

Новые перспективные многоцелевые конструкции стокорегулирующих лесных полос для степного засушливого пояса России

Валерий Иванович Панов, к.г.н., с.н.с., e-mail: aglos163@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8489-9791 – Поволжская агроресомелиоративная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), 446534, Самарская обл., п. Новоберёзовский, Россия;

Анатолий Тимофеевич Барабанов✉, д.с.-х.н., г.н.с., e-mail: a.baranov2011yandex.ru, заведующий лабораторией защиты почв от эрозии, ORCID: 0000-0001-9945-654X –

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), e-mail: info@vfanс.ru, 400062, Университетский проспект, 97, Волгоград, Россия

Объектом исследования являются контурные стокорегулирующие лесные полосы в агроресомелиоративных ландшафтах на чернозёмах Среднего Поволжья – важнейший элемент лесного защитно-мелиоративного кластера, целенаправленно воздействующего на природные факторы засушливой среды. Изучался механизм действия стокорегулирующих лесополос, методы их влияния на степные агроценозы, на снежный покров, промерзание почв и их инфильтрационную способность весной, на элементы водного баланса талых вод, их водопоглощение и эрозионные процессы, видовой состав насаждений, их устойчивость, долготлетие и интегральный (синергетический) ландшафтообразующий эффект. Многолетние исследования проводились методами водного баланса на стоковых площадках, опытных репрезентативных малых водосборах. Лесополосы управляют и преобразовывают протекающие в них воздушные и водные полифазные потоки с участием в них снега, ледяных кристаллов, почвенной пыли и др. Они действуют как высотный барьер в приземной атмосфере и наземный плоскостной перехватывающий рубеж, гасят скорости воздушно-водных потоков, нейтрализуют их разрушающую и взвесенесущую энергию, сохраняют атмосферные осадки и разрыхлённые почвы в таких защищённых лесоаграрных ландшафтах. Оптимизированная система лесополос снижает величину непродуктивных потерь снега за счёт ветро-метельного сноса и сублимации (возгонки) в зимний период на 40 – 70 мм, а в тёплый период года за счёт поглощения поверхностного стока и уменьшения физического испарения (совместно с адаптивным земледелием) – ещё на 70 – 110 мм. Общий годовой гидро-синергетический эффект достигает 110 – 170 мм. Предложены и испытаны новые (комбинированные) конструкции стокорегулирующих лесных полос древесно-кустарникового типа с разными вариантами сочетания и размещения посадочных мест низкорослых кустарников (кустарничков) и деревьев главных пород. Эти конструкции обеспечивают эффективное снегонакопление внутри полос (высотой 55-65 см и влагозапас 140 – 165 мм), сохранение почвы от глубокого промерзания, высокую её впитывающую способность весной; увеличивают площади питания главных пород; повышают устойчивость и долговечность лесополос.

Ключевые слова: ландшафтный принцип, стокорегулирующие лесополосы, лесной защитно-мелиоративный кластер, агроценоз, агроландшафты, водопоглощающий рубеж, противозерозионный эффект, снегоотложение, сублимация снега, элементы водного баланса, непродуктивные потери влаги, конструкции лесополос.

Поступила в редакцию: 29.04.2022

Принята к печати: 14.06.2022

Большой ущерб нашему степному сельскому хозяйству (аграрному природопользованию) наносят такие важнейшие негативные природно-антропогенные явления и процессы, как сильные засухи, водная эрозия, пыльные бури, суховеи, бураны и метели.

В 2022 году исполняется 130 лет со дня публикации В.В. Докучаевым книги «Наши степи прежде и теперь» [5]. Он выдвинул гениальную идею «ландшафтного» подхода (принципа) к созданию «природоподобного» агроландшафта по образцу и подобию природы, «самоорганизовавшейся» за многие миллионы лет и проверил ее на трёх крупных опытных объектах в реальной природной об-

становке. Исследования подтвердили эффективность ландшафтного принципа ведения аграрного природопользования. Он гарантирует обеспечение продовольственной безопасности населения даже в условиях самых сильных засух, так как определяется многими ландшафтными кластерами и методами «упорядочения водного хозяйства в степях России» [5,7], созданием систем защитных лесных насаждений, каскада прудов и водохранилищ на местном стоке, адаптивно-влагоберегающим земледелием и др. Создавая «ландшафтный принцип» оздоровления степного засушливого агроландшафта, В.В. Докучаев, а позднее А.С. Козменко, Г.Н. Высоцкий, Г.П. Сурмач и их последова-

тели включили в него «природоподобный элемент лесостепного ландшафта» в виде «защитно-мелиоративного лесного кластера» – системы разнообразных искусственно созданных лесных полос и других насаждений разного целевого назначения, превратив его в более сложный и устойчивый агролесоландшафт по подобию природного лесостепного [5, 11, 16, 17].

Глобальные изменения климата, сложная социально-демографическая и продовольственная ситуация в мире свидетельствуют о необходимости проявления особой заботы всего человечества о благополучии ведения аграрного природопользования. Ландшафтный подход позволит решить такие сложные проблемы, как продовольственная безопасность, сохранение почвенного плодородия, здоровой жизненной среды обитания человека и др.

На важность этой проблемы обратил внимание Президент Российской Федерации В.В. Путин в Указе № 20 от 21 января 2020 года «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».

В очередном третьем томе «Национального доклада [14], «Глобальный климат и почвенный покров России: проявление засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия» [13], уделено большое внимание этой проблеме и изложены меры по предупреждению и борьбе с засухой.

