СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-04

THEORETICAL JUSTIFICATION OF AGRICULTURAL FORESTRY OF ADAPTIVE LANDSCAPE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL LANDS (on the example of Limited Liability Company «Bolshoi Moretz» Elansky district of the Volgograd region)

A.T. Barabanov, A.V. Kulik

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation of the
Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia*

Received 17.08.2020

Submitted 25.11.2020

Summary

The article discusses the basic principles of adaptive landscape farming, which is based on an ecological framework of protective forest stands. The main stages of agroforestry development of the territory and creation of flow-regulating forest strips at the current level of knowledge about the patterns of formation of surface runoff of melt water are presented on the example of the pilot site.

Abstract

Introduction. To solve the problem of protecting lands from degradation, it is necessary to implement the principles of adaptive landscape agriculture, which allow regulating surface runoff, improving the water regime of soils, microclimatic conditions, suppressing erosion processes, and increasing the ecological and biological diversity of agroforestry landscapes. Our long-term studies of the erosion-hydrological process and the generalization of numerous literature data allowed us to establish the features of the formation of surface runoff and erosion processes, as well as to identify their regularities. Assessment of the impact of natural and anthropogenic factors and the effectiveness of runoff-regulating and anti-erosion measures made it possible to develop a system for managing degradation processes caused by water erosion of soils. Due to the fact that natural factors play a primary role in the formation of runoff, it is necessary to know the degree of anthropogenic impact on them for its regulation. The stock-regulating forest belts most effectively influence the natural factors of runoff through the functions of snow distribution, which, first of all, must be influenced taking into account the existing knowledge of the laws of snow deposition. The resulting developments formed the basis for the creation of a system of adaptive landscape farming, the basis of which is the soil protection organization of the territory and the agroforestry ecological frame. **Materials and methods.** Based on the generalization of long-term fundamental knowledge about the erosion-hydrological process and the formulated basic principles of adaptive landscape agriculture, a project was created for the arrangement of an experimental site located in the steppe zone on the southern chernozems of the northern part of the Volgograd region. The design was carried out using the topographic base M 1: 25000, satellite images, SRTM digital elevation model in Surfer and Global Mapper programs. **Results and conclusion.** The research was carried out on a site located in the north of the Volgograd region, within the boundaries of southern chernozems. The assessment of the territory using satellite images showed that, despite the small steepness of the slopes, the site is prone to erosion processes. The forming surface runoff leads to the formation of hollows and losses of soil fertility, which is compensated for by the costs of subsequent fertilization. The length of the slope from the watershed exceeds 3 km, which affects the intensity of soil degradation as a result of the removal of fine earth. Splitting the drain line into shorter sections will reduce losses. During agricultural use, in the spring, there is an alternation of different agrophones in the fields (plow - compacted arable land), therefore, in order to prevent the risk of the formation of surface melt water runoff, the most effective distance between erosion control lines under these conditions is 500 m. contributing to the absorption of up to 400 mm of melt water, as well as carrying out mechanized soil maintenance. The most effective design of forest belts, providing optimal snow accumulation in the field and inside the plantation, as well as reducing the flow of melt water is the combined one (patent 2248116). It is a four-row forest belt, in which the outer rows are represented by shrubs, and the two middle rows are tree species. The tracing of forest belts was carried out across the slope. When designing them, the main species were recommended - red oak (or

pedunculate) and green ash. They are distinguished by high stability, relative durability, and optimal aerodynamic properties. Shrubs (Douglas spirea and Japanese quince) were introduced to improve the efficiency of snow deposition. In all cases, the planting is ordinary; the distance in a row between trees is 1.5 m with alternating staggered oak and ash. 1.5m wide beads are created along the top and bottom rows. In the spring of 2018, stock-regulating forest belts were planted in accordance with the developed project. All the necessary cares were carried out during the year. An important link in the general network of agrotechnical methods is tillage, on which the quality of silvicultural work, survival, growth and further development of cultures.

Key words: runoff-regulating forest belts, erosion, deflation, slope, runoff, washout.

Citation. Barabanov A.T., Kulik A.V. Theoretical justification of agricultural forestry of adaptive landscape development of agricultural lands (on the example of Limited Liability Company «Bolshoi Moretz» Elansky district of the Volgograd region). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 47-59 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-04.

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.

