

## МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Научная статья

УДК 631.58:911

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-1-99-118

### Анализ эффективности почвозащитных приемов и мероприятий по их стокорегулирующей способности

Евгений Валерьянович Полуэктов<sup>1</sup>, Наталья Борисовна Сухомлинова<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup>Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

<sup>1</sup>rekngma@magnet.ru

<sup>2</sup>na\_bor@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5680-3617>

**Аннотация. Цель:** анализ эффективности формирования уровней защиты почвенного покрова на территории Ростовской области от водной и ветровой эрозии с помощью приемов, технологий, мероприятий, от самых простых до представленных различными моделями современной системы адаптивно-ландшафтного земледелия, определение их количественных характеристик по задержанию поверхностного стока.

**Материалы и методы.** На основании результатов собственных исследований на территории Приазовской наклонной равнины (почвы – черноземы обыкновенные средне-эродированные) проанализировали эффективность агротехнических приемов, проводимых без усложнения технологических операций, специальных агротехнических приемов, а также их сочетания с другими противоэрозионными приемами и мероприятиями на основе адаптивно-ландшафтной организации территории. **Результаты.** Мероприятия по защите почв от эрозии разделены на три уровня. Агротехнические приемы, выполняемые серийными орудиями (первый уровень защиты), имеют невысокую стокозадерживающую способность. Специальные агротехнические приемы (второй уровень защиты) также не являются высокоэффективными: слой задержанного ими стока ограничивается 15–25 мм, но их применение желательно, особенно в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения. Наиболее эффективно сочетание почвозащитных мероприятий (третий уровень защиты). За 39-летний период исследований при сплошном размещении сельскохозяйственных культур и агрофонов смыв почвы в среднем составил 16,5 т/га, при контурно-полосном в сочетании со специальными агротехническими приемами – 4,2 т/га, при усилении этого варианта стокорегулирующей лесной полосой – 1,1 т/га, при дополнении лесной полосы простейшим гидротехническим сооружением (вал-канавы) сток достиг минимальной величины (0,2 т/га). **Выводы:** согласно полученным нами экспериментальным данным взаимодействие приемов и мероприятий может использоваться для научно обоснованного выбора системы почвозащитных мероприятий на адаптивно-ландшафтной основе.

**Ключевые слова:** адаптивно-ландшафтная организация территории, эрозия, потери почвы, комплекс почвозащитных мероприятий

**Для цитирования:** Полуэктов Е. В., Сухомлинова Н. Б. Анализ эффективности почвозащитных приемов и мероприятий по их стокорегулирующей способности // Мелиорация и гидротехника. 2022. Vol. 12, no. 1. С. 99–118. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-99-118>.

## LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Original article

### **Analysis of the efficiency of soil conservation practices and measures for their flow-regulating ability**

**Evgeniy V. Poluektov<sup>1</sup>, Natalia B. Sukhomlinova<sup>2</sup>**

<sup>1, 2</sup>Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

<sup>1</sup>reknigma@magnet.ru

<sup>2</sup>na\_bor@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5680-3617>

**Abstract. Purpose:** to analyze the efficiency of formation of levels of soil cover protection from water and wind erosion on the territory of Rostov region using techniques, technologies, measures, from the simplest to those presented by various models of the modern system of adaptive landscape agriculture, to determine their quantitative characteristics for the surface runoff retention. **Materials and methods.** Based on the results of our own research on the territory of the Azov sloping plain (soils – ordinary chernozems, medium-eroded), the effectiveness of agrotechnical methods carried out without complicating technological operations, special agrotechnical methods, as well as their combination with other erosion-preventive methods and measures based on the adaptive landscape organization of the territory were analyzed. **Results.** Erosion-protective measures are divided into three levels. Agrotechnical techniques performed by mass-produced implement (the first level of protection) have a low flow-holding capacity. Special agrotechnical methods (the second level of protection) are also not highly effective: the layer of runoff they detain is limited to 15–25 mm, but their use is desirable, especially in the zone of insufficient and unstable moisture. The most effective is the combination of soil protection measures (the third level of protection). Over the 39-year period of research, with the complete placement of agricultural crops and agrophones, soil wash-off averaged 16.5 t/ha, with contour-strip in combination with special agrotechnical methods – 4.2 t/ha, with an increase of this option, by the flow-regulating forest belt – 1.1 t/ha, with the strengthening of the forest belt with the simplest hydro-technical structure (spoil-ditch), the runoff reached a minimum value (0.2 t/ha). **Conclusions:** according to the experimental data obtained, the interaction of techniques and measures can be used for a scientific based choice of a system of soil protection measures on an adaptive landscape basis.

**Keywords:** adaptive landscape organization of the territory, erosion, soil loss, complex of soil protection measures

**For citation:** Poluektov E. V., Sukhomlinova N. B. Analysis of the efficiency of soil conservation practices and measures for their flow-regulating ability. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(1):99–118. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-1-99-118>.

**Введение.** Одна из основных причин снижения запасов гумуса в пахотных землях Ростовской области – развитие эрозионных процессов. По данным управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии, «...площадь земель Ростовской области, подвергающихся водной эрозии, составляет более 3,8 млн га, дефляции – бо-

лее 1 млн га, совместному проявлению этих процессов – более 0,24 млн га, что наносит значительный ущерб сельскому хозяйству» [1]. Наши исследования показали, что ежегодный недобор продукции с эродированной пашни – более 1,2 млн т условного зерна, а затраты на восстановление потерь гумуса и основных элементов питания соответствующим количеством удобрений могут достигать 10 тыс. руб./га и более [2].