Исходя из поставленных в нём проблем, в данной работе рассмотрим вопросы, связанные с дальнейшим совершенствованием одного из важнейших элементов ландшафтного принципа ведения сберегающего ландшафтно-синергетического аграрного природопользования – перспективными многоцелевыми конструкциями стокорегулирующих лесных полос. Это актуальность их пространственного размещения на склонах и влияние на окружающую среду, действие их как барьерно-рубежных пространственных устройств, создающих повышенную «ландшафтную гидравлическую шероховатость», на пути водных и воздушных потоков.

Целью исследований было изучение не выявленных ранее ландшафтных эффектов, создаваемых в степной среде разными представителями лесного ландшафтного защитно-мелиоративного кластера, их дальнейшее совершенствование на основе новейших достижений в теории и практике.

В настоящей работе представлены результаты исследований по следующим проблемным вопросам совершенствования аграрного природопользования:

- засушливость климата, воздушная и водная проточность незащищённых агроценозов и катенно-бассейновых агроландшафтов от аномальных потоков и непродуктивных потерь влаги;
- защитное и мелиорирующее воздействие на водные и воздушные потоки, водопоглощающее и снегосберегающее действие контурных стокорегулирующих лесных полос как барьерно-рубежного

мелиоративного инструмента ландшафтного лесного кластера аграрного природопользования;

- роль аэродинамической конструкции стокорегулирующих лесных полос в формировании снежного покрова в поле и внутри лесных полос с целью обеспечения достаточного влагозапаса для нормального функционирования древесных и кустарниковых пород.

Материалы и методика исследований.

Объектом изучения являются контурные стокорегулирующие лесные полосы в агролесоландшафтах на чернозёмах Среднего Поволжья [2, 8, 16, 19, 21]. Изучался механизм действия стокорегулирующих лесополос, методы их воздействия на природные факторы среды и степные агроценозы, на снежный покров, промерзание почв и их инфильтрационную способность весной, на элементы водного баланса талых вод, их водопоглощение и эрозионные процессы, видовой состав насаждений, их устойчивость, долголетие и интегральный (синергетический) ландшафтопреобразующий эффект. Многолетние исследования проводились традиционными методами водного баланса на специально-созданных экспериментальных ландшафтах с использованием стоково-эрозионных стационаров со стоковыми площадками, опытными и репрезентативными малыми водосборами, оснащёнными гидрометрическим оборудованием (водосливы, самописцы уровня воды «Валдай», водомерные скважины и др.). В разных ландшафтах снежный покров изучался на снегомерных маршрутах и измерением его высоты, плотности и влагозапаса. Изучены разные аспекты воздействия контурных стокорегулирующих лесополос как ландшафтных кластеров на природные факторы степной среды, на лесополосы и агроценозы [1, 2, 9, 11, 14, 16, 19, 20].

Результаты и их обсуждение.

Засушливость климата и непродуктивные потери влаги. Главные особенности климата – обилие тепла и солнечного света, высокая испаряемость (700-900 мм) и дефицит атмосферных осадков (средняя годовая норма 400-450 мм при колебаниях от 250 до 600-650 мм), а при засухах – их острый недостаток. Исследованиями установлено, что величины ежегодных непродуктивных потерь в незащищённых агроценозах составляют за счет ветро-метельной сублимации снега 40-70 мм; поверхностного талого стока – 15-35 мм; ветро-метельного переноса и переотложения у преград – 15-20 мм; ливневого стока – 10-15 мм; физического испарения с поверхности вспаханной почвы от схода снега и до начала полевых работ – 30-45 мм, от начала полевых работ и до смыкания травостоя сельхозкультур – 55-65 мм [4], с поверхности сельхозрастений – 30-40 мм; в результате физического испарения дождевой воды с оголённой вспаханной отвально (после уборки урожая) почвы и до устойчивого снежного покрова – 60-75 мм. [4, 10]. Пашня около 5 месяцев (150 суток: апрель, май и сентябрь-ноябрь) находится в незащищённом

состоянии, сильно нагревается солнцем и теряет влагу. Суммарные непродуктивные потери достигают в тёплый период 185-240 мм (40-45%) и в холодный период (декабрь - март) – 65-115 мм (17-20%), а в сумме – 250-290 мм или около 55-60% их годового количества. На продукционный процесс получения урожая остаётся 160-200 мм. Если при норме расхода на получение 1 ц зерна расходуется 10 мм влаги, то обеспечивается урожай зерновых яровых культур в 16-20 ц/га [11, 17, 18].

Следовательно, очень жёстко стоит проблема резкого сокращения непродуктивных потерь влаги во все времена года и разными методами. Наибольшими возможностями уменьшения непродуктивных потерь влаги обладает ландшафтный подход. Он позволяет значительную часть сохранённой от потерь влаги привлечь на получение дополнительного урожая (порядка 110-170 мм) и на его стабилизацию в многолетнем плане. Это возможно осуществить за счет трех ландшафтных кластеров: лесного, гидромелиоративного и адаптивного земледельческого (технологического) [3, 9, 11, 16, 21].

Контурные стокорегулирующие лесные полосы. Когда зарождалась агроресомелиорация и на полях появлялись защитные лесные полосы, они назывались полезащитными и, как правило, были прямолинейными. Поля нарезались в форме больших прямоугольников площадью 100-200 га (ширина межполосных полей 600-800 м (длина 1,7 – 2,5 км). Прямолинейность длинной стороны поля диктовалась организационными и экономическими причинами.