УДК 634.93:551.4

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО
АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ОБУСТРОЙСТВА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ
(на примере ООО «Большой Морец» Еланского района Волгоградской области)**

А. Т. Барабанов, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

А. В. Кулик, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.08.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Актуальность. Для решения задачи защиты земель от деградации необходима реализация принципов адаптивно-ландшафтного земледелия, позволяющих зарегулировать поверхностный сток, улучшить водный режим почв, микроклиматические условия, подавить эрозионные процессы, повысить экологическое и биологическое разнообразие агролесоландшафтов. Наши многолетние исследования эрозионно-гидрологического процесса (ЭГП) и обобщение многочисленных литературных данных позволили установить особенности формирования поверхностного стока и эрозионных процессов, а также выявить их закономерности. Оценка влияния природных и антропогенных факторов и эффективности стокорегулирующих и противоэрозионных мероприятий позволила разработать систему управления деградационными процессами, обусловленными водной эрозией почв. В связи с тем что природные факторы играют первостепенное значение в формировании стока, необходимо для его регулирования знать степень антропогенного воздействия на них. Стокорегулирующие лесные полосы наиболее эффективно воздействуют на природные факторы стока через функции снегораспределения, на которые в первую очередь необходимо воздействовать учитывая имеющиеся знания закономерностей снегоотложения. Полученные разработки легли в основу создания системы адаптивно-ландшафтного земледелия, основой которой является почвозащитная организация территории и агролесомелиоративный экологический каркас. **Материалы и методы.** На основе обобщения многолетних фундаментальных знаний об эрозионно-гидрологическом процессе и сформулированных основных принципах адаптивно-ландшафтного земледелия создан проект обустройства опытного участка, расположенного в степной зоне на южных черноземах северной части Волгоградской области. Проектирование осуществлялось при использовании топографической основы М 1 : 25000, космоснимков, цифровой модели рельефа SRTM в программах Surfer и Global Mapper. **Результаты и заключение.** Исследования проведены на участке, расположенном на севере Волгоградской области, в границах южных черноземов. Оценка территории по

космическим снимкам показала, что, несмотря на небольшую крутизну склонов, участок подвержен эрозионным процессам. Формирующийся поверхностный сток приводит к образованию ложбин и потерям почвенного плодородия, которые компенсируются затратами при последующем внесении удобрений. Длина склона от водораздела превышает 3 км, что влияет на интенсивность деградации почв в результате выноса мелкозема. Расчленение линии стока на более короткие отрезки позволит сократить потери. При сельскохозяйственном использовании весной происходит чередование на полях разных агрофонов (зябь – уплотненная пашня), поэтому в целях предупреждения риска формирования поверхностного стока талых вод наиболее эффективное расстояние между противоэрозионными рубежами в данных условиях составляет 500 м. Лесополосы проектировались 4-рядные с междурядьями 3 м, способствующие поглощению до 400 мм талых вод, а также проведению механизированных уходов за почвой. Наиболее эффективной конструкцией лесополос, обеспечивающей оптимальное снегонакопление в полевой части и внутри насаждения, а также обеспечивающей снижение стока талых вод, является комбинированная (патент 2248116). Она представляет собой четырехрядную лесную полосу, в которой крайние ряды представлены кустарниками, а два средних ряда – древесными породами. Трассирование лесополос осуществлялось поперек склона. При их проектировании рекомендовались главные породы – дуб красный (или черешчатый) и ясень зеленый. Они отличаются высокой устойчивостью, относительной долговечностью, оптимальными аэродинамическими свойствами. Для улучшения эффективности снегоотложения вводили кустарники (спирея Дугласа и айва японская). Во всех случаях посадка рядовая, расстояние в ряду между деревьями 1,5 м с чередованием в шахматном порядке дуба и ясеня. Закрайки шириной 1,5 м создаются вдоль верхнего и нижнего рядов. Весной 2018 г. была осуществлена посадка стокорегулирующих лесополос согласно разработанному проекту. В течение года осуществлены все необходимые уходы. Важным звеном в общей сети агротехнических приемов является обработка почвы, от которой во многом зависит качество лесокультурных работ, приживаемость, рост и дальнейшее развитие культур.

