структурообразователи [42]. Эффективность таких мелиорантов была апробирована на землях Ростовской области, выявлено уменьшение фактора дисперсности почв после внесения мелиоранта на 43,8 %, улучшение структуры почв более чем на 10 % [43].

Выводы. Эрозия почв сельскохозяйственных полей вследствие диффузионного стока приводит к утрате плодородного гумусового слоя и питательных элементов и к загрязнению водных объектов взвешенными веществами и химическими элементами, характерными для сельскохозяйственного производства.

В настоящее время выработано большое количество методов предотвращения негативных последствий водной эрозии. Как показывает анализ имеющихся практик их применения, наилучшим образом себя зарекомендовало совмещение различных способов уменьшения скорости диффузи-

онного стока, его захвата и фильтрации. Во всех случаях предотвращения водной эрозии необходимо проявлять комплексный подход и совмещать агротехнические, гидротехнические и биологические методы для достижения наилучших результатов в сохранении и восстановлении продуктивности агроландшафтов.

Подбор необходимых методов должен осуществляться с учетом природно-климатических, почвенных, гидрометрических особенностей территорий, исходя из наибольшей экономической эффективности и технической возможности реализации.

Список использованных источников

1 Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей: утв. Приказом МПР России от 17 декабря 2007 г. № 333 (с изменениями на 31 июля 2018 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902083726>, 2019.

2 Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (с изменениями на 27 декабря 2018 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901808297>, 2019.

3 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2018 году» / под общ. ред. М. В. Фишкина; М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. – Ростов н/Д., 2019. – 370 с.

4 Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2017 году» / под общ. ред. В. Г. Гончарова, М. В. Фишкина; Правительство Рост. обл., М-во природ. ресурсов и экологии Рост. обл. – Ростов н/Д.: Альтаир, 2018. – 367 с.

5 Кузнецов, М. С. Распространение эрозии почв [Электронный ресурс] / М. С. Кузнецов, А. Н. Каштанов. – Режим доступа: <https://soilatlas.ru/rasprostranenie-erozii-pochv>, 2019.

6 Сухановский, Ю. П. Методы моделирования эрозионных процессов и основы формирования противоэрозионных комплексов: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03 / Сухановский Юрий Петрович. – Курск, 2000. – 40 с.

7 Лисецкий, Ф. Н. Ресурсы и эрозионные потери почв / Ф. Н. Лисецкий, О. А. Маринина // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 4. – С. 59–65.

8 Добровольные руководящие принципы рационального использования почвенных ресурсов [Электронный ресурс] / Продовольств. и с.-х. орг. Объед. Наций. – Рим, 2017. – 16 с. – Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i6874r.pdf>, 2019.

9 Лисецкий, Ф. Н. Почвозащитное земледелие в США / Ф. Н. Лисецкий // За рубежом: земледелие. – 1991. – № 4. – С. 75–78.

10 Пшихачев, С. М. Сельское хозяйство США: основные тенденции развития и эколого-экономическая устойчивость отрасли / С. М. Пшихачев. – М.: Энцикл. рос. деревень, 2011. – 301 с.

11 Assessment of Benefits of Conservation Agriculture on Soil Functions in Arable Production Systems in Europe / B. B. Ghaley, T. Rusu, T. Sanden, H. Spiegel, C. Menta, G. Visioli, L. O'Sullivan, I. T. Gattin, A. Delgado, M. A. Liebig, D. Vrebo, T. Szegi, E. Micheli, H. Cacicovean, C. B. Henriksen // Sustainability. – 2018, March. – Vol. 10, № 3. – 794. – DOI: 10.3390/su10030794.

12 Основы экономики природопользования: учеб. для вузов / В. Н. Холина, И. Н. Волкова, А. Д. Гладуш, В. И. Горелов, А. Н. Гуня, А. С. Наумов, А. Ю. Скопин, В. Н. Стрелецкий, И. А. Родионова, А. С. Шестаков; под ред. В. Н. Холиной. – СПб.: Питер, 2005. – 672 с.

13 Огарков, С. А. Комплексное социально-экономическое жизнеустройство на землях сельских поселений / С. А. Огарков, А. П. Огарков. – М.: ОнтоПринт, 2015. – 373 с.