Кроме того, в инструктивных указаниях априорно принималось никем не доказанное утверждение, что полезащитные полосы надо в первую очередь размещать поперёк господствующих ветров (непонятно каких – метельных или суховейных). Но на поверхности земли доминируют естественные непрямолинейные линии (рельеф отображается криволинейными горизонталями). С позиций современного эрозиоведения прямолинейные лесные полосы не могут в полной мере выполнять противозерозионную роль, так как они не вписываются в искривлённые линии горизонталей пересечённой местности, поэтому они и на значительном протяжении идут вдоль или под углом к склону, вызывая даже усиление стока и формирование размывов. Противостоят потокам воды (поверхностного стока) только полосы, расположенные контурно или поперёк склона. Исходя из этого, современное противозерозионное природообустройство земель сельскохозяйственного назначения обуславливает нарезку полей длинной стороной поперёк господствующего склона или контурно. Такие контурные полосы успешно выполняют как стокорегулирующие, водопоглотительные и противозерозионные функции, так и ветроломные функции по сохранению снега.

Усовершенствованные стокорегулирующие лесные полосы действуют, с одной стороны, как высотные преграды-барьеры, гасящие скорость

и энергию сильных ветров и метелей, сохраняя почву от выдувания, растения от иссушения суховеями, снег от сноса-переноса и ветро-метельной сублимации зимой, а в тёплое время года – ускоренной ветровой транспирации и интенсивного бесполезного физического испарения воды; а с другой стороны, они выступают как водопоглощающие рубежи – сохраняют воду в агроландшафтах и осуществляют защиту почв от разрушительной агротехногенной эрозии [12,19].

Правильное размещение стокорегулирующих лесных полос определяет их общую гидрологическую, водопоглощающую и противозерозионную эффективность и комплексный ландшафтно-синергетический эффект по противодействию водно-воздушных дестабилизирующих потоков. Такая универсальность контурных стокорегулирующих лесополос, объединяющая высотное-барьерное воздействие на воздушные потоки, и одновременно водопоглощающее действие по перехвату водных потоков лесной полосой как рубежом его поглощения, даёт гидро-синергетический эффект. Стокорегулирующие лесные полосы и другие насаждения выступают как новые «ландшафтные инструменты» воздействия на факторы природной среды и на защищаемые ими агроценозы, отличающиеся от них по размерам – высоте и объёму (3D-мерные) – объекты ландшафта и функционирующие во времени – в разные сезоны года и в течение многих лет как 4D-мерные части степного агроценоза, ставшего уже лесоаграрным, имеющим новые качественные свойства и функционирующим как единое целое – лесоаграрный ценоз или лесоаграрный катенно-бассейновый ландшафт.

Величины водопоглощения определяются многими факторами и колеблются в значительных пределах [8, 9, 15, 16, 20]. На основные факторы можно активно целенаправленно воздействовать для повышения общего водопоглощения [15, 20]. На Поволжской агроресомелиоративной опытной станции – филиал ФНЦ агроэкологии РАН (Поволжская АГЛЮС) – были испытаны сочетания лесополос с простейшими гидротехническими устройствами (обвалование лесной полосы вдоль нижней по склону опушке земляным валом, прерывистой канавой), щелями с фильтрующим наполнителем в одном из междурядий (рисунок 1) для повышения их водопоглощающей и противозерозионной роли.

В контрольных лесополосах водопоглощение составило 370-450 мм, в усиленных гидротехническими устройствами – 550-1200 мм [11, 14, 16, 19, 20]. Поглощённая в контурных стокорегулирующих лесополосах вода, перехваченного поверхностного стока, проникает в грунт зоны аэрации и пополняет верхний горизонт грунтовых вод, поднимая их уровень в виде «куполов» под лесными полосами и вблизи от них, формируя местами почвенно-грунтовый отток впитавшихся вод.



Рисунок 1. Стокорегулирующие лесные полосы с прерывистой канавой в междурядье, Поволжская АГЛОС, Самарская область

На глинистых грунтах такой отток затруднён, и в таких местах временно формируются участки переувлажнения и даже заболачивания. На Поволжской АГЛОС для таких условий разработан специальный лесомелиоративный осушительно-увлажнительный дренаж, который с одной стороны отводит по

специально проложенным дренам с фильтрующим наполнителем избыток воды из зоны впитывания и переувлажнения на нижележащее по склону поле для его дополнительного увлажнения. На рисунке 2 показана панорама контурных стокорегулирующих полос в верховьях водосбора реки Бирюч.



Рисунок 2. Панорама системы контурных стокорегулирующих лесных полос в верховьях реки Бирюч, Цильнинский район, Ульяновской области

Оптимизирована по пространственному размещению (в пределах разных по иерархии склоновобассейновой стоково-эрозионной самоорганизации равнинного рельефа степей) система разнообразных, в том числе и контурных стокорегулирующих лесных полос. При таком высоком их водопоглощающем действии коренным образом изменяется гидрологический режим всей защищаемой ими территории. Ранее функционировавший здесь мно-

гие годы степной техногенный ландшафт привёл к иссушению всей зоны аэрации [5, 7, 9, 14, 18, 19]. Оптимально сбалансированный по ландшафтным угольям и по лесной защите пахотных земель бассейновый агроэколандшафт в степном поясе обретает более улучшенный гидрологический режим (происходит переход от полностью непромывного к смешанному частично промывному). Выше было представлено высокое водопоглоти-