В соответствии со ст. 13 Земельного кодекса Российской Федерации, «...собственники земельных участков, землепользователи, землевладельцы и арендаторы земельных участков ... обязаны проводить мероприятия по защите земель от водной и ветровой эрозии...» [3]. Согласно Федеральному закону «О землеустройстве» (ст. 3. Обязательность проведения землеустройства), «в случае выявления нарушенных земель, а также земель, подверженных водной и ветровой эрозии, подтоплению, заболачиванию, вторичному засолению ... и другим негативным воздействиям в обязательном порядке должно проводиться землеустройство» [4]. Однако плодородие пашни продолжает снижаться, уменьшается кадастровая стоимость земельных участков, следовательно, сокращаются финансовые поступления земельного налога в бюджет, что делает проблему защиты земель от процессов эрозии актуальной.

Основой для разработки комплекса мероприятий, направленных на предотвращение эрозионных процессов, является проект землеустройства на адаптивно-ландшафтной основе, сами же мероприятия подразделяются на организационно-хозяйственные, агротехнические (в т. ч. почвозащитные приемы), лесомелиоративные и простейшие гидротехнические.

Цель исследований – анализ эффективности формирования уровней защиты почвенного покрова от эрозии и дефляции в виде приемов, технологий, мероприятий, от самых простых до представленных различными моделями современной системы адаптивно-ландшафтного земледелия, определение их количественных характеристик по задержанию поверхностного стока.

**Материалы и методы.** В современной литературе, посвященной мерам по предотвращению развития эрозии и дефляции, большое внимание уделено классификации почвозащитных приемов [5–7]. У одних авторов они подразделяются по пространственному влиянию на эрозионные процессы, у других – по количеству задержанного поверхностного стока (талые и дождевые воды), у третьих – по принципу воздействия приемов и мероприятий на факторы, обуславливающие развитие эрозионных и дефляционных процессов. Таким образом, единого подхода и методологического обоснования данного вопроса, который является одним из наиболее важных при обосновании применения того или иного приема или сочетания приемов в зависимости от конкретных условий формирования стока, не существует.

Если рассматривать данный вопрос с исторической позиции, то еще со времен великих русских ученых-аграрников М. И. Афонина, А. Н. Шишкина, В. А. Масальского, В. В. Докучаева, А. А. Измаильского и др. (XVIII–XIX вв.) говорилось о пользе и необходимости поперечной вспашки полей на склоновых землях. В 1894 г. в работе «Влажность почвы и грунтовая вода в связи с рельефом местности и культурным состоянием поверхности почвы» А. А. Измаильский писал: «Если почва вспахана сколько-нибудь глубоко и пласты направляются не поперек, то в редких случаях на таких почвах наблюдаются размывы, тогда как на почвах, паханных вдоль склонов, весенняя вода, свободно стекая с поверхности такой пашни, нередко портит ее поверхность, в значительной степени размывая ее» [8].

Исследованиями, проведенными во второй половине XX в. на обыкновенных черноземах юга России, было установлено, что на склоне 2–3° при вспашке на зяби вдоль склона сток талых вод составил 6,8 мм и было смыто 2,1 т/га. При вспашке поперек склона показатели соответственно составляли 1,9 мм и 0,14 т/га. Более сложной в исполнении, но более эффективной в противоэрозионном отношении была контурная обработка

почвы. Суть ее заключается в копировании рельефа при обработке. Подобные результаты были получены и при исследовании почвозащитного влияния способов посева сельскохозяйственных культур. По результатам полевых опытов Е. В. Грызлова, проведенных в Донском ЗНИИСХ, на посевах озимой пшеницы и ярового ячменя вдоль склона поверхностный сток талых и дождевых вод был на 25–70 %, а смыв почвы в 1,5–2,0 раза выше, чем на таком же участке, но засеянном поперек склона [9]. Все используемые агротехнические приемы выполнялись серийными орудиями без усложнения технологических операций. Роль их в почвозащитном плане весьма скромна, так как объем задержанного стока не превышал 5–6 мм при заметно большей величине смыва почвы. Тем не менее их применение можно считать основой для других приемов при защите почв от эрозионных процессов.

По мере понимания важности проблемы сохранения плодородия почвы и стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур дальнейшее развитие и изучение почвозащитных приемов углублялось и усложнялось. Для обеспечения максимального сокращения поверхностного стока были предложены специальные агротехнические приемы, усложняющие технологические процессы и требующие специальных средств механизации (щелерезы, кротователи, почвоуглубители, лункователи, бороздователи и др.).

На основании изучения значительного количества исследований специалистов в области защиты земель от эрозии, а также по результатам собственных исследований нами осуществлен мониторинг и анализ эффективности формирования уровней защиты почвенного покрова от эрозии и дефляции с помощью агротехнических приемов, проводимых без усложнения технологических операций, специальных агротехнических приемов, а также их сочетания с другими противоэрозионными приемами и мероприятиями на основе системы адаптивно-ландшафтного земледелия, уста-

новлены их количественные характеристики по задержанию поверхностного стока различной степени обеспеченности.

Нами использовались общепринятые в эрозиоведении и земледелии методы исследований: сток талых вод учитывался на стоковых площадках, смыв почвы – по объему водоросин (по С. С. Соболеву). Схема стационарного опыта была построена на основе последовательного наложения приемов и мероприятий до получения целостной модели противоэрозионной системы, где наступает ее предельное насыщение. Основа структурообразования почвозащитной системы – стокорегулирующие лесные полосы и контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур и агрофонов. Стокозадерживающая роль лесных полос усиливалась простейшими гидротехническими сооружениями (валы-канавы) в последнем междурядье (нижнее по склону), контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур и агрофонов – специальными агротехническими приемами. Контролем служили сельскохозяйственные культуры и агрофоны сплошного размещения, которые чередуются в полосах. Место проведения исследований – Приазовская наклонная равнина, почвы – черноземы обыкновенные среднеэродированные.

**Результаты и обсуждение.** Рассматриваемые мероприятия по защите почв от эрозии разделены нами на три уровня. К первому уровню защиты отнесены агротехнические приемы, выполняющиеся серийными орудиями. Их применение, как указано выше, можно считать основой для других приемов при защите почв от эрозионных процессов.