14 Зимин, Г. В. Способ проектирования и технология строительства широкоступенчатых террас. Повышение эффективности производства и улучшение качества винограда и вина / Г. В. Зимин. – Новочеркасск, 1980. – 93 с.

15 Федотов, В. С. Террасирование склонов под сады и виноградники в Молдавии / В. С. Федотов. – Кишинев: Штиинца, 1961. – 174 с.

16 Перспективы «нулевой» обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно в Волго-Вятском регионе / А. И. Волков, Н. А. Кириллов, Л. Н. Прохорова, Л. Н. Куликов // Земледелие. – 2015. – № 1. – С. 3–5.

17 Влияние способов обработки почвы на урожайность зерновых культур и продуктивность севооборота / П. А. Постников, А. Б. Пономарев, В. В. Попова, О. В. Васина // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 2. – С. 315–320.

18 Mulch Till (345) – High Intensity. Residue and Tillage Management – Irrigated Cropland. Conservation Practice Job Sheet. D-345 – Enhanced Mulch Till (Irrigated) JS-19. What is a High Intensity Mulch-Till System? [Electronic resource] / United States Department of Agriculture. – Mode of access: http://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/ID/mulch_till_irrigated_JS19.pdf, 2019.

19 Николаев, В. А. Агрофизические свойства дерново-подзолистых почв в зависимости от способов ее обработки / В. А. Николаев, Н. И. Паулкин, А. В. Савченко // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». – 2012. – № 5. – С. 30–32.

20 Горянин, О. И. Технологические комплексы нового поколения возделывания зерновых культур в черноземной степи Среднего Заволжья / О. И. Горянин, В. А. Корчагин, А. А. Цунин // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 5. – С. 47–49.

21 Мероприятия по охране почв от эрозии: науч. обзор / сост. Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов, Н. И. Балакай, А. Н. Бабичев, В. А. Кулыгин, Л. А. Воеводина, Л. И. Юрина, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина, А. Б. Фиошин; ФГНУ «РосНИИПМ». – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 71 с.

22 Мелиоративные компенсационные мероприятия, снижающие поверхностный сток талых, дождевых и ирригационных вод с земель сельскохозяйственного назначения: науч. обзор / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, А. Н. Бабичев, С. Г. Балакай, В. А. Монастырский, В. И. Ольгаренко; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – 82 с. – Деп. в ВИНТИ 17.06.14, № 175-B2014.

23 Роль почвозащитных технологий в сохранении и восстановлении плодородия эродированных черноземов Северного Кавказа / А. С. Известков, С. Г. Жданов, Н. И. Панин, А. П. Спирин // Сб. науч. тр. ВИМ. – М., 2004. – Т. 152. – С. 5–24.

24 Жданов, С. Г. Влияние длительного применения почвозащитных технологий на изменение агрохимических показателей плодородия эродированных черноземов обыкновенных Западного Предкавказья / С. Г. Жданов, В. Ю. Ревенко, М. М. Белоусов // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2014. – Вып. 1(157–158). – С. 94–98.

25 Лопырев, М. И. Агроландшафты и земледелие / М. И. Лопырев, С. А. Макаренко; ВГАУ. – Воронеж, 2001. – 168 с.

26 Полуэктов, Е. В. Почвозащитные системы в ландшафтном земледелии / Е. В. Полуэктов, Е. П. Луганцев. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2005. – 208 с.

27 Кузнецов, М. С. Эрозия и охрана почв: учебник / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, КолосС, 2004. – 352 с. – (Классический университетский учебник).

28 Деградация и охрана почв / под ред. Г. В. Добровольского. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. – 654 с.

29 Плескачев, Ю. Н. Буферно-полосный посев культур на эродированных склонах Нижнего Поволжья / Ю. Н. Плескачев // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 1, № 10. – С. 98–106.

30 Зубов, А. Р. Формирование эрозионно-устойчивых агроландшафтов в бассейне Северского Донца / А. Р. Зубов, И. Г. Зыков, А. Г. Тарарико; ГНУ ВНИАЛМИ. – Волгоград, 2009. – 240 с.

31 А. с. 1404000 СССР. Способ защиты почв от водной эрозии на склонах / А. Т. Барабанов, Е. А. Гаршинев, А. И. Крупчатников, М. К. Пружин. – № 4092884/30-15(22); заявл. 02.06.86; опубл. 23.06.88, Бюл. № 23. – 4 с.

32 Тарарико, А. Г. Агроэкологические основы почвозащитного земледелия / А. Г. Тарарико. – Киев: Урожай, 1990. – 184 с.

33 Büscher, E. Einsatz von schwimmenden Scheibentauchkörpern zur Güllebehandlung in Standardsilos / E. Büscher, K.-U. Rudolph // Korrespondenz Abwasser. – 1996. – 43(6). – S. 1046–1052.

34 Чернявских, В. И. Однолетние многокомпонентные травосмеси на склоновых землях Центрально-Черноземного региона / В. И. Чернявских, А. М. Зиновьев // Плодородие. – 2009. – № 6. – С. 39–40.

35 Чернявских, В. И. Однолетние многокомпонентные смеси с промежуточными культурами в звене кормовых севооборотов на склоновых землях Белгородской области / В. И. Чернявских, Е. Г. Котлярова // Земледелие. – 2009. – № 8. – С. 42–44.

36 Котлярова, О. Г. Влияние многокомпонентных смесей на плодородие и водный режим эродированных почв / О. Г. Котлярова, В. И. Чернявских // Грунты Украины: экология, эволюция, систематика, окультуривание, оценка, мониторинг, география, использование. – Харьков: ХНАУ им. В. В. Докучаева, 1996. – С. 44–45.

37 Эколого-экономическая эффективность современных технологий очистки поверхностных стоков железнодорожных станций и путей / А. М. Асонов, О. Р. Ильясов, Г. М. Борисова, Ю. А. Холопов // Вода и экология: проблемы и решения. – 2018. – № 4(76). – С. 42–49.

38 Гребенников, В. Г. Многолетние травы как фактор защиты почв от эрозии и повышения почвенного плодородия каштановых почв / В. Г. Гребенников, И. А. Шипилов // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – Ставрополь, 2010. – Т. 3, № 1. – С. 68–71.

39 Пат. 2467543 Российская Федерация, МПК А 01 В 13/16, Е 02 В 11/00. Способ защиты склонов от водной эрозии / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Козликина А. С., Щедрин М. А., Васильева Е. А., Васильев В. В.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2011112135/13; заявл. 30.03.11; опубл. 27.11.12, Бюл. № 33. – 6 с.

40 Пат. 2440457 Российская Федерация, МПК Е 02 В 11/00, А 01 В 13/16. Способ противоэрозионного дренажа склоновых земель / Ксензов А. А., Суязова И. А., Матвеев Л. В.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т с.-х. использования мелиорир. земель Рос. акад. с.-х. наук. – № 2010129636/13; заявл. 15.07.10; опубл. 20.01.12, Бюл. № 2. – 6 с.

41 Звонков, В. В. Водная и ветровая эрозия земли / В. В. Звонков. – М.: АН СССР, 1963. – 175 с.

42 Пат. 2537178 Российская Федерация, МПК С 09 К 17/14. Композиция из структурообразующих материалов / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Нозадзе Л. Р., Ако-

пян А. В., Слабунов В. В., Власов М. В.; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2013102253/05; заявл. 17.01.13; опубл. 27.12.14, Бюл. № 36. – 6 с.

43 Слабунов, В. В. Защита агроландшафтов от ирригационной эрозии с помощью композиции из структурообразующих материалов / В. В. Слабунов, А. В. Слабунова // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. В 5 т. Т. 5. Планирование, управление и реабилитация ландшафтов / под ред. В. Г. Сычева, Л. Мюллера. – М.: ВНИИ агрохимии, 2018. – С. 208–212.

References

1 *Metodika razrabotki normativov dopustimyykh sbrosov veshchestv i mikroorganizmov v vodnye ob"ekty dlya vodopol'zovateley* [Methodology for developing standards for permissible discharges of substances and microorganisms into water bodies for water users]. Approved by Order № 333 of the Ministry of Natural Resources of the RF of December 17, 2007, as amended on July 31, 2018 [Electronic resource], available: <http://docs.cntd.ru/document/902083726> [accessed 2019]. (In Russian).

2 *Ob okhrane okruzhayushchey sredy* [On Environmental Protection]. Federal Law of RF of January 10, 2002, no. 7-FZ, as amended on December 27, 2018 [Electronic resource], available: <http://docs.cntd.ru/document/901808297> [accessed 2019]. (In Russian).

3 Fishkin M.V., 2019. *Ekologicheskiy vestnik Dona "O sostoyanii okruzhayushchey sredy i prirodnikh resursov Rostovskoy oblasti v 2018 godu"* [Ecological Bulletin of the Don "On the State of the Environment and Natural Resources of Rostov Region in 2018"]. Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region, Rostov-on-Don, 370 p. (In Russian).

4 Goncharov V.G., Fishkin M.V., 2018. *Ekologicheskiy vestnik Dona "O sostoyanii okruzhayushchey sredy i prirodnikh resursov Rostovskoy oblasti v 2017 godu"* [Ecological Bulletin of the Don "On the State of the Environment and Natural Resources of Rostov Region in 2017"]. Government of Rostov region, Ministry of Natural Resources and Ecology of Rostov Region, Rostov-on-Don, Altair Publ., 367 p. (In Russian).

5 Kuznetsov M.S., Kashtanov A.N., 2019. *Rasprostraneniye erozii pochv* [Distribution of Soil Erosion], available: <https://soilatlas.ru/rasprostraneniye-erozii-pochv>. (In Russian).

6 Sukhanovsky Yu.P., 2000. *Metody modelirovaniya erozionnykh protsessov i osnovy formirovaniya protiverozionnykh kompleksov. Avtoreferat diss. kand. s.-kh. nauk* [Methods of Modeling Erosion Processes and the Basics of the Formation of Anti-erosion Complexes. Abstract of cand. agri. sci. diss.]. Kursk, 40 p. (In Russian).

7 Lisetskii F.N., Marinina O.A., 2011. *Resursy i erozionnye poteri pochv* [Resources and Loss of Soil Erosion]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research], no. 4, pp. 59-65. (In Russian).

8 *Dobrovol'nye rukovodyashchie printsipy ratsional'nogo ispol'zovaniya pochvennykh resursov* [Voluntary Guidelines for the Rational Use of Soil Resources]. *Prodovol'stvennaya i selskokhozyaistvennaya organizatsiya OON* [The Food and Agriculture Organization of the United Nations]. Rome, 2017, 16 p., available: <http://www.fao.org/3/a-i6874r.pdf> [accessed 2019]. (In Russian).

9 Lisetskiy F.N., 1991. *Pochvozashchitnoye zemledelie v SSHA* [Soil-Protective Agriculture in the USA]. *Za rubezhom: zemledelie* [Overseas: Farming], no. 4, pp. 75-78. (In Russian).

10 Pshikhachev S.M., 2011. *Sel'skoye khozyaystvo SSHA: osnovnyye tendentsii razvitiya i ekologo-ekonomicheskaya ustoychivost' otrasli* [Agriculture of the USA: Main Development Trends and the Environmental and Economic Sustainability of the Industry]. Moscow, Encyclopedia of Russian Villages Publ., 301 p. (In Russian).

11 Ghaley B.B., Rusu T., Sanden T., Spiegel H., Menta C., Visioli G., O'Sullivan L., Gattin I.T., Delgado A., Liebig M.A., Vrebo D., Szegi T., Micheli E., Cacic H., Henriksen C.B.,

2018. Assessment of Benefits of Conservation Agriculture on Soil Functions in Arable Production Systems in Europe. Sustainability, March, vol. 10, no. 3, 794, DOI: 10.3390/su10030794.

12 Kholina V.N., Volkova I.N., Gladush A.D., Gorelov V.I., Gunya A.N., Naumov A.S., Skopin A.Yu., Streletsky V.N., Rodionova I.A., Shestakov A.S., 2005. *Osnovy ekonomiki prirodopol'zovaniya: uchebnik dlya vuzov* [Fundamentals of Environmental Economics: textbook for universities]. St. Petersburg, Peter Publ., 672 p. (In Russian).

13 Ogarkov S.A., Ogarkov A.P., 2015. *Kompleksnoe sotsial'no-ekonomicheskoe zhizneustroystvo na zemlyakh sel'skikh poseleniy* [Integrated Socio-Economic Life Arrangement on Rural Settlements Lands]. Moscow, OntoPrint Publ., 373 p. (In Russian).

14 Zimin G.V., 1980. *Sposob proektirovaniya i tekhnologiya stroitel'stva shirokostupenchatykh terras. Povyshenie effektivnosti proizvodstva i uluchshenie kachestva vinograda i vina* [Design method and technology for the construction of broad-step terraces. Increasing production efficiency and improving the quality of grapes and wine]. Novocherkassk, 93 p. (In Russian).

15 Fedotov V.S., 1961. *Terrasirovanie sklonov pod sady i vinogradniki v Moldavii* [Terracing of Slopes for Orchards and Vineyards in Moldova]. Kishinev, Shtiintsa Publ., 174 p. (In Russian).

16 Volkov A.I., Kirillov N.A., Prokhorova L.N., Kulikov L.N., 2015. *Perspektivy "nulevoy" obrabotki pochvy pri vozdel'yvanii kukuruzy na zerno v Volgo-Vyatskom regione* [Prospects for "zero" soil tillage at corn cultivation on grain in the Volga-Vyatka region]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 1, pp. 3-5. (In Russian).

17 Postnikov P.A., Ponomarev A.B., Popova V.V., Vasina O.V., 2016. *Vliyanie sposobov obrabotki pochvy na urozhaynost' zernovykh kul'tur i produktivnost' sevooborota* [The influence of tillage methods on the productivity of grain crops and crop rotation efficiency]. *APK Rossii* [Agro-Industrial Complex of Russia], vol. 23, no. 2, pp. 315-320. (In Russian).

18 Mulch Till (345) – High Intensity. Residue and Tillage Management – Irrigated Cropland. Conservation Practice Job Sheet. D-345 – Enhanced Mulch Till (Irrigated) JS-19. What is a High Intensity Mulch-Till System? [Electronic resource]. United States Department of Agriculture, available: http://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/ID/mulch_till_irrigated_JS19.pdf [accessed 2019].

19 Nikolaev V.A., Paulkin N.I., Savchenko A.V., 2012. *Agrofizicheskie svoystva der-novo-podzolistykh pochv v zavisimosti ot sposobov ee obrabotki* [Agrophysical properties of sod-podzolic soils, depending on the method of its treatment]. *Vestnik federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V. P. Goryachkina"* [Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin"], no. 5, pp. 30-32. (In Russian).

20 Goryanin O.I., Korchagin V.A., Tsunin A.A., 2012. *Tekhnologicheskie komplekсы novogo pokoleniya vozdel'yvaniya zernovykh kul'tur v chernozemnoy stepi Srednego Zavolzh'ya* [Technological complexes of new generation of grain cultivation in the chernozem steppe of the Middle Volga region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex], no. 5, pp. 47-49. (In Russian).

21 Balakai G.T., Poluektov E.V., Balakai N.I., Babichev A.N., Kulygin V.A., Voevodina L.A., Yurina L.I., Tupikin N.I., Kropina E.A., Finoshin A.B., 2010. *Meropriyatiya po okhrane pochv ot erozii: nauch. obzor* [Measures of Protecting Soils from Erosion: scientific review]. Federal State Budgetary Research Institution "RosNIIPM", Moscow, TSSTI "Meliorovodinform", 71 p. (In Russian).

22 Balakai G.T., Balakai N.I., Babichev A.N., Balakai S.G., Monastyrsky V.A., Olga-renko V.I., 2014. *Meliorativnye kompensatsionnye meropriyatiya, snizhayushchie po-verkhnostnyy stok talykh, dozhdevykh i irrigatsionnykh vod s zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya: nauchnyy obzor* [Land reclamation measures for reducing the surface runoff of

melt, rain and irrigation water from agricultural land: scientific review]. Federal State Budgetary Institution "RosNIIPM". Novocherkassk, 82 p., deposited in VINITI on 17.06.2014, no. 175-B2014. (In Russian).

23 Izvestov S.G., Zhdanov A.S., Panin N.I., Spirin A.P., 2004. *Rol' pochvozashchitnykh tekhnologiy v sokhranении i vosstanovlenii plodorodiya erodirovannykh chernozemov Severnogo Kavkaza* [The role of soil protection technologies in preserving and restoring the fertility of eroded chernozems of the North Caucasus]. *Sbornik nauchnykh trudov VIM* [Proc. of VIM]. Moscow, vol. 152, pp. 5-24. (In Russian).

24 Zhdanov S.G., Revenko V.Yu., Belousov M.M., 2014. *Vliyanie dlitel'nogo primeneniya pochvozashchitnykh tekhnologiy na izmenenie agrokhimicheskikh pokazateley plodorodiya erodirovannykh chernozemov obyknovennykh Zapadnogo Predkavkaz'ya* [The effect of long-term use of soil-protective technologies on the changes of agrochemical characteristics of the fertility of eroded ordinary chernozems of the Western Ciscaucasia]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* [Oilseeds. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds], iss. 1(157-158), pp. 94-98. (In Russian).

25 Lopyrev M.I., Makarenko S.A., 2001. *Agrolandshafty i zemledelie* [Agro-landscapes and Agriculture]. VSAU, Voronezh, 168 p. (In Russian).

26 Poluektov E.V., Lugantsev E.P., 2005. *Pochvozashchitnye sistemy v landshaftnom zemledelii* [Soil Protection Systems in Agricultural Landscape]. Rostov-on-Don, North Caucasus Scientific Centre Higher School Publ., 208 p. (In Russian).

27 Kuznetsov M.S., Glazunov G.P., 2004. *Eroziya i okhrana pochv: uchebnik* [Erosion and Soil Protection: a textbook]. 2nd ed., rev. and add., Moscow, Moscow State University Publ., KolosS Publ., 352 p. (Classical university textbook). (In Russian).

28 Dobrovolsky G.V., 2002. *Degradatsiya i okhrana pochv* [Soil Degradation and Conservation]. Moscow, Moscow State University Publ., 654 p. (In Russian).

29 Pleskachev Yu.N., 2017. *Buferno-polosnyy posev kul'tur na erodirovannykh sklonakh Nizhnego Povolzh'ya* [Buffer-strip crops sowing on the eroded slopes of the Lower Volga region]. *Uspekhi sovremennoy nauki* [Advances of Modern Science], vol. 1, no. 10, pp. 98-106. (In Russian).

30 Zubov A.R., Zykov I.G., Tarariko A.G., 2009. *Formirovanie erozionno-ustoychivyykh agrolandshaftov v bassejne Severskogo Donetsa* [Formation of erosion-resistant agricultural landscapes in the Seversky Donets basin]. GNU VNIALMI, Volgograd, 240 p. (In Russian).

31 Barabanov A.T., Garshinev E.A., Krupchatnikov A.I., Pruzhin M.K., 1986. *Sposob zashchity pochv ot vodnoy erozii na sklonakh* [A method of protecting soils from water erosion on the slopes]. A. p. USSR, no. 1404000. (In Russian).

32 Tarariko A.G., 1990. *Agroekologicheskie osnovy pochvozashchitnogo zemledeliya* [Agricultural and Ecological Basis of Soil Protection Agriculture]. Kiev, Harvest Publ., 184 p. (In Russian).

33 Büscher E., Rudolph K.-U., 1996. Einsatz von schwimmenden Scheibentauchkörpern zur Güllebehandlung in Standardsilos. *Korrespondenz Abwasser*, 43(6), pp. 1046-1052. (In German).

34 Chernyavskikh V.I., Zinoviev A.M., 2009. *Odnoletnie mnogokomponentnye travosmesi na sklonovykh zemlyakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona* [Multicomponent annual grass mixtures on sloped lands of the Central Chernozem region]. *Plodorodie* [Soil Fertility], no. 6, pp. 39-40. (In Russian).