тельное действие контурных стокорегулирующих лесных полос и лесомелиорированных агроценозов и агроэколандшафтов, где лесные полосы действуют как наземные водоперехватывающие площадные рубежи (поперёк склона или контурно, по линии горизонтали). Но любая лесная полоса в степном низкорослом агроценозе предстаёт как значительный высотный барьер на пути разнообразных воздушных полифазных (несущих в себе капли дождя, града, ледяных кристаллов, снега, пыли и др.) потоков. Эти ветро-буранные и метельные потоки часто имеют высокие скорости и огромную разрушительную силу; проносясь над незащищёнными степными вспаханнами полями и несомкнутыми посевами, они выдувают с полей снег и почвенный плодородный мелкозём, повреждают («засекают») песком и почвенными частицами посева. Оптимизированная по межполосным пространствам система контурных стокорегулирующих лесополос обеспечивает круглогодичную и многолетнюю защиту и мелиорацию защищаемой территории. Проведённые на Поволжской АГЛОС многолетние исследования по формированию снежного покрова (в степях Самарского чернозёмного Заволжья) в различных по степени лесной защиты ландшафтах (незащищённый агроценоз-поле, лесомелиорированные поля с лесополосами через 500 и 250 м, снежный покров внутри лесного лиственного массива, где нет сноса-переноса и ветро-метельной сублимации снега [6]), подтвердили высокий снегозащитный и снегосберегающий эффект оптимально лесомелиорированных полей [6, 12, 14, 16, 19]. Незащищённые от ветров и метелей поля и агроценозы теряют в среднем за зимний период 70 мм снеговой влаги. Оптимально лесомелиорированное поле (оптимальная длина линии переноса снега и ширина межполосного поля 250-350 м) имеет минимальные потери снега – всего 13-18 мм или 9-11 %. При полном освоении и использовании всех значимых ландшафтных кластеров Докучаевского ландшафтного принципа непродуктивные потери воды годовых атмосферных осадков можно существенно сократить, ориентировочно на 110 – 170 мм, и эту сбережённую влагу направить на повышение и стабилизацию урожайности и общей биопродуктивности аграрного природопользования.

Аэродинамические конструкции стокорегулирующих лесных полос. Роль аэродинамической конструкции лесной полосы в формировании снежного покрова в самой полосе для достаточного обеспечения предохранения почвы от промерзания и произрастающих в ней деревьев талой водой для их нормального роста, развития и функционирования исключительно важна. Широкое распространение в степном защитном лесоразведении и агролесомелиорации полей получили три аэродинамические конструкции: плотная, продуваемая и ажурная, а также ряд промежуточных между ними (плотно-ажурная, ажурно-продуваемая и другие). Они отличаются друг от друга строением (просвет-

ностью) поперечного полога полосы, рядностью и снегораспределительным эффектом. Как правило, плотные полосы отличаются многорядностью, полной непросветностью поперечного профиля, формированием большого сугроба снега внутри полосы и на опушках, неблагоприятным снегораспределением на прилегающих защищаемых полях. Они способствуют предохранению почвы от глубокого промерзания, хорошему впитыванию талой воды в нее и сокращению стока. Однако они, накапливая больше снега в самой полосе и в приопушечных шлейфах, мало отдают его в поле, а длительное таяние больших сугробов мешает проведению полевых работ на прилегающих полях. Значительно лучшим снегораспределительным эффектом на полях обладают продуваемые полосы (рисунок 3), но данная конструкция из-за воздушного диффузора в подкрановом (межстволовом) пространстве создает эффект выдувания снега из полосы (в ветреные, метелистые зимы высота снега внутри продуваемых лесных полос часто не превышает 10-25 см с влагозапасом 30-75 мм, что явно недостаточно для предохранения почвы от промерзания и функционирования деревьев в засушливые весенне-летние месяцы, что приводит к преждевременному их ослаблению и гибели в средних рядах, к общей неустойчивости и недолговечности этих полос. При этом нарушается их физиологический режим, обезвоживание листьев и тканей камбия, физиологическое ослабление. Такие ослабленные деревья подвергаются нападению вредителей и болезней (вирусов, грибов, насекомых и др.), у них резко сокращается долговечность. Для обеспечения в достаточной степени влагой деревьев лесной полосы необходим снежный покров внутри полосы высотой 60-80 см с влагозапасом 160-240 мм.

Во второй половине XX столетия в СССР сложилось определённое увлечение продуваемыми конструкциями и однопородным составом ползащитных лесных полос. Но в 2009 и особенно в 2010 годах наложились две подряд засухи, сильная и катастрофическая, которые привели к гибели на огромной территории юго-востока лесные полосы продуваемой конструкции из чистой берёзы.

Третья распространённая аэродинамическая конструкция стокорегулирующих лесных полос – ажурная (рисунок 4).

Лесные полосы этой конструкции широко распространены в степном защитном лесоразведении. Они нормально распределяют и задерживают снег на полях, хорошо его накапливают в самих лесных полосах, обеспечивая талой снеговой водой деревья, растущие в них. К числу недостатков этой конструкции можно отнести то, что это полоса древесного типа (нет кустарников). При посадке деревья главной породы в ряду сильно загущены, теснят друг друга, корни усиленно развиваются в сторону поля, создавая расширенные пространства «опушечного угнетения сельхозпосевов». В них необходимо уже в молодые годы проводить

трудоёмкие рубки ухода (осветление, прочистки, прореживания) для обеспечения каждому дереву

необходимой, в соответствующем возрасте, площади питания и влагообеспечения.



Рисунок 3. Лесная полоса продуваемой конструкции из берёзы бородавчатой, возраст 54 года, Поволжская АГЛОС, Волжский район, Самарская область



Рисунок 4. Стокорегулирующая лесная полоса ажурной конструкции из тополя бальзамического, возраст 40 лет, ООО «Луначарск», Самарская область

Перспективна для контурных стокорегулирующих лесополос комбинированная конструкция (рисунки 5), разработанная во ВНИАЛМИ (ныне ФНЦ агроэкологии РАН), патент 2248116 [1, 2, 12, 14, 19].

Эта конструкция создана на основе комбинации из продуваемой конструкции лесополосы (с воздушным подкroновым диффузором 1,5-2 м), до-

полненной 1–2 рядами низкорослого кустарника. Как известно, около 90 % метельного снега переносится на высоте до 10 см от поверхности почвы [9]. Следовательно, создав препятствие необходимой высоты (в нашем случае 50 см), можно накапливать переносимый метелью снег до высоты преграды, а далее он будет через нее переноситься и равномерно откладываться в межполосном пространстве.



Рисунок 5. Лесная полоса комбинированной конструкции из берёзы бородавчатой и низкорослого кустарника кизильника гладкого, возраст 12 лет, Пензенская область

На этом основано снегонакопительное и снегораспределительное действие лесополосы комбинированной конструкции. Лесная полоса комбинированной конструкции имеет следующий вертикальный профиль по продуваемости: в нижней части до 0,5 м от поверхности земли – плотная, выше до 1,5-2 м – продуваемая (без сучьев), а еще выше – ажурная. Плотная конструкция в нижней части полосы создается посадкой низкорослого кустарника (кизильники, спирея, можжевельник, смородина альпийская, дикий миндаль, вишня войлочная и др.) и подрезкой высокорослого кустарника на высоту до 50 см.

Многолетние исследования всех трёх конструк-

ций проведены в разных зонах степного пояса (в лесостепи – Новосильская ЗАГЛОС, Орловская область, в степи – Поволжская АГЛОС, Самарская область, в сухой степи – ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоградская область). Получен интересный материал, в целом он показывает высокую эффективность новой комбинированной конструкции стокорегулирующих лесополос, однако она сильно варьирует как по природным зонам, так и по годам. В таблице приведены средние показатели снежного покрова на Поволжской АГЛОС, сформировавшегося к концу зимы в стокорегулирующих лесных полосах различной конструкции.

Таблица – Средние показатели снежного покрова в стокорегулирующих лесополосах различной конструкции (2019–2021гг.)

Конструкции	Показатели снежного покрова		
	высота снега, см	плотность, г/см ³	снегозапас, мм
Продуваемая	40	0,27	108
Ажурная	56	0,27	151
Комбинированная	57	0,27	154

Эти результаты имеют большое теоретическое и особенно практическое значение. Ранее в агролесомелиорации предпочтение в степных агроценозах отдавалось продуваемой аэродинамической конструкции стокорегулирующих лесных полос, обеспечивающей лучшее снегораспределение на защищаемых полях, поскольку большой воздушный диффузор в подкрановом пространстве лесной полосы (между очищенными от ветвей стволами деревьев от поверхности почвы и до начала крон) обеспечивал здесь мощную продувку снежно-ветрового потока и почти полный вынос (выдувание) снега из самой лесной полосы, лишая растущие здесь древесные породы необходимого количества снеговой воды. В продуваемой конструкции влагозапас в снеге составил всего 108 мм, тогда как в лесополосах ажурной и комбинированной конструкций он составил 151-154 мм или на 43-46 мм больше (на 41 % больше). В особо

ветренные и малоснежные зимы снег из продуваемых лесополос почти полностью выдувается, образуя влагозапас всего 15-25 мм.

Для улучшения аэродинамических свойств стокорегулирующих лесных полос с целью повышения их мелиоративной эффективности необходимо совершенствовать схемы смешения главных пород, кустарников и кустарничков.

Возможны следующие схемы смешения контурных стокорегулирующих лесных полос:

1. Двухрядная древесно-кустарниковая лесная полоса, состоящая из 2 рядов главной породы в сочетании с кустарником в рядах или один ряд представлен главной породой, а второй – кустарником. Ширина междурядий 3 м, размещение в ряду главной породы через 1-1,5 м, кустарника через 0,5 м.

2. Трехрядная древесно-кустарниковая лесная полоса; первый и третий ряды состоят из главной породы (возможно со смешением в ряду с кустар-

ником), второй ряд из кустарника или первый и третий ряды состоят из кустарника, а второй ряд – из главной древесной породы.

3. Четырехрядная древесно-кустарниковая лесная полоса, у которой первый и четвертый ряды состоят из главной породы, второй и третий – из кустарников или из смешения их с главной породой (через 2-3 кустарника). В этой полосе кустарники создают резервные дополнительные площади питания для устойчивости и долговечности главной породы в последующие годы.

4. Пятирядная древесно-кустарниковая полоса. Первый, третий и пятый ряды – из главных пород, в том числе первый и пятый – из березы, лиственницы, липы (возможно чередование в ряду с кустарником), третий ряд – из дуба черешчатого, второй и четвертый ряды – из кустарника. Эта перспективная схема для создания самой долговечной из стокорегулирующих лесных полос.

Стокорегулирующие лесные полосы комбинированной конструкции (в смешении с низкорослыми кустарниками) не только обеспечивают себя в достаточной степени снегом (влажгой), но и увеличивают площади питания для главной породы, по мере роста снимают внутривидовую конкуренцию за влагу, позволяя деревьям пропорционально развивать кроны и корневые системы [12], длительное время не производить трудоемкие рубки ухода (требуется только стрижка до определённой высоты кустарника), формировать пропорционально развитые деревья главной породы непосредственно с момента посадки. Кроме того, в лесополосе накапливается необходимое количество снега для предохранения почв от замерзания, что способствует повышению на порядок впитывающей способности почвы в ней.