Ко второму уровню защиты были отнесены специальные агротехнические приемы. По своему назначению они делятся на несколько групп. К первой из них относятся приемы, направленные на создание противоэрозионного микро рельефа на поверхности пашни, например, прерывистое или извилистое (фигурное) бороздование, создание микролиманов, обвалование и др. Вторая группа – приемы, повышающие водопроницаемость

почв. Это может быть щелевание, почвоуглубление, обработка чизелем, глубокое полосное рыхление и др. Третья группа – приемы, повышающие устойчивость поверхности пашни к воздействию смыва и размыва, такие как мульчирование, обработка поверхности пашни полимерами, сохранение на поверхности почвы пожнивных остатков и др. Четвертая – приемы, способствующие задержанию снега на полях, к ним относится посев кулис, полосное уплотнение.

Если рассматривать процесс развития исследований в нашей стране, посвященных изучению противоэрозионной и агротехнической эффективности почвозащитных агроприемов во временном пространстве, то подавляющее большинство их было разработано в 60–80-х гг. прошлого века. Сопоставление их эффективности в разных регионах страны дало совершенно противоположные результаты. Одни авторы писали (на основании экспериментальных данных) о достаточно высокой их почвозащитной роли, другие же утверждали совершенно обратное [9–14], что, на наш взгляд, объясняется двумя факторами.

Первым является то, что в методическом отношении опыты проводились в разных условиях. В одних случаях на больших полях, занимающих полностью склон, в других – часть склона, в третьих случаях – на небольших делянках, т. е. не всегда соблюдалось требование расположения опытных делянок по всей длине склона от линии водораздела до тальвега балки или расположения их в верхней части склона. При проведении многих опытов не обосновывалась необходимость задержания определенного объема талых или ливневых вод. Противоэрозионная роль того или иного агротехнического приема изучалась, как правило, изолированно от окружающих элементов эрозионного ландшафта, без учета возможного регулирования поверхностного стока на сопредельных территориях. Например, в Западной Сибири в верхней части склонов, где почти нет необходимости применять почвозащитные приемы, формируется поверхностный сток и

образуются потоки, смывающие почву с нижележащих участков склонов. Таким образом, почвы склонов получают с водораздельных участков не просто определенное количество воды, а, как правило, воду в концентрированном потоке, обладающем значительной размывающей энергией. Ниже по склону эти потоки усиливаются, и сдержать их размывающее действие могут только гидротехнические сооружения, а не емкости или преграды, создаваемые агротехническими приемами (лунки, борозды, валки и т. п.). Свидетельством этому служит малая эффективность бороздования, лункования и обвалования на склонах с микроложбинами, установленная исследованиями Д. А. Савельевой, В. К. Каличкина [15].

Другой фактор – это различные почвенно-гидрологические условия мест проведения исследований. В лесной и лесостепной зонах при годовой сумме осадков 550–650 мм и слое стока с 10% степенью превышения 80–120 мм специальные агротехнические приемы практически не оказывали никакого влияния на развитие эрозионных процессов, а в некоторых случаях даже усиливали их. В степной и сухостепной зонах при сумме осадков 300–450 мм они обеспечивали задержание поверхностного стока слоем от 5 до 20 мм и более.

Данные о водозадерживающей способности специальных агротехнических приемов (агротехнические приемы второго уровня), полученные опытным путем, представлены в исследованиях Е. В. Полуэктова следующими значениями: «Глубокая вспашка на 27–30 см + почвоуглубление на 10–15 см позволяет задержать слой стока 12–13 мм; глубокая безотвальная (чизельная) обработанная на 32–40 см – 16–18 мм; обвалование зяби – 15–16 мм; создание нанорельефа на зяби – 10–18 мм; щелевание уплотненной пашни – 15–25 мм; создание нанорельефа на посевах колосовых культур – 8–12 мм, создание нанорельефа на посевах пропашных культур – 10–15 мм» [16].

Подводя итог исследованию почвозащитной (стокзадерживающей)

эффективности приемов второго уровня защиты на пашне, можно констатировать, что специальные агротехнические приемы имеют невысокую стокозадерживающую способность (слой задержанного стока ограничивается 15–25 мм), тем не менее применение их желательно, особенно в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения, это определяется рядом позитивных качеств указанных мероприятий. К таким качествам относятся: сравнительная дешевизна и доступность (выполняются одновременно с одной из технологических операций в процессе возделывания той или иной сельскохозяйственной культуры); возможность задерживать осадки в месте их выпадения (что способствует дополнительному накоплению влаги в почве, это важно для рассматриваемой зоны); быстрая отдача в виде повышения урожайности сельскохозяйственных культур (от 1 до 4 ц/га зерновых колосовых культур) в первый же год применения. Кроме того, как отмечено выше, приемы второго уровня не мешают проведению других технологических операций и не усложняют их при возделывании сельскохозяйственных культур.

Более высокий (третий) уровень защиты почв от эрозии – сочетание приемов и мероприятий. Рассмотрим это на примерах некоторых из них. Начнем с самых простых – агротехнических приемов. Создание кулис из высокостебельных культур (кукуруза, подсолнечник и др.) на склонах во второй половине лета на чистых парах направлено на то, чтобы задерживать как можно больше снега на полях в зимний период. Исследования, проведенные на северо-западе Ростовской области (почвы – черноземы южные), показали, что кулисы, расположенные через 24 м в соответствии с контуром рельефа, дают возможность накопить на посевах озимой пшеницы в 3,6 раза больше снега, чем на тех же посевах без кулис. Однако необходимо учитывать, что большое накопление снега, а следовательно и запас воды в нем, может вызвать более интенсивный сток талых вод и смыв почвы, поэтому в данном случае предлагалось дополнить простран-

ство между кулисами щелеванием. Это существенно увеличивало водопроницаемость почвы и способствовало поглощению талых вод в период снеготаяния. Согласно полученным опытным путем данным, сток талых вод на участке с кулисами составил 10,3 мм, а смыв почвы 1,2 т/га, в то время как на участке со щелеванием соответственно 2,8 мм и 0,3 т/га в год. К этому следует добавить, что сочетание кулис и щелевания увеличило запас влаги в полутораметровом слое почвы ранней весной на 60–80 мм по отношению к участку без кулис и щелевания [9].