35 Chernyavskikh V.I., Kotlyarova E.G., 2009. *Odnoletnie mnogokomponentnye smesi s promezhutochnymi kul'turami v zvene kormovykh sevooborotov na sklonovykh zemlyakh Belgorodskoy oblasti* [Multicomponent annual mixes in fodder crop rotations at slope territories in Belgorod region]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 8, pp. 42-44. (In Russian).

36 Kotlyarova O.G., Chernyavskikh V.I., 1996. *Vliyanie mnogokomponentnykh smesey na plodorodie i vodnyy rezhim erodirovannykh pochv* [Influence of multicomponent mixtures on the fertility and water regime of eroded soils]. *Grunty Ukrainy: ekologiya, evolyutsiya, sistematika, okul'turivanie, otsenka, monitoring, geografiya, ispol'zovanie* [Soils of Ukraine: Ecology, Evolution, Systematics, Cultivation, Assessment, Monitoring, Geography, Use]. Kharkov, KhNAU named after V.V. Dokuchaev Publ., pp. 44-45. (In Russian).

37 Asonov A.M., Ilyasov O.R., Borisova G.M., Kholopov Yu.A., 2018. *Ekologo-ekonomicheskaya effektivnost' sovremennykh tekhnologiy ochistki poverkhnostnykh stokov zheleznodorozhnykh stantsiy i putey* [Ecological and economic efficiency of modern technologies for treatment of surface runoff from railway stations and tracks]. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya* [Water and Ecology: Problems and Solutions], no. 4(76), pp. 42-49. (In Russian).

38 Grebennikov V.G., Shipilov A.I., 2010. *Mноголетние травы как фактор зашщиты почв от эрозии и повышения почвенного плодородия каштановых почв* [Perennial grasses as a factor of protecting soils from erosion and increasing soil fertility of chestnut soils]. *Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovtsevodstva i kozovodstva* [Proc. of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Production]. Stavropol, vol. 3, no. 1, pp. 68-71. (In Russian).

39 Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Kozlikina A.S., Shchedrin M.A., Vasilieva E.A., Vasiliev V.V., 2011. *Sposob zashchity sklonov ot vodnoy erozii* [Method of Protecting Slopes from Water Erosion]. Patent RF, no. 2467543. (In Russian).

40 Ksenzov A.A., Suyazova I.A., Matveenkov L.V., 2010. *Sposob protiverozionnogo drenazha sklonovykh zemel'* [The Method of Erosion-Preventing Drainage of Sloping Lands]. Patent RF, no. 2440457. (In Russian).

41 Zvonkov V.V., 1963. *Vodnaya i vetrovaya eroziya pochvy* [Water and Wind Erosion of Soil]. Moscow, Academy of Science USSR Publ., 175 p. (In Russian).

42 Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Nozadze L.R., Akopyan A.V., Slabunov V.V., Vlasov M.V., 2013. *Kompozitsiya iz strukturoobrazuyushchikh materialov* [Composition from Structure-Forming Materials]. Patent RF, no. 2537178. (In Russian).

43 Slabunov V.V., Slabunova A.V., 2018. *Zashchita agrolandshaftov ot irrigatsionnoy erozii s pomoshch'yu kompozitsii iz strukturoobrazuyushchikh materialov* [Protection of agrolandscapes from irrigation erosion using a composition of structure-forming materials]. *Novye metody i rezul'taty issledovaniy landshaftov v Evrope, Tsentral'noy Azii i Sibiri* [Novel Methods and Results of Landscape Research in Europe, Central Asia and Siberia], in 5 vol., vol. 5. *Planirovanie, upravleniye i rehabilitatsiya landshaftov* [Planning, Management and Rehabilitation of Landscapes]. Moscow, All-Russian Research Institute of Agrochemistry Publ., pp. 208-212. (In Russian).

Манжина Светлана Александровна

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Manzhina Svetlana Aleksandrovna

Degree: Candidate of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Суровикина Анастасия Петровна

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: nastenka35sur1997@yandex.ru

Surovikina Anastasiya Petrovna

Position: Junior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: nastenka35sur1997@yandex.ru