При таком размещении деревьев и низкорослых кустарников в контурных стокорегулирующих полосах с первых лет жизни обеспечивается хорошая влагообеспеченность деревьев главных пород, их быстрый рост и устойчивость при засухах за счёт сохранённой кустарниками снеговой талой воды, а в последующие годы резервируется увеличенная площадь питания за счёт окружающих кустарников (расходуемых значительно меньше влаги на транспирацию), что обеспечивает равномерное развитие корневых систем и крон деревьев даже без рубок ухода.

Заключение. Глобальные непредсказуемые изменения климата, сложная социально-демографическая и продовольственная ситуация в мире и другие жизненно-важные проблемы, одной из которых является проблема обеспечения надёжной продовольственной безопасности в Российской Федерации, ставят перед аграрной наукой главную первоочередную цель – успешно обеспечить высокую продуктивность и стабильность нашего аграрного производства с использованием всех достижений отечественной и мировой науки, техники, технологий. В её успешном достижении важнейшая роль принадлежит лесному защитно-

мелиоративному кластеру с оптимизированной системой контурных стокорегулирующих лесных полос. В наших, чрезмерно техногенных, незащищённых от стихийных сил природы степных агроценозах ежегодные непродуктивные потери влаги достигают 50–65%. Многолетними исследованиями установлено, что оптимизированная система контурных стокорегулирующих лесополос коренным образом улучшает приходную часть годового водного баланса лесозащищённого агроландшафта за счёт сокращения непродуктивных потерь влаги (перенос и сублимация снега, поглощение поверхностного стока, уменьшение физического испарения и др.). Часть годовой сбережённой влаги порядка 110-170 мм на каждом лесозащищённом гектаре можно направить на повышение и стабилизацию производства сельскохозяйственной продукции. Важнейший показатель эффективности лесных полос – степень их контурности размещения на защищаемой территории. Предлагаемые новые комбинированные конструкции контурных стокорегулирующих лесных полос (с низкорослыми кустарниками) хорошо выполняют снегозащитные (снегосохраняющие), водопоглощающие (стокорегулирующие) и противоэрозионные функции, дают высокий общий ландшафтный синергетический эффект.

Литература:

1. Барабанов А.Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН. 2017. 188 с.
2. Барабанов А.Т., Панов В.И., Лапчук А.В. Оценка роли конструктивных контурных стокорегулирующих лесополос / Роль и место агроресомелиорации в современном обществе / сб. науч. тр. ВНИАЛМИ. Волгоград. 2007. С. 5-10.
3. Барабанов А.Т., Долгов С.В., Коронкевич Н.И., Панов В.И., Петелько А.И. Поверхностный сток и инфильтрация в почву талых вод на пашне в лесостепной и степной зонах восточно-европейской равнины // Почвоведение. 2018. № 1. С. 62-69.
4. Бялый А.М. Водный режим в севообороте на чернозёмных почвах Юго-Востока. – Л.: Гидрометеиздат. 1971. 231 с.
5. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь (1892). – М.-Л.: ОГИЗ. Сельхозгиз. 1936. 118 с.
6. Дюнин А.К. В царстве снега. Новосибирск: Наука. Сиб. отд. 1983. С.161 с.
7. Зонн С.В. Наши степи прежде и теперь (через 100 лет после экспедиции В.В. Докучаева) // Почвоведение. 1992. № 12. С. 5-12.
8. Козменко А.С. Основы противоэрозионной мелиорации. – М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. 1954. 424 с.
9. Козменко А.С. Борьба с эрозией почвы на сельскохозяйственных угодьях. – М. Изд-во сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов. 1963. 208 с.
10. Константинов А.Р. Испарение в природе. – Л.: Гидрометеиздат. 1968. 532 с.
11. Кочетов И.С., Барабанов А.Т., Гаршинёв Е.А. и др. Агроресомелиоративное адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов. ВНИАЛМИ. Волгоград. 1999. С. 84.
12. Кулик К.Н., Барабанов А.Т., Панов В.И. Оптимизация снегораспределения и влагообеспеченности в контурных

полезащитно-стокорегулирующих лесных полосах и в лесомелиорированных ландшафтах // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 2. С. 58–61.

13. Кулик К.Н., Барабанов А.Т., Панов В.И. Катастрофические засухи в степной европейской части России, их дендрохронологическая индикация и связь с цикличностью солнечной активности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2 (2). С. 438–443.

14. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: проявление засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство)» / Под ред. Р.Е.- Х. Эдельгериева. Т. 3. Авторский коллектив: Иванов А.Л., Донник И.М., Кулик К.Н., Беляев А.И., В.И. Панов и др. (190 авторов). – М.: 000 «Из-во МБА». 2021. 700 с.

15. Панов В.И. Основные факторы водопоглощения и методы активного воздействия на них с целью повышения водорегулирующей и противоэрозионной эффективности лесных полос / Сборник работ Поволжской АГЛЮС. Эрозия почв, защитное лесоразведение и урожай. Вып.7. Куйбышев. 1972. С. 160–171.

16. Панов В.И. Водный баланс и эрозия на чернозёмах степного Заволжья. Автореферат диссерт. на соиск. уч. ст. канд. географ. наук. М.: ИГАН СССР. 1975. 32 с.

17. Панов В.И. Синергетическое эрозиоландшафтоведение (теория и практика самоорганизации гидрологических и эрозионных процессов, рельефа и ландшафтов) / Материалы научно-практ. конферен. Волгоград: 17-19 октября 2011, г. Волгоград. ВНИАЛМИ. 2011. С. 231-240.

18. Панов В.И. Потери атмосферных осадков с незащищённых полей в степном засушливом субрегионе, их существенное снижение и стабилизация гидроресурсного потенциала земледелия созданием лесомелиоративных (лесоаграрных) бассейновых агроэколандшафтов / Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18. № 2 (2). С. 472–478.

19. Панов В.И. Лесной кластер (система контурных лесополос и других насаждений) в Докучаевском ландшафтно-синергетическом экологизированном агроприродопользовании (на примере чернозёмного степного Поволжья) / Международный научный журнал «Научные горизонты». 2021. № 5 (45). С. 83-103.

20. Панов В.И., Сурмач Г.П. Повышение водорегулирующей роли лесных полос при помощи гидротехники / Сб. работ Поволжской АГЛЮС «Эрозия почв, защитное лесоразведение и урожай». Вып. 8. – Куйбышев: Куйб. кн. изд-во. 1975. С. 68 - 84.

21. Сурмач Г.П. Водная эрозия и борьба с ней. Гидрометеиздат. Ленинград. 1976. 254 с.

DOI: 10.34736/FNC.2022.117.2.001.15-24

New Promising Multi-Purpose Designs of Runoff-Regulating Forest Belts for the Steppe Arid Belt of Russia

Valery I. Panov, K.G.N., senior researcher, e-mail: aglos163@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8489-9791 – Volga Agroforestry Experimental Station – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Samara region, Russia

Anatoly T. Barabanov, D.S-Kh.N., leader researcher, e-mail: a.barabanov2011yandex.ru
Head of the Soil Erosion Protection Laboratory, ORCID: 0000-0001-9945-654X –

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences» (FSC of Agroecology RAS),
e-mail: info@vfanc.ru, 400062, Universitetskiy Prospekt, 97, Volgograd, Russia

The object of the study is contour runoff-regulating forest belts in agroforestry landscapes on the chernozems of the Middle Volga region - the most important element of the forest protective and reclamation cluster, purposefully affecting the natural factors of the arid environment. The mechanism of runoff-regulating forest belts action, methods of their influence on steppe agrocenoses, on snow cover, soil freezing and their infiltration ability in spring, on elements of the water balance of meltwater, their water absorption and erosion processes, species composition of plantings, their stability, longevity and integral (synergetic) landscape-transforming effect were studied. Long-term studies were carried out by methods of water balance on runoff sites, experimental representative small catchments. Forest belts control and transform the air and water polyphase flows flowing in them with the participation of snow, ice crystals, soil dust, etc. They act as a high-altitude barrier in the surface atmosphere and a ground plane intercepting boundary, extinguish the velocities of air-water flows, neutralize their destructive and suspended energy, preserve atmospheric precipitation and loosened

soils in such protected forest-agrarian landscapes. The optimized system of forest belts reduces the amount of unproductive snow losses due to wind-blizzard demolition and sublimation in winter by 40-70 mm, and in the warm season, due to absorption of surface runoff and reduction of physical evaporation (together with adaptive agriculture) – by another 70-110 mm. The total annual hydro-synergetic effect reaches 110-170 mm. New (combined) designs of flow-regulating tree-shrub type forest belts with different variants of combination and placement of planting places of low-growing shrubs and trees of the main species are proposed and tested. These structures provide effective snow accumulation inside the forest belts (55-65 cm high and 140-165 mm moisture), preservation of the soil from deep freezing, its high absorbency in spring; increase the feeding areas of the main species; increase the stability and durability of forest belts.

Keywords: landscape principle, runoff-regulating forest belts, forest protective and reclamation cluster, agrocenosis, agricultural landscapes, water-absorbing boundary, anti-erosion effect, snow deposition, snow sublimation, water balance elements, unproductive

moisture loss, structures, forest belts

Received: 29.04.2022

Accepted: 14.06.2022

Translation of Russian References:

1. Barabanov A.T. *Eroзионно-гидрологическая оценка взаимодействия природной и антропогенной факторов формирования поверхностного стока талых вод в адаптивно-ландшафтное земледелие* [Erosive-hydrological assessment of the natural and anthropogenic factors interaction in the formation of surface runoff of meltwater and adaptive landscape agriculture]. Volgograd. FSC of agroecology RAS Publ. house, 2017. 188 p.

2. Barabanov A.T., Panov V.I., Lapchuk A.V. *Otsenka roli konstruktivnykh konturnykh stokoreguliruyushchikh lesopolos* [The role of constructive contour flow-regulating forest belts assessment] *Rol' i mesto agrolesomeliatsii v sovremennoy obshchestve* [The role and place of agroforestry in contemporary society]; compilation of scientific works of VNIALMI. Volgograd. 2007. pp. 5-10.

3. Barabanov A.T., Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Panov V.I., Petel'ko A.I. *Poverkhnostnyy stok i infil'tratsiya v pochvu talykh vod na pashne v lesostepnoj i stepnoj zonakh Vostochno-Evropejskoj ravniny* [Surface runoff and infiltration of meltwater into the soil on arable land in the forest-steppe and steppe zones of the East European plain] *Pochvovedenie* [Soil science]. 2018. 1. pp. 62-69.

4. Byalyj A.M. *Vodnyy rezhim v sevooborote na chernozyomnykh pochvakh Yugo-Vostoka* [Water regime in crop rotation on chernozem soils of the South-East]. Leningrad. 1971. 231 p.

5. Dokuchaev V.V. *Nashi stepi prezhde i teper'* [Our steppes before and now] (1892). Moscow-Leningrad. 1936. 118 p.

6. Dunin A.K. *V tsarstve snega* [In a realm of snow]. Novosibirsk, «Nauka» Publ. house. 1983. 161 p.

7. Sonn S.V. *Nashi stepi prezhde i teper' (cherez 100 let posle ekspeditsii V.V. Dokuchaeva)* [Our steppes before and now (100 years after the expedition of V.V. Dokuchaev)]. *Pochvovedenie* [Soil Science]. 1992. 12. pp 5-12.

8. Kozmenko A.S. *Osnovy protiverozionnoj melioratsii* [Fundamentals of anti-erosion reclamation]. Moscow. State Publishing House of Agricultural Literature. 1954. 424 p.

9. Kozmenko A.S. *Bor'ba s eroziyey pochvy na sel'skokhozyaystvennykh ugod'yakh* [The combating against soil erosion on agricultural lands]. Moscow. 1963. 208 p.

10. Konstantinov A.R. *Isparenie v prirode* [Evaporation in nature]. Leningrad. 1968. 532 p.

11. Kochetov I.S., Barabanov A.T., Garshinyov E.A. et al. *Agrolesomeliativnoe adaptivno-landshaftnoe obustroystvo vodosborov* [Agroforestry adaptive-landscape arrangement of catchments]. VNIALMI Publ. house. Volgograd. 1999. p 84.

12. Kulik K.N., Barabanov A.T., Panov V.I. *Optimizatsiya snegoraspredeleniya i vlogoobespechennosti v konturnykh polezashchitno-stokoreguliruyushchikh lesnykh polosakh i v lesomeliativnykh landshaftakh* [Optimization of snow distribution and moisture supply in contour protective-flow-regulating forest belts and in forested landscapes]. Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2012. 2. pp 58-61.

13. Kulik K.N., Barabanov A.T., Panov V.I. *Katastroficheskie*

zasukhi v stepnoj Evropejskoj chasti Rossii, ikh dendrokhronologicheskaya indikatsiya i svyaz' s tsiklichnost'yu solnechnoj aktivnosti [Catastrophic droughts in the steppe European part of Russia, their dendrochronological indication and connection with the cyclicity of solar activity]. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2016. Vol. 18. 2(2). pp. 438-443.

14. *Natsional'nyy doklad «Global'nyy klimat i pochvennyy pokrov Rossii: proyavlenie zasukhi, mery preduprezhdeniya, bor'by, likvidatsiya posledstvij i adaptatsionnye meropriyatiya (sel'skoe i lesnoe khozyajstvo)»* [National report «Global climate and soil cover of Russia: drought manifestation, prevention and control measures, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry)»]. Edited by R.E.- KH. Edel'geriev. Vol. 3. Team of authors: (190 authors). Moscow. 2021. 700 p.

15. Panov V.I. *Osnovnye faktory vodopogloshcheniya i metody aktivnogo vozdeystviya na nikh s tsel'yu povysheniya vodoreguliruyushchej i protiverozionnoj effektivnosti lesnykh polos* [The main factors of water absorption and methods of active influence on them in order to increase the water-regulating and anti-erosion efficiency of forest belts]. Compilation of works of the Volga AGLOS. Soil erosion, protective afforestation and harvest. Issue 7. Kuibyshev. 1972. pp 160-171.

16. Panov V.I. *Vodnyy balans i eroziya na chernozyomakh stepnogo Zavolzh'ya* [Water balance and erosion on the chernozems of the Steppe Volga region]. Abstract of dissert. for the degree of Candidate of Geographical Sciences. Moscow. 1975. 32 p.

17. Panov V.I. *Sinergeticheskoe eroziolandshtovvedenie (teoriya i praktika samoorganizatsii gidrologicheskikh i erozionnykh protsessov, rel'efa i landshaftov)* [Synergetic erosion landscape studies (theory and practice of self-organization of hydrological and erosive processes, relief and landscapes)]: Materials of the scientific and practical conference. Volgograd: October 17-19. 2011. pp. 231-240.

18. Panov V.I. Losses of atmospheric precipitation from unprotected fields in the steppe arid sub-region, their significant reduction and stabilization of the agriculture hydroresource potential by the creation of forest-reclamation (forest-agrarian) basin agroecolandscape. *Proceedings of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2016. Vol. 18. 2/2. pp. 472-478.

19. Panov V.I. *Lesnoj klaster (sistema konturnykh lesopolos i drugih nasazhdenij) v Dokuchaevskom landshaftno-sinergeticheskome ekologizirovannom agroprirodopol'zovanii (na primere chernozyomnogo stepnogo Povolzh'ya)* [Forest cluster (system of contour forest belts and other plantings) in Dokuchaevs landscape-synergetic ecologized agro-nature management (on the example of the chernozem steppe Volga region)]. *Scientific horizons*. 2021. 5(45). pp 83-103.

20. Panov V.I., Surmach G.P. Increasing the water-regulating role of forest strips with the help of hydraulic engineering. Collection of works of the Volga AGLOS «Soil erosion, protective afforestation and harvest». Kuibyshev: Issue 8. 1975. pp. 68-84.

21. Surmach G.P. *Vodnaya eroziya i bor'ba s ney* [Water erosion and the combating against it]. *Gidrometeoizdat*. Leningrad, 1976. 254 p.

Цитирование. Панов В.И., Барабанов А.Т. Новые перспективные многоцелевые конструкции стокорегулирующих лесных полос для степного засушливого пояса России // Научно-агрономический журнал. 2022. №2(117). С. 15-24. DOI: 10.34736/FNC.2022.117.2.001.15-24

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант. **Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Citation. Panov V.I., Barabanov A.T. New Promising Multi-Purpose Designs of Runoff-Regulating Forest Belts for the Steppe Arid Belt of Russia. *Scientific Agronomy Journal*. 2022. 2(117). pp. 15-24. DOI: 10.34736/FNC.2022.117.2.001.15-24

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.