Таким образом, для успешной защиты посевов озимых культур от эрозии, улучшения перезимовки растений, дополнительного влагонакопления в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения рекомендуется совмещение двух приемов, один из которых способствует накоплению снега, другой увеличивает водопроницаемость почвы.

Второй прием – это контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур и агрофонов на склонах, когда поле занимается двумя культурами или агрофонами, которые чередуются между собой лентами-полосами шириной 50–80 м, что зависит от крутизны склона или дефляционной опасности. В этом случае почвозащитный эффект основан на влиянии различных свойств подстилающей поверхности на водопроницаемость почвы, скорость поверхностного стока, силу ветра в приземном слое.

В зимний период в полосах должна чередоваться рыхлая и уплотненная пашня, а в случае невозможности такого сочетания одна полоса должна обрабатываться под зябь плугом, другая – орудиями, оставляющими на поверхности стерню и растительные остатки, например, плоскорезом, чизелем и др. В летний период в полосах должны чередоваться культуры сплошного сева, например озимые, яровые колосовые, зернобобовые, однолетние и многолетние травы, и эрозионно опасные, например чистый пар, пропашные. Согласно проведенным исследованиям, «на черноземах обыкновенных с 1973 по 2003 г. контурно-полосное размещение культур

на склонах обеспечивает задержание стока талых и дождевых вод слоем до 20 мм, сокращает смыв почвы в 3–5 раз» [16].

Дополнение контурно-полосного размещения сельскохозяйственных культур и агрофонов приемами второго уровня защиты значительно усиливает почвозащитный эффект данного приема. Так, например, создание на полосах чистого пара мелкого, но частого нанорельефа, чередующегося с полосами озимой пшеницы, в период выпадения ливневых дождей позволило полностью прекратить процессы эрозии на полосах чистого пара при интенсивности дождей 0,9–1,5 мм/мин. В контрольном варианте (чистый пар без нанорельефа) смыв достигал 15–22 т/га. Объективности ради стоит заметить, что практически вся смываемая с полос пара почва кольматировалась на смежной полосе озимой пшеницы. На посевах пропашных культур с этой задачей в первой половине лета справлялось прерывистое бороздование междурядий. После того, как кукуруза вступала в фазу выброса метелок, т. е. величина проективного покрытия поверхности почвы достигала 45–50 %, процессы эрозии могли быть только в случае форс-мажорных обстоятельств [10, 16].

В холодный период года лучшие результаты были получены при применении в полосах приемов, которые улучшали водопроницаемость почвы, т. е. щелевания, глубокого чизельного рыхления, почвоуглубления и др., что в сочетании с контурно-полосным размещением сельскохозяйственных культур и агрофонов обеспечивало задержание поверхностного стока слоем до 35–40 мм.

Несколько особняком в этом перечне приемов стоят защитные лесные насаждения. Их стокорегулирующая роль начинает проявляться через 5–7 лет жизни деревьев, когда почва приобретает необходимую в этом случае противозэрозионную устойчивость, а высота деревьев достигает не менее 5 м.

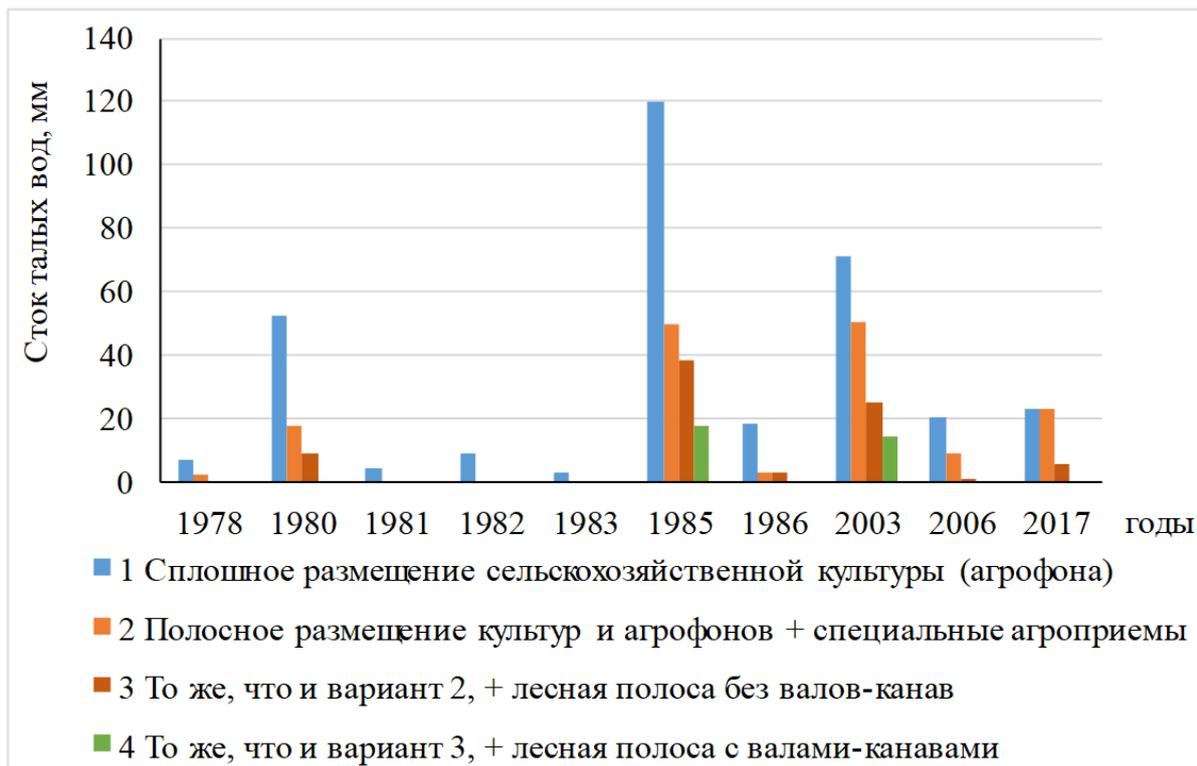
Согласно многолетним данным, стокорегулирующие лесные полосы