Ключевые слова: *стокорегулирующие лесные полосы, эрозия почв, дефляция почв, снегораспределение, защитные лесные полосы, водная эрозия почв.*

Цитирование. Барабанов А. Т., Кулик А. В. Теоретическое обоснование агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства сельскохозяйственных земель (на примере ООО «Большой Морец» Еланского района Волгоградской области) *Известия НВ АУК.* 2020. 4(56). 47-59. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-04.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Защита почв от эрозии – очень сложная проблема современного земледелия [12, 13, 14]. По данным Г. П. Сурмача, в результате развития эрозионных процессов происходит потеря гумуса, ухудшаются водно-физические свойства почв и понижается их плодородие, что приводит к снижению урожая на слабосмытых почвах на 10-15 %, на среднесмытых – до 40 % и сильносмытых – до 60 %. При этом уменьшается экономический эффект и наносится существенный ущерб экологии. Борьба с эрозией является важной народнохозяйственной проблемой. Решение ее предполагает знание природы явления и теоретических основ управления эрозионно-гидрологическим процессом, влияния на него различных факторов и создание модели взаимодействия природных и антропогенных.

Сейчас проблема регулирования стока, борьбы с эрозией и деградацией почв очень актуальна. В Волгоградской области около 30 % сельскохозяйственных угодий подвержено водной эрозии. Площадь смытых почв на сельскохозяйственных угодьях составляет свыше 2,2 млн га, в том числе на пашне свыше 1,3 млн га. Процессам водной

эрозии подвержено 25 % территории области. Каждый год вместе с поверхностным стоком выносятся 20-40 млн т мелкозема, в котором содержится 60 тыс. т. гумуса и около 173 тыс. т минеральных веществ. Площадь оврагов, балок, разрушенных склонов, открытых песков превышает 3 млн га. Недобор растениеводческой продукции в результате этого составляет 1,1 млн т к. ед. в год [9]. Причинами таких потерь явились не только сложившиеся природно-климатические условия, но и характер использования земель, а также нерациональное природопользование, которое не обеспечивает сохранность и воспроизводство плодородия. В последнее время увеличиваются урожаи сельскохозяйственных культур за счет интенсификации производства. Применение современных технологий, агрохимии, новой техники оказывает большое отрицательное воздействие на агроэкосистемы и их устойчивость снижается.

Фундаментальные знания, характеризующие закономерности формирования поверхностного стока талых вод, позволяют по-новому подойти к разработке противоэрозионных технологий [16]. На их основе возможна разработка проектов агролесомелиоративного обустройства сельхозземель и высокоэффективных адаптивно-ландшафтных систем земледелия, обеспечивающих повышение продуктивности и сохранение плодородия почв.

Положительной тенденцией в последнее время отмечается озабоченность ряда руководителей фермерских хозяйств и предприятий сохранением земель, их плодородия и биопродуктивности для будущих поколений в рамках сложившегося сельскохозяйственного производства. Они переходят на новые методы мониторинга состояния земель с применением беспилотных летательных аппаратов, использование новых технологий, последних разработок в агрохимии, на применение новой техники и др. При этом отмечают важность создания агролесомелиоративных комплексов не только для борьбы с эрозией и дефляцией, но и для улучшения качества жизни сельского населения.

По инициативе академика РАН К. Н. Кулика, председателя Совета директоров группы предприятий «Содружество-регион» В. А. Банькина и генерального директора ООО «Большой Морец» С. Ю. Лихачева нами был разработан опытно-показательный проект агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства территории на землях ООО «Большой Морец». Целью настоящей работы было осуществление агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства территории, способствующего снижению эрозионных процессов и потери почвенного плодородия. Проект содержит научное обоснование, принципы и подходы к размещению лесополос, расчет расстояний между ними, определение их параметров (структура, ширина, рядность, породный состав, конструкция), технологию их создания и др.

Материалы и методы. Объектом исследований был участок «Антиповский» землепользования ООО «Большой Морец», расположенный в границах Еланского района на склоне северо-западной экспозиции длиной 3025 м и крутизной 0,5-1,0°. Эта территория является частью двух балочных водосборов (рисунок 1). Оценка его по космическим снимкам показала, что, несмотря на небольшую крутизну склонов на поверхности, отмечается наличие ложбин, по которым происходит концентрация поверхностного стока и вынос мелкозема.

Рисунок 1 – Схема размещения участка «Антиповский» и развитие на нем эрозионных процессов

Figure 1 – The layout of the site «Antipovskiy» and the development of erosion processes

Участок «Антиповский» расположен в умеренно-засушливой степной зоне и относится к северо-западному степному агроклиматическому району с гидротермическим коэффