

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.67+332.34

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-4-38-51

Управление экологической составляющей орошения с помощью инновационных адаптивных технологий

Сергей Яковлевич Семененко¹, Андрей Евгеньевич Новиков²

^{1,2}Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград,
Российская Федерация

¹sergeysemenenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>

²novikov-ae@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8051-4786>

Аннотация. Цель: разработка агротехнологий, обеспечивающих сохранение почвенного плодородия, путем подбора (адаптации) специальных почвозащитных приемов применительно к фактическим энергетическим показателям твердого стока, определенное сочетание которых позволит сохранять почвенное плодородие или удерживать его на научно обоснованном уровне в критических эрозионных условиях, с созданием инновационного орудия. **Материалы и методы.** Величина смыва твердой фазы почвы в проведенных исследованиях на посевах кукурузы в условиях критических эрозионных уклонов определялась на стоковых площадках, представляющих собой изолированные (с помощью металлических рамок) от окружающей местности участки поля, оборудованные измерительными устройствами (емкостями). **Результаты.** Подобрана адаптивная технология, сочетающая в себе внесение 60 т/га полуперепревшего навоза, проведение эксплуатационной планировки и кротования, применение дифференцированного увлажнения слоя почвы 0,4–0,7 м в зависимости от развития корневой системы кукурузы с поливными нормами соответственно 360–500 куб. м. Технология обеспечивает допустимый предел твердого смыва почвы, менее установленной научно обоснованной величины. Для перехвата поверхностного (жидкого и твердого) стока, как распределенного, так и струйчатого, разработано инновационное прицепное орудие, формирующее искусственные «водовмещающие» внутрипочвенные емкости и поверхностные «мини-водохранилища» на основе прерывистой борозды и прерывистого щелевания, создающиеся во время их совместной нарезки и обеспечивающие аккумуляцию поливной нормы. **Выводы.** Разработанные технология и конструкция орудия позволяют реализовать противоэрозионные приемы при дифференцированном режиме орошения, что обеспечивает экологическую безопасность и сохранение почвенного плодородия орошаемых земель.

Ключевые слова: сток, орошаемые земли, противоэрозионная технология, ландшафтно-адаптивное земледелие, дождевание, дифференцированное увлажнение

Для цитирования: Семененко С. Я., Новиков А. Е. Управление экологической составляющей орошения с помощью инновационных адаптивных технологий // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 4. С. 38–51. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-38-51>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Irrigation environmental component management with innovative adaptive technologies

Sergey Ya. Semenenko¹, Andrey E. Novikov²

^{1,2}All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russian Federation

¹sergeysemenenko@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>

²novikov-ae@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8051-4786>

Abstract. Purpose: development of agricultural technologies that ensure soil fertility conservation by selecting (adaptation) special soil protection methods in relation to the actual energy indicators of solid runoff, a certain combination of which will allow maintaining soil fertility or keeping it at a scientifically based level under critical erosional conditions, with the creation of an innovative tool. **Materials and methods.** The value of solid soil phase washout during the studies conducted on corn crops under conditions of critical erosional slopes was determined on runoff sites, which are the field sections equipped with measuring devices (tanks) isolated from the surrounding area (with the help of metal frames). **Results.** An adaptive technology that combines the application of 60 t/ha of semi-decomposed manure, the implementation of operational planning and moling, the use of differentiated moistening of a soil layer of 0.4–0.7 m, depending on the development of the corn root system with irrigation rates respectively 360–500 cub. m has been selected. The technology provides an acceptable limit of soil solid washout, less than the set scientifically based value. To intercept surface (liquid and solid) runoff, both distributed and rill, an innovative drawn tool has been developed that forms the artificial “water-bearing” subsurface reservoirs and surface “mini-reservoirs” based on an intermittent furrow and intermittent slotting, created in the time of their joint trenching and providing the accumulation of the irrigation rate. **Conclusions.** The developed technology and tool design make it possible to implement erosion-preventive methods with a differentiated irrigation regime, which ensures the environmental safety and soil fertility conservation of irrigated lands.

Keywords: runoff, irrigated lands, erosion-preventive technology, landscape-adaptive agriculture, sprinkling, differentiated moisture

For citation: Semenenko S. Ya., Novikov A. E. Irrigation environmental component management with innovative adaptive technologies. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(4):38–51. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-4-38-51>.

Введение. Рациональное использование природного потенциала орошаемых агроландшафтов с повышением их продуктивности и обеспечением экологической устойчивости является постоянной заботой руководства страны и региона, закрепляемой в нормативно-правовых документах [1].

Рациональное природопользование и обеспечение экологической безопасности определены приоритетными в развитии АПК Волгоградской области [2, 3].

Поставлены задачи увеличения используемых в сельскохозяйственном обороте земель сельскохозяйственного назначения с повышением их продуктивности, увеличения площади обрабатываемых пахотных земель, сохранения и повышения плодородия почв мелиорируемых земель.

Указывается, что сдерживающими факторами инновационного развития региона являются:

- недостаточная степень коммерциализации интеллектуальной собственности и ввиду этого отсутствие прорывных технологических решений;
- необоснованно низкое включение в хозяйственный оборот результатов интеллектуальной деятельности научных организаций региона;
- ярко выраженный тренд снижения коэффициента изобретательской активности с 1,37 в 2010 г. до 1,11 в 2021 г.

Отсюда вытекает, что одной из актуальных задач российской экономики является повышение объемов и конкурентоспособности продукции АПК за счет его технологического переоснащения, основанного на использовании изобретений и внедрении новых инновационных технологий, это создает возможности нашей стране завершить этап сырьевой экономики.

Регистрация патентов российскими изобретателями находится на крайне низком уровне: за последние 25 лет произошло ее снижение с 150 до 60 тыс. шт. в год, тогда как в Японии показатель увеличился до 300, а в Корее – до 270 тыс. шт. в год [4].

Внедрение инноваций в АПК позволяет в долгосрочной перспективе сокращать затраты производства на выращивание продукции за счет уменьшения объемов потребления энергоресурсов, сохранения плодородия почв, увеличения коммерческой выгоды.

Однако российские государственный и частный секторы не проявляют активной заинтересованности во внедрении инноваций. Необходимы государственные законодательные акты, понуждающие промышленные и сельскохозяйственные предприятия к внедрению инноваций за счет определенного набора льгот (господдержки, налоговых и др.) вкуче с программой поощрения инновационно ориентированного предпринимательства с участием разработчиков научной продукции [5, 6].

Российская аграрная наука способна создавать эффективные технику

и технологии на уровне патентов, но внедрение их в производство – сложный, долгий, затратный и трудоемкий процесс, осилить который не в состоянии ни научная организация, ни индивидуальный изобретатель. Отсутствие свободных средств у тех и других является преградой для закупки нового оборудования и обучения персонала новым технологиям.

В настоящих реалиях выход один – государство должно создать систему региональных оценочных и внедренческих организаций для инвестиций во внедрение инновационных технологий. Вполне возможно возложение этих обязанностей на Торгово-промышленную палату или подразделение Российской академии наук.

Для российских исследователей одним из доступных ныне существующих средств популяризации инновационных технологий является их публикация в научных и научно-практических журналах, чему и посвящена представленная статья.

Структура представленной статьи построена следующим образом: проблема и ее значимость, исследование возможных технологий в полевом эксперименте, выбор адаптивной технологии, рекомендация инновационной модели для изготовления и внедрения.

Комплекс вышеобозначенных проблем определил цель исследований – изучить влияние противозерозионных приемов обработки почв, разработать агротехнологии и орудия, обеспечивающие сохранение почвенного плодородия.

Материалы и методы. Величина смыва твердой фазы почвы в проведенных исследованиях на посевах кукурузы в условиях критических эрозионных уклонов определялась на стоковых площадках, представляющих собой изолированные (с помощью металлических рамок) от окружающей местности участки поля, оборудованные измерительными устройствами (емкостями) для учета стекающего с их поверхности жидкого и твердого стока.

Это распространенные и общепринятые в полевых исследованиях устройства, служащие для изучения влияния на поверхностный сток и процессы эрозии уклона поля, дождевальнoй техники, состава и состояния почвы, характера обработки почвы, выращиваемой культуры и эффективности применения противоэрозионных мероприятий [7].

Требования к выбору динамических участков следующие: однородность по почвенному покрову, механическому составу, уклону, экспозиции, отсутствие микрорельефа и других помех, способных воздействовать на характер стока воды и смыва почвы.

Полевой эксперимент был поставлен в самых опасных условиях использования орошения: критические уклоны поля ($i = 0,015$), возделывание пропашной культуры (кукурузы), высокая интенсивность дождя ($0,24\text{--}0,36$ мм/мин), высокое расположение дождевого пояса, тяжелые суглинистые почвы, низкое содержание гумуса.

В опыте изучались следующие противоэрозионные технологии:

- без органических удобрений (Т0);
- с органическими удобрениями (60 т/га полуперепревшего навоза) + расчетные дозы NPK (Т1);
- эксплуатационная планировка + навоз + NPK (Т2);
- кротование почв + навоз + NPK (Т3);
- эксплуатационная планировка + кротование почв + навоз + NPK (Т4).

Варианты водного режима были следующие:

- поливы при снижении влажности почвы до 75 % наименьшей влагоемкости (НВ);
- до 85 % НВ;
- дифференцирование увлажняемого слоя почвы в зависимости от глубины развития корневой системы: 0,4 м до фазы выметывания ($m = 360$ м³/га), а далее слой 0,7 м ($m = 500$ м³/га) (ДС);

- дифференцирование влажности постоянного слоя почвы (0,7 м) в зависимости от фазы развития растений ($m = 500, 300, 500 \text{ м}^3/\text{га}$) (ДВ).

Технологические операции кротования и бороздования проводились отдельными соответствующими орудиями.

Результаты и обсуждение. Рекомендуемое учеными и внедряемое в производство ландшафтно-адаптивное земледелие основывается на комплексных мелиорациях, элементы его должны тщательно (на основе полевого эксперимента) подбираться к почвенно-топографическим условиям конкретного поля и выращиваемой культуры.

Учет их не в полной мере в историческом прошлом довел орошаемые земли до критического состояния, и это земли аридной зоны, являющиеся основными в производстве сельскохозяйственной продукции в РФ [8–11].

Задача интенсификации производства продукции на орошаемых землях, поставленная Правительством РФ, вступает в конфликт с задачей сохранения и восстановления их плодородия, особенно если учесть минимализм включения бобовых культур в «малопольные» севообороты и практически отсутствие внесения органических удобрений.

Поэтому на современном этапе необходима разработка агротехнологий и орудий, обеспечивающих как минимум сохранение почвенного плодородия [12].

Основной объем почвенного плодородия заключен в верхнем, плодородном слое почвы, принимающем на себя энергетическое воздействие капель искусственного дождя, разрушающего ее структуру, а нижние слои почвы, обладающие высокой плотностью и низкой скоростью фильтрации, определяют возникновение некоего объема непитавшейся оросительной воды, создающей условия для формирования «жидкого» стока, который, в свою очередь, инициирует появление «твердого» стока, т. е. потерю почвенных плодородных частиц.

Изменение климатических условий, выражающееся в интенсифика-

ции осадков ливневого характера и отрицательно воздействующее на мировое землепользование, порождает глобальную эрозию почв под воздействием стока воды [13, 14].

Проявление негативных экологических последствий оросительных мелиораций в той или иной мере характерно для всех способов полива и техник орошения.

Однако дождеванию, как основному способу полива в РФ и Волгоградской области, необходимо уделять пристальное внимание, особенно если оно применяется в сложных топографических условиях.

Широкозахватная дождевальная техника является наиболее производительной, поддающейся технологиям автоматизации и цифровизации управления процессом полива, но характеристики дождя, а именно крупность капель, интенсивность дождя, энергия падения, а также образующаяся колея, формирующая струйчатый сток, не обеспечивают сохранения плодородия почв и экологического равновесия в сопрягающих агроландшафтах.

Для научного сообщества не является проблемой создание дождеобразующих устройств с заданными и (или) регулируемые параметрами, но затраты на распыление 1 м^3 оросительной воды могут составлять 40–43 ГДж, что соответствует содержанию энергии в 1 м^3 дизельного топлива.

В связи с невозможностью отказа от эксплуатации существующей дождевальной техники необходимы исследования, посвященные подбору (адаптации) специальных почвозащитных технологий применительно к фактическим энергетическим показателям искусственного дождя, определенное сочетание которых позволит сохранять почвенное плодородие или удерживать его на научно обоснованном уровне.

Специальными исследованиями, проведенными для орошаемых светло-каштановых почв, установлено, что допустимый предел эрозии должен быть меньше скорости почвообразования минимум в 1,5 раза [15].

Результаты исследований, представленные в таблице 1, указывают на прямую зависимость уменьшения по сравнению с контрольным вариантом «без удобрений» смыва почвенных частиц от изучаемых в опыте противоэрозионных технологий и увеличение его при повышении предполивной влажности почвы.

Таблица 1 – Воздействие сочетаний изучаемых факторов на смыв почвы

В т/га

Table 1 – The impact of the studied factor combinations on soil erosion

In t/ha

Технология	Объем твердого стока за:	75 % НВ	85 % НВ	ДС	ДВ
Т0	полив	2,20	1,00	0,94	1,17
	сезон	8,07	8,00	3,76	6,63
Т1	полив	1,00	0,88	0,74	0,86
	сезон	5,87	7,04	2,96	4,87
Т2	полив	0,79	0,45	0,44	0,51
	сезон	2,90	3,60	1,76	2,89
Т3	полив	1,23	0,75	0,59	0,66
	сезон	4,51	6,00	2,36	3,74
Т4	полив	0,60	0,31	0,26	0,33
	сезон	2,20	2,48	1,04	1,87

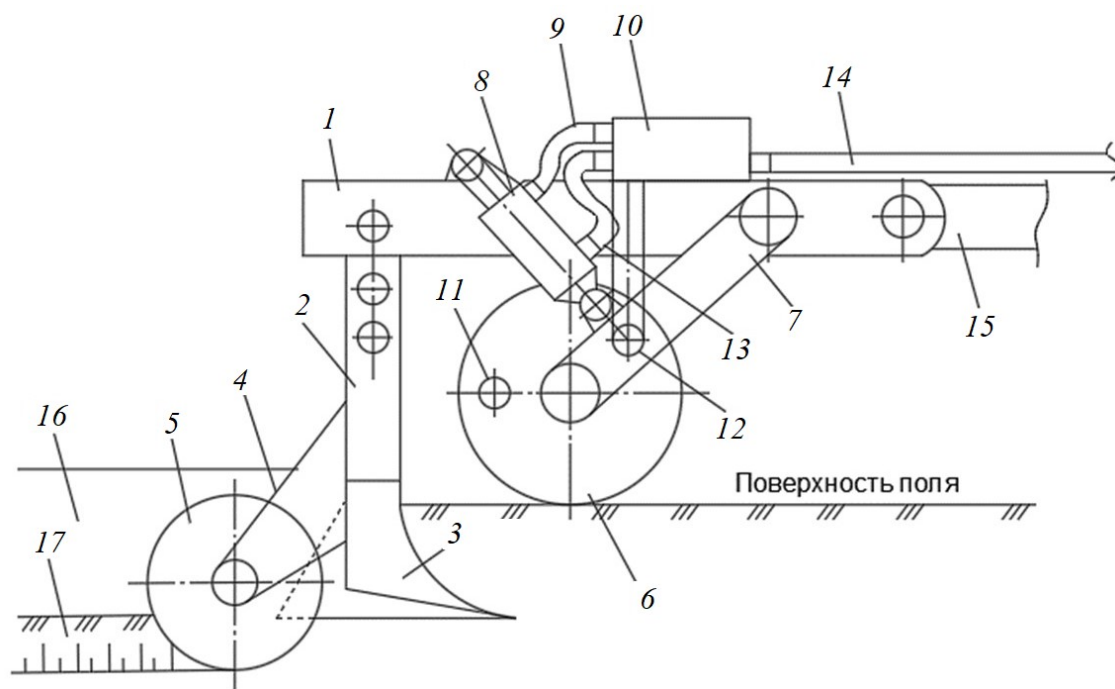
Противоэрозионные технологии в борьбе с твердым стоком производили больший эффект, нежели уменьшение влажности почвы. Уменьшение благодаря применению технологий наблюдалось в 1,37–3,67 раза, а в связи со снижением влажности почвы – в 1,13–1,20 раза.

Учитывая, что допустимый предел объема смыва почвенных частиц для зональных почв Волгоградской области составляет не более 1,19 т/га за сезон, наблюдаем, что только одно из 20 сочетаний технологий имеет право на использование. Это технология с максимальным сочетанием противоэрозионных приемов, дифференцированным увлажнением расчетного слоя почвы, поддержанием в нем предполивной влажности не ниже 75 % НВ.

В условиях повышенных уклонов колея от колес дождевальная машина (ДМ) «Фрегат» является в некоторой степени преобразователем плоскостного стока в струйчатый, крайне опасный на пропашных культу-

рах. Глубина колеи составляет до 30 см и более, а увеличение числа проходов до четырех-пяти может увеличить ширину колеи до 50 см. Это приводит к увеличению числа отказов ДМ, энергетических затрат на производство поливов, осложнению условий уборки, образованию глубоких размывов.

Для перехвата поверхностного (жидкого и твердого) стока, как распределенного, так и струйчатого, разработано прицепное орудие [16], формирующее искусственные «водовмещающие» внутрипочвенные емкости и поверхностные «мини-водохранилища» на основе прерывистой борозды, создающиеся во время одновременной их нарезки за один проход агрегата (рисунок 1).



- 1 – рама; 2 – стойка; 3 – бороздообразователи; 4 – кронштейны;
5 – щелеватель; 6 – опорные колеса; 7 – коленчатая ось; 8 – гидроцилиндр;
9, 13 – шланги гидроцилиндра; 10 – гидрораспределитель; 11 – выступ-выключатель;
12 – рычаг-выключатель; 14 – гидрошланг гидросистемы трактора;
15 – прицепное устройство; 16 – борозда; 17 – щель
- 1 – frame; 2 – rack; 3 – furrow formers; 4 – brackets; 5 – para-plough; 6 – depth wheels; 7 – crank axle; 8 – hydraulic cylinder; 9, 13 – hydraulic cylinder hoses; 10 – hydraulic distributor; 11 – tab-switch; 12 – lever-switch; 14 – hydraulic hose of the tractor hydraulic system; 15 – towing device; 16 – furrow; 17 – slot

Рисунок 1 – Орудие для прерывистого бороздования-щелевания
Figure 1 – Tool for intermittent furrow-slotting

Орудие для создания прерывистой борозды 16 и прерывистой почвенной щели 17 состоит из рамы 1, на которой закреплены вертикальные стойки 2 с бороздообразователями 3. Они выполнены в виде стрелчатой лапы с отвалами, закрепленными на стойке. Щелеватель 5, выполненный в виде двух оппозитно установленных усеченных конусов, устанавливается с помощью кронштейнов 4. Два опорных колеса 6, установленные на раме с помощью коленчатых осей 7, закрепляются на раме шарнирно. Колеса 6 имеют возможность изменения положения относительно рамы с помощью гидроцилиндров 8, соединенных посредством гидравлического шланга 9 с гидрораспределителем 10. На опорных колесах 6 установлены выступы-выключатели 11, а на коленчатой оси 7 закреплены рычаги-выключатели 12 гидрораспределителя 10, соединенные с гидрораспределительным шлангом 13. Гидрораспределитель 10 соединен гидрошлангом 14 с гидросистемой тягового трактора. Тяговое усилие передается на орудие через прицепное устройство 15.

Работа устройства состоит из двух этапов. Первый – настройка орудия. Этап состоит из следующих операций:

- установка необходимой глубины бороздования и щелевания, которая достигается перемещением стойки 2 и кронштейнов 4 на глубину, обеспечивающую образование заданного объема «водовмещения», зависящего от поливной нормы и специфики сельскохозяйственной культуры;
- сборка гидравлической системы, при которой гидроцилиндр 8 гидравлически соединяется шлангами 9 с гидрораспределителем 10 и посредством шланга 14 с гидросистемой трактора.

Второй этап – технологический. Орудие соединяется с трактором. При его движении по поверхности поля стойка 2 с бороздообразователем 3 заглубляется в почву и образует борозду 16 заданного размера. Практически одновременно щелеватели 5 заглубляются в дно борозды и образуют щель 17. При вращении опорных колес 6 выступы-выключатели 11 воздей-

ступают на рычаги-выключатели *12* и масло из гидрораспределителя *10* поступает под давлением в гидроцилиндр *8*. Шток гидроцилиндра *8* воздействует на коленчатую ось *7*, опорные колеса подкатываются под раму *1*, поднимают ее вместе со стойкой *2*, в результате чего образуется грунтовая перемычка борозды. Подача масла в гидроцилиндр прекращается, рама под действием собственного веса опускается на поверхность поля, заглубляется, и процесс нарезки борозды и щели повторяется с образованием перемычки.

Технологические операции в процессе движения повторяются, образуя множество внутрипочвенных и поверхностных, не соединенных между собой объемов, способных аккумулировать расчетный размер поливной нормы без образования поверхностного стока в условиях критических эрозионных уклонов.

Выводы. Полученные в процессе исследования результаты позволили для обеспечения экологической безопасности и сохранения почвенного плодородия орошаемых земель создать технологию, сочетающую противозерозионные приемы и режим увлажнения дифференцированного слоя почвы 0,4 и 0,7 м с поддержанием в нем влажности не менее 75 % НВ при выращивании кукурузы. Разработанная конструкция орудия в случае ее изготовления и внедрения позволит при соразмерности поливной нормы и объема сформированных «водовмещающих» внутрипочвенных емкостей (кротовин) и поверхностных «мини-водохранилищ» на основе прерывистой борозды полностью исключить образование жидкого и твердого стока и сохранить плодородие орошаемых земель даже в условиях критических для орошения уклонов.

Список источников

1. Ольгаренко Г. В., Васильев С. М., Балакай Г. Т. Концепция государственной программы «Восстановление и развитие мелиоративного комплекса Российской Федерации на период 2020–2030 годов»: монография. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. 128 с.
2. Об утверждении государственной программы Волгоградской области «Разви-

тие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» [Электронный ресурс]: Постановление Администрации Волгогр. обл. от 26 дек. 2016 г. № 743-п. URL: <https://docs.cntd.ru/document/444962467?marker> (дата обращения: 06.04.2022).

3. О стратегии социально-экономического развития Волгоградской области до 2030 года [Электронный ресурс]: закон Волгогр. обл. от 28 дек. 2021 г. № 134-ОД. URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/volga/1522892/> (дата обращения: 06.04.2022).

4. Фантастические миры российского хай-тека / О. Бычкова, Б. Гладарев, О. Хархордин, Ж. Цинман. СПб.: Изд-во Европ. ун-та в Санкт-Петербурге, 2019. 419 с.

5. Замятина О. М., Денчук Д. С., Садченко В. О. Инженерное изобретательство как основной компонент подготовки технических специалистов // Современные проблемы науки и образования [Электронный ресурс]. 2014. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15006> (дата обращения: 06.04.2022).

6. Долженкова О. В., Горшенина М. В., Ковалева А. М. Проблемы внедрения инноваций в России. Пути их решения // Молодой ученый. 2012. № 12(47). С. 208–210.

7. Манжина С. А., Домашенко Ю. Е., Комарова Е. В. К вопросу планирования эксперимента при проведении натурных исследований поверхностного стока с сельскохозяйственных полей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 4(40). С. 39–57. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1158> (дата обращения: 06.04.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-39-57.

8. Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Изменение свойств почв комплексного покрова полупустынной зоны под влиянием орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 1(37). С. 105–121. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=646&id=653> (дата обращения: 06.04.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-1-105-121.

9. Мальцева К. А., Ермолаев О. П. Потенциальные эрозионные потери почвы на пахотных землях европейской части России // Почвоведение. 2019. № 12. С. 1502–1512. DOI: 10.1134/S0032180X19120104.

10. Фетюхин И. В., Черненко В. В. Факторы развития, моделирование и прогнозирование эрозии почв // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1. С. 11–13. DOI: 10.24411/2587-6740-2018-11003.

11. Орлова И. В. Экологически уязвимые места ирригационного землепользования Западной Сибири // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 4. С. 103–121. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1240> (дата обращения: 22.11.2021). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-103-121.

12. Яковлева Е. П. Негативные свойства агроэкосистем юга европейской части России и стратегия мелиоративных мероприятий // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 60. С. 345–349.

13. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015–2070) / P. Borrelli, D. A. Robinson, P. Panagos, E. Ligato, J. E. Yang, C. Alewell, D. Wuepper, L. Montanarella, C. Ballabio // PNAS. 2020, Sept. 8. 117(36). P. 21994–22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>.

14. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство): нац. докл. / Р. С.-Х. Эдельгериев [и др.]. М.: МБА, 2021. Т. 3. 700 с.

15. Поляков Ю. П., Флоринский О. С. Механизм и особенности впитывания воды почвой при поливах дождеванием // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 1977. № 2. С. 80–83.

16. Пат. 2544924 Российская Федерация, МПК¹¹ А 01 И 13/00, А 01 И 13/16.

Орудие для прерывистого бороздования-щелевания / Абезин В. Г., Семенов С. Я., Дубенок Н. Н., Агеенко О. М.; заявитель и патентообладатель Поволж. науч.-исслед. ин-т экол.-мелиоратив. технологий. № 2014106083/13; заявл. 18.02.14; опубл. 20.03.15, Бюл. № 8. 7 с.

References

1. Olgarenko G.V., Vasiliev S.M., Balakay G.T., 2019. *Kontseptsiya gosudarstvennoy programmy "Vosstanovlenie i razvitie meliorativnogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period 2020–2030 godov": monografiya* [The Concept of the State Program "Restoration and Development of the Land Reclamation Complex of the Russian Federation for the Period 2020–2030": monograph]. Novocherkassk, RosNIIPM, 128 p. (In Russian).
2. *Ob utverzhdenii gosudarstvennoy programmy Volgogradskoy oblasti "Razvitie sel'skogo khozyaystva i regulirovanie rynkov sel'skokhozyaystvennoy produkcii, syr'ya i prodovol'stviya"* [On the approval of the State Program of Volgograd Region "Development of Agriculture and Regulation of the Markets of Agricultural Products, Raw Materials and Food"]. Decree of the Volgograd Administration Region of 26 December, 2016, no. 743-p, available: <https://docs.cntd.ru/document/444962467?marker> [accessed 06.04.2022]. (In Russian).
3. *O strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Volgogradskoy oblasti do 2030 goda* [On the strategy of socio-economic development of Volgograd region until 2030]. Volgograd Region Law of 28 December, 2021, no. 134-OD, available: <https://www.garant.ru/hotlaw/volga/1522892/> [accessed 06.04.2022]. (In Russian).
4. Bychkova O., Gladarev B., Kharkhordin O., Zinman J., 2019. *Fantasticheskie miry rossiyskogo khay-teka* [Fantastic Worlds of Russian Hi-Tech]. St. Petersburg, St. Petersburg European University Publ., 419 p. (In Russian).
5. Zamyatina O.M., Denchuk D.S., Sadchenko V.O., 2014. *Inzhenernoe izobretatel'stvo kak osnovnoy komponent podgotovki tekhnicheskikh spetsialistov* [Engineering invention as main component of training of engineering specialists]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Current Problems of Science and Education], no. 5, available: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15006> [accessed 06.04.2022]. (In Russian).
6. Dolzhenkova O.V., Gorshenina M.V., Kovaleva A.M., 2012. *Problemy vnedreniya innovatsiy v Rossii. Puti ikh resheniya* [Problems of innovation implementation in Russia. Ways to solve them]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], no. 12(47), pp. 208-210. (In Russian).
7. Manzhina S.A., Domashenko Yu.E., Komarova E.V., 2020. [On the issue of planning an experiment conducting field studies of surface runoff from agricultural fields]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(40), pp. 39-57, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1158> [accessed 06.04.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-39-57. (In Russian).
8. Babichev A.N., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2020. [Change in soil properties of complex cover of semi-desert zone influenced by irrigation]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(37), pp. 105-121, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=646&id=653> [accessed 06.04.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-1-105-121. (In Russian).
9. Maltseva K.A., Ermolaev O.P., 2019. *Potentsial'nye erozionnye poteri pochvy na pakhotnykh zemlyakh evropeyskoy chasti Rossii* [Potential soil loss from erosion on arable lands of the European part of Russia]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 12, pp. 1502-1512, DOI: 10.1134/S0032180X19120104. (In Russian).
10. Fetyukhin I.V., Chernenko V.V., 2018. *Faktory razvitiya, modelirovanie i prognozirovaniye erozii pochv* [Factors of development, modeling and forecasting of soil erosion]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* [International Agricultural Journal], no. 1, pp. 11-13, DOI: 10.24411/2587-6740-2018-11003. (In Russian).

11. Orlova I.V., 2021. [Ecologically sensitive areas of irrigation land use in Western Siberia]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 11, no. 4, pp. 103-121, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1240> [accessed 22.11.2021], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-103-121. (In Russian).

12. Yakovleva E.P., 2016. *Negativnye svoystva agroekosistem yuga evropeyskoy chasti Rossii i strategiya meliorativnykh meropriyatiy* [Negative properties of agroecosystems in the south of the European part Russia and strategy of the land reclamation measures]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proc. of Kuban State Agrarian University], no. 60, pp. 345-349. (In Russian).

13. Borrelli P., Robinson D.A., Panagos P., Ligato E., Yang J.E., Alewel C., Wuepper D., Montanarella L., Ballabio C., 2020. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015–2070). PNAS, Oct. 8, 117(36), pp. 21994-22001, <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>.

14. Edelgeriev R.S.-Kh. [et al.], 2021. *Global'nyy klimat i pochvennyy pokrov Rossii: proyavleniya zasukhi, mery preduprezhdeniya, bor'by, likvidatsiya posledstviy i adaptatsionnye meropriyatiya (sel'skoe i lesnoe khozyaystvo)* [Global Climate and Soil Cover of Russia: Drought Manifestations, Prevention Measures, Control, Elimination of Consequences and Adaptation Measures (Agriculture and Forestry)]. National Report, Moscow, MBA, vol. 3, 700 p. (In Russian).

15. Polyakov Yu.P., Florinskiy O.S., 1977. *Mekhanizm i osobennosti vpityvaniya vody pochvoy pri polivakh dozhdvaniem* [Mechanism and characteristics of water absorption by soil during sprinkling irrigation]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskie nauki* [Bull. of Higher Educational Institutions. North Caucasian Region. Technical Sciences], no. 2, pp. 80-83. (In Russian).

16. Abezin V.G., Semenenko S.Ya., Dubenok N.N., Ageenko O.M., 2015. *Orudie dlya preryvistogo borozdovaniya-shchelevaniya* [Tool for Intermittent Furrowing-Slotting]. Patent RF, no. 2544924. (In Russian).

Информация об авторах

С. Я. Семенов – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

А. Е. Новиков – директор, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, доцент.

Information about the authors

S. Ya. Semenenko – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

A. E. Novikov – Director, Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 04.05.2022; одобрена после рецензирования 21.09.2022; принята к публикации 26.09.2022.

The article was submitted 04.05.2022; approved after reviewing 21.09.2022; accepted for publication 26.09.2022.