могут задержать и поглотить до 15–22 мм поверхностного стока. Их водопоглощающий эффект может быть повышен сочетанием с простейшими гидротехническими сооружениями в виде валов, канав, запруд и др., что позволит задержать поверхностный сток слоем до 35–40 мм.

Исходя из того, что сток талых вод 10% уровня превышения в лесостепной зоне составляет 100–110 мм, в степной 50–80 мм и в сухостепной 20–40 мм, задержание и регулирование такого объема стока возможно только при взаимной увязке противоэрозионных приемов, технологий и мероприятий в единую систему, т. е. речь идет о различных моделях почвозащитной системы.

В упрощенном виде модель системы почвозащитных мероприятий выглядит как наложение на адаптивно-ландшафтную организацию территории системы лесных полос, почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, луго- и гидромелиоративных приемов и сооружений. Она может существенно меняться внутренним заполнением в зависимости от обеспечения стока, крутизны, экспозиции склона и других факторов, т. е. в различных почвенно-климатических зонах, а внутри них – типах агроландшафта, где складывается неодинаковое сочетание стокообразующих факторов, которые должны учитываться при выборе модели почвозащитного комплекса [7, 14, 16–18].

В условиях недостаточного и неустойчивого увлажнения (почвы – черноземы обыкновенные) в многолетнем стационарном опыте нами была детально изучена почвозащитная и водозадерживающая роль различных вариантных форм системы почвозащитных мероприятий согласно описанной выше схеме. Как показали наши исследования, проводимые на протяжении 39 лет (1978–2017 гг.), каждая из вариантных форм представленных моделей почвозащитной системы обеспечивает задержание определенной, а вернее, расчетной части поверхностного стока (рисунок 1).

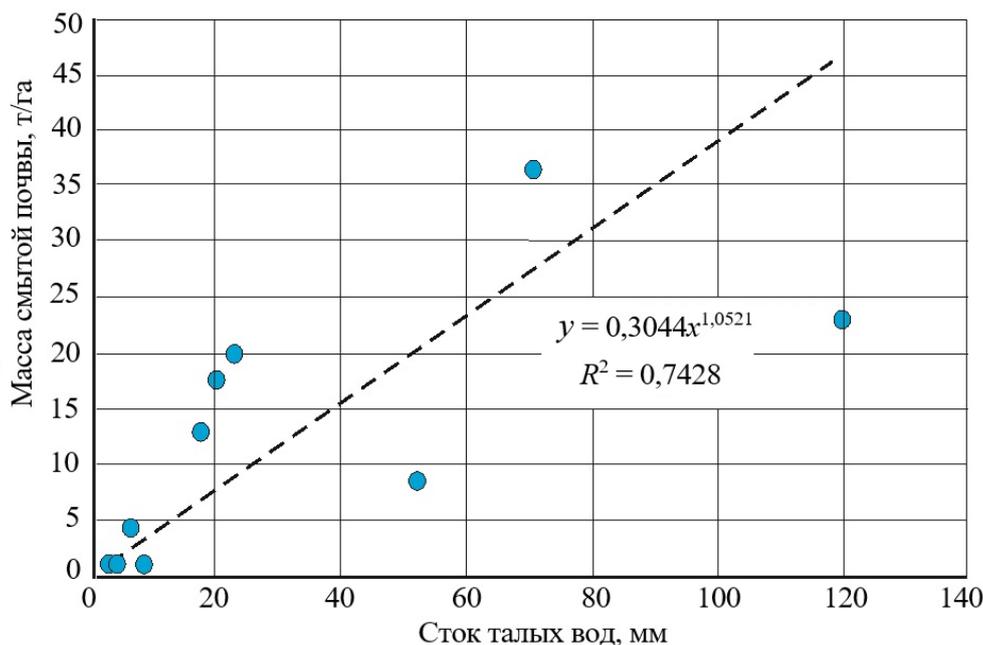


**Рисунок 1 – Сток талых вод в стационарном опыте  
по изучению системы почвозащитных мероприятий**  
**Figure 1 – Snowmelt runoff in a stationary experiment  
on study the system of soil protection measures**

Так, сток с вероятностью превышения 10 % (в наших условиях 50–60 мм) способен полностью зарегулировать контурно-полосное размещение культур, применение в полосах специальных агротехнических приемов в сочетании с лесной полосой, усиленной валом-канавой. При большем слое стока (71–120 мм) данный вариант опыта может задержать от 30 до 85 % от общего объема при определенном сочетании стокообразующих факторов.

При слое стока до 20–40 мм вполне достаточно контурно-полосного размещения сельскохозяйственных культур и агрофонов, специальных агротехнических приемов. Стокорегулирующая лесная полоса лишь задерживает и поглощает остаточную часть стока.

Не меньший интерес представляют данные о взаимосвязи между показателями стока талых вод и массой смытой почвы (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Взаимосвязь между показателями стока талых вод и массой смытой почвы, 1978–2017 гг.**

**Figure 2 – Relationship between snowmelt runoff indicators and a mass of washed-off soil, 1978–2017**

Приведенные данные показывают, что при сплошном размещении сельскохозяйственных культур и агрофонов за период с 1978 по 2017 г. смыв почвы в годы со стоком талых вод в среднем составил 16,5 т/га.

Контурно-полосное размещение культур и агрофонов в сочетании со специальными агротехническими приемами снизило потери почвы до 4,2 т/га. Данная величина превышает предельно допустимую величину смыва почвы, которая в наших условиях составляет 2–3 т/га. Усиление предыдущего варианта стокорегулирующей лесной полосой сократило смыв почвы до 1,1 т/га. Смыв почвы снизился до минимальной величины (0,2 т/га) при дополнении лесной полосы простейшим гидротехническим сооружением в виде вала-канавы [16].

Таким образом, модель почвозащитной системы, представленная контурно-полосным размещением культур и агрофонов, лесными полосами, дополненными специальными агротехническими приемами при возделывании сельскохозяйственных культур и валами-канавами в лесной поло-

се, обеспечила регулирование поверхностного стока 2% степени превышения, снижение смыва почвы до контролируемых величин. Кроме того, проявляется универсальность данной модели, которая также обеспечивает защиту почв от выдувания в период проявления дефляционных процессов. Так, во время пыльных бурь 1984 г. при сплошном размещении отвальной зяби вынос мелкозема составил 204 т/га. Контурно-полосное размещение зяби с многолетними травами снизило вынос мелкозема до 63 т/га. При этом почва, сносимая с полос зяби в этом и других вариантах опыта, откладывалась в виде шлейфов на полосе, занятой многолетними травами. В зоне действия лесной полосы, а она составила 10–15 Н, выноса мелкозема не наблюдалось, а вне зоны действия вынос мелкозема составил 40 т/га с последующим его задержанием полосой многолетних трав (таблица 1).

**Таблица 1 – Вынос и переотложение мелкозема во время пыльных бурь за период 1978–2017 гг.**

**Table 1 – Removal and redeposition of fine earth during dust storms for the period 1978–2017**

| Вариант опыта /<br>Experience option  | Вынос<br>почвы, т/га /<br>Soil removal,<br>t/ha | Отложение мелкозема на по-<br>логе многолетних трав, см /<br>Deposition of fine earth on the<br>perennial grasses canopy, cm |
|---|---|--|
| 1 Сплошное размещение сельхозкультуры<br>(агрофона) /<br>1 Complete placement of crops (agricultural<br>background)   | 204   | –  |
| 2 Полосное размещение культур и агро-<br>фонов + специальные агроприемы /<br>2 Strip placement of crops and agro-back-<br>grounds + special agricultural practices  | 51  | 0,6–3,1  |
| 3 То же, что и вариант 2, + лесная полоса /<br>3 Same as option 2 + forest belt   | 0/40*   | 0,6–3,0  |
| 4 То же, что и вариант 3, + валы-канавы в<br>лесной полосе /<br>4 Same as option 3, + spoils-ditches in the<br>forest belt  | 0/40*   | 0,6–3,0  |
| *В числителе – в зоне действия лесной полосы, в знаменателе – вне зоны дей-<br>ствия лесной полосы.<br>*In the numerator – in the zone of the forest belt, in the denominator – outside the<br>zone of the forest belt. |   |  |

Поделка микролиманов на отвальной зяби (спецприем) увеличивала гребнистость поверхности пашни, что снижало скорость ветра в приземном слое на 30 % и уменьшило вынос мелкозема до 51 т/га. После окончания пыльных бурь поверхность пашни в варианте сплошного размещения зяби представляла собой эоловую рябь.

Коэффициент гребнистости осенью на зяби был равен 1,27, а весной уменьшился до 1,10. На зяби с микролиманами за счет сдувания бортовых валиков их высота уменьшилась с 15–17 до 9–12 см, а коэффициент гребнистости с 1,31–1,34 до 1,21–1,24.

Следует также отметить, что в производственных условиях при чередовании полосами посевов многолетних трав с плоскорезной зябью выноса мелкозема не наблюдалось, в то время как при сплошном размещении плоскорезной зяби он колебался от 30 до 69 т/га.

**Выводы.** Согласно данным, полученным нами в ходе эксперимента, взаимодействие приемов и мероприятий в рамках почвозащитной системы может быть охарактеризовано нижеперечисленными критериями.

1 Сложность внутреннего строения и внешних взаимосвязей. На систему могут оказывать влияние:

- наличие одного ведущего приема или мероприятия (монодоминантность): системы лесных насаждений, контурно-полосного размещения сельскохозяйственных культур и агрофонов;
- усиление взаимного действия приемов и мероприятий (синергизм);
- взаимозаменяемость отдельных приемов, технологий, мероприятий и их сочетаний в зависимости от условий проявления эрозии и дефляции;
- усложнение внутреннего строения почвозащитной системы по мере нарастания интенсивности проявления эрозионных и дефляционных процессов.

2 Неустойчивость (нестационарность) системы в первые годы ее существования (лесные насаждения до 6–7-летнего возраста) или до опреде-

ленных фаз развития сельскохозяйственных культур, когда величина проективного покрытия поверхности почвы растениями не превышает 15–30 %.

3 Элементы системы, входящие в почвозащитный комплекс, должны адаптироваться к условиям проявления эрозии и дефляции и относительно быстро реагировать на изменение внешних условий.

4 Инерционность или длительность действия какого-либо приема, технологии, мероприятия. В качестве таковых чаще всего выступают уровни третьего порядка.

5 Универсальность действий почвозащитной системы по отношению к процессам эрозии и дефляции. Это один из самых актуальных моментов для зон их совместного проявления.

6 Кибернетичность (саморегулируемость). Это подбор в систему почвозащитного комплекса приемов, технологий, мероприятий, обеспечивающих их быстрое восстановление до оптимального уровня после экстремальных возмущений внешней среды.

### **Список источников**

1. Доклад о состоянии и использовании земель в Ростовской области в 2019 году. Ростов н/Д.: Федер. служба гос. регистрации, кадастра и картографии; Упр. Федер. службы гос. регистрации, кадастра и картографии по Рост. обл., 2020. 49 с.

2. Полуэктов Е. В., Сухомлинова Н. Б. Защита почв от эрозии и дефляции в Ростовской области: рекомендации / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т Донского ГАУ. Новочеркасск: Лик, 2017. 67 с.

3. Земельный кодекс Российской Федерации от 25 окт. 2001 г. № 136-ФЗ (ред. от 2 июля 2021 г.) (с изм. и доп., вступ. в силу с 1 сент. 2021 г.) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/) (дата обращения: 01.10.2021).

4. О землеустройстве: Федер. закон от 18 июня 2001 г. № 78-ФЗ (послед. ред.) [Электронный ресурс]. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_32132/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_32132/) (дата обращения: 01.10.2021).

5. Подлесных И. В., Зарудная Т. Я. Контурно-мелиоративное земледелие – основа борьбы с эрозией почвы // Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии: материалы Междунар. науч.-практ. конф. и Шк. молодых ученых, посвящ. Году экологии и 50-летию выхода Постановления о борьбе с эрозией почвы, г. Курск, 13–15 сент. 2017 г. Курск, 2017. С. 227–229.

6. Кузнецов М. С., Глазунов Г. П. Эрозия и охрана почв: учеб. для вузов. 3-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2019. 387 с.

7. Гостев А. В., Плотников В. А., Никитченко Л. Б. Повышение эффективности использования глубокорыхлителей // Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии: материалы Междунар. науч.-практ. конф. и Шк. молодых ученых, посвящ.

Году экологии и 50-летию выхода Постановления о борьбе с эрозией почвы, г. Курск, 13–15 сент. 2017 г. Курск, 2017. С. 106–113.

8. Измаильский А. А. Избранные сочинения. М.: Гос. изд-во с.-х. лит., 1949. 336 с.

9. Грызлов Е. В. Почвозащитная система земледелия: монография. Ростов н/Д.: Рост. кн. изд-во, 1975. 136 с.

10. Агротехнические приемы предотвращения эрозионных процессов в степной зоне Южного Урала / Н. А. Максютков, А. А. Зоров, В. Ю. Скороходов, Д. В. Митрофанов, Ю. В. Кафтан, Н. А. Зенкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3(83). С. 9–13.

11. Малышев А. В., Голеусов П. В. Критическое значение фактора рельефа и эрозионная опасность агроландшафтов Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2019. Т. 43, № 1. С. 63–75.

12. Недикова Е. В., Садыгов Э. А., Недиков К. Д. Особенности защиты земель сельскохозяйственного назначения от водной и ветровой эрозии // Регион: системы, экономика, управление. 2019. № 3(46). С. 112–117.

13. Ивонин В. М. Исследование противоэрозионной роли лесных полос на склонах // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 1(37). С. 52–73. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1032> (дата обращения: 01.10.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-1-52-73.

14. Лопырев М. И., Тарасова Н. В. Устройство агроландшафтов для земледелия и в чем «сила ландшафтов» // Актуальные проблемы функционирования устойчивых агроценозов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием и Всерос. шк. молодых ученых, посвящ. 45-летию со дня образования Белгородского ФАНЦ РАН. Белгород, 2020. С. 172–183.

15. Савельева Д. А., Каличкин В. К. Внутрисезонный мониторинг водной эрозии почв пашни в подтайге Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 5. С. 15–21.

16. Полуэктов Е. В. Эрозия почв и плодородие. Новочеркасск: Лик, 2020. 229 с.

17. Global estimates of water withdrawals and availability under current and future «business of usual» conditions / J. Alcamo, P. Döll, T. Henrichs, F. Kaspar, B. Lehner, T. Rösch, S. Siebert // Hydrological Sciences J. 2003. 48(3). P. 339–342. <https://doi.org/10.1623/hysj.48.3.339.45278>.

18. Potential effects of climate change on soil properties: A review / R. Karmakar, I. Das, D. Dutta, A. Rakshit // Science International. 2016. Vol. 4. P. 51–73. DOI: 10.17311/sciintl.2016.51.73.

## References

1. *Doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rostovskoy oblasti v 2019 godu* [Report on the State and Use of Land in Rostov Region in 2019]. Rostov-on-Don, Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography; Department of the Federal Service for State Registration, Cadastral Records and Cartography for Rostov Region, 2020, 49 p. (In Russian).

2. Poluektov E.V., Sukhomlinova N.B., 2017. *Zashchita pochv ot erozii i deflyatsii v Rostovskoy oblasti: rekomendatsii* [Soil Protection from Erosion and Deflation in Rostov Region: Recommendations]. Novoчеркасск Engineering and Land Reclamation Institute, Don State Agrarian University, Novoчеркасск, Lik Publ., 67 p. (In Russian).

3. *Zemel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 25 okt. 2001 g. № 136-FZ* [Land code of the Russian Federation of 25 October, 2001, no. 136-FZ], as amended on July 2, 2021, as amended and supplemented, entered into force on September 1, 2021, available: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_33773/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/) [accessed 01.10.2021]. (In Russian).

4. *O zemleustroytve* [On land management]. Federal Law of Russian Federation of 18 June, 2001, no. 78-FZ, last ed., available: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_32132/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_32132/) [accessed 01.10.2021]. (In Russian).

5. Podlesnykh I.V., Zarudnaya T.Ya., 2017. *Konturno-meliorativnoe zemledelie – osnova bor'by s eroziyey pochvy* [Contour-reclamation agriculture – the basis of the fight against soil erosion]. *Aktual'nye problemy zemledeliya i zashchity pochv ot erozii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii i Shkoly molodykh uchenykh, posvyashchnoy Godu ekologii i 50-letiyu vykhoda Postanovleniya o bor'be s eroziyey pochvy* [Actual Problems of Agriculture and Soil Protection from Erosion: Proc. of the International Scientific-Practical Conference and School of Young Scientists Dedicated to the Year of Ecology and the 50<sup>th</sup> Anniversary of the Release of the Decree on Soil Erosion Control]. Kursk, pp. 227-229. (In Russian).

6. Kuznetsov M.S., Glazunov G.P., 2019. *Eroziya i okhrana pochv: uchebnyk dlya vuzov* [Erosion and Soil Protection: textbook for universities]. 3<sup>rd</sup> ed., rev. and add., Moscow, Yurayt Publ., 387 p. (In Russian).

7. Gostev A.V., Plotnikov V.A., Nikitchenko L.B., 2017. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya glubokorykh liteley* [Increasing the efficiency of the use of deep tillers]. *Aktual'nye problemy zemledeliya i zashchity pochv ot erozii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii i Shkoly molodykh uchenykh, posvyashchnoy Godu ekologii i 50-letiyu vykhoda Postanovleniya o bor'be s eroziyey pochvy* [Actual Problems of Agriculture and Soil Protection from Erosion: Proc. of the International Scientific-Practical Conference and School of Young Scientists Dedicated to the Year of Ecology and the 50<sup>th</sup> Anniversary of the Release of the Decree on the Soil Erosion Control]. Kursk, pp. 106-113. (In Russian).

8. Izmail A.A., 1949. *Izbrannye sochineniya* [Selected Works]. Moscow, State Publishing House of Agricultural Literature, 336 p. (In Russian).

9. Gryzlov E.V., 1975. *Pochvozashchitnaya sistema zemledeliya: monografiya* [Soil Protection System of Agriculture: Monograph]. Rostov-on-Don, Rostov Publ., 136 p. (In Russian).

10. Maksyutov N.A., Zorov A.A., Skorokhodov V.Yu., Mitrofanov D.V., Kaftan Yu.V., Zenkova N.A., 2020. *Agrotekhnicheskie priemy predotvrashcheniya erozionnykh protsessov v stepnoy zone Yuzhnogo Urala* [Agrotechnical methods of preventing erosion processes in the steppe zone of the Southern Urals]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Orenburg State Agrarian University], no. 3(83), pp. 9-13. (In Russian).

11. Malyshev A.V., Goleusov P.V., 2019. *Kriticheskoe znachenie faktora rel'efa i erozionnaya opasnost' agrolandshaftov Belgorodskoy oblasti* [Critical value of the relief factor and the erosion hazard of agricultural landscapes in Belgorod region]. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki* [Scientific Bulletin of Belgorod State University. Series: Natural Sciences], vol. 43, no. 1, pp. 63-75. (In Russian).

12. Nedikova E.V., Sadygov E.A., Nedikov K.D., 2019. *Osobennosti zashchity zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya ot vodnoy i vetrovoy erozii* [Features of protection of agricultural lands from water and wind erosion]. *Region: sistemy, ekonomika, upravlenie* [Region: Systems, Economics, Management], no. 3(46), pp. 112-117. (In Russian).

13. Ivonin V.M., 2020. [Research of erosion-preventive role of forest belts on slopes]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 1(37), pp. 52-73, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1032> [accessed 01.10.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-1-52-73. (In Russian).

14. Lopyrev M.I., Tarasova N.V., 2020. *Ustroystvo agrolandshaftov dlya zemledeliya i v chem "sila landshaftov"* [Arrangement of agricultural landscapes for agriculture and what is the "power of landscapes"]. *Aktual'nye problemy funktsionirovaniya ustoychivyykh agrotsenozov v sisteme adaptivno-landshaftnogo zemledeliya: materialy Vserossiiskoy nauchno-*

*prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem i Vserossiiskoy shkoly molodykh uchenykh, posvyashchnoy 45-letiyu so dnya obrazovaniya Belgorodskogo FANTS RAN* [Actual Problems of the Functioning of Sustainable Agrocenoses in the System of Adaptive Landscape Agriculture: Proc. of the All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation and All-Russian School of Young Scientists Dedicated to the 45<sup>th</sup> Anniversary of the Foundation of Belgorod FANTS RAS]. Belgorod, pp. 172-183. (In Russian).

15. Savelyeva D.A., Kalichkin V.K., 2021. *Vnutrisezonnyy monitoring vodnoy erozii pochv pashni v podtayge Zapadnoy Sibiri* [Intraseasonal monitoring of water erosion of arable land in subtaiga of Western Siberia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], no. 5, pp. 15-21. (In Russian).

16. Poluektov E.V., 2020. *Eroziya pochv i plodorodie* [Soil Erosion and Fertility]. Novocherkassk, Lik Publ., 229 p. (In Russian).

17. Alcamo J., Döll P., Henrichs T., Kaspar F., Lehner B., Rösch T., Siebert S., 2003. Global estimates of water withdrawals and availability under current and future “business of usual” conditions. *Hydrological Sciences J.*, 48(3), pp. 339-342, <https://doi.org/10.1623/hysj.48.3.339.45278>.

18. Karmakar R., Das I., Dutta D., Rakshit A., 2016. Potential effects of climate change on soil properties: A review. *Science International*, vol. 4, pp. 51-73, DOI: 10.17311/sciintl.2016.51.73.

---

#### ***Информация об авторах***

**Е. В. Полуэктов** – заведующий кафедрой почвоведения, орошаемого земледелия и геодезии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

**Н. В. Сухомлинова** – заведующая кафедрой землепользования и землеустройства, доктор экономических наук, профессор.

#### ***Information about the authors***

**E. V. Poluektov** – Head of the Department of Soil Science, Irrigated Agriculture and Geodesy, Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

**N. V. Sukhomlinova** – Head of the Department of Land Use and Land Management, Doctor of Economic Sciences, Professor.

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

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

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 24.09.2021; одобрена после рецензирования 14.12.2021; принята к публикации 21.12.2021.*

*The article was submitted 24.09.2021; approved after reviewing 14.12.2021; accepted for publication 21.12.2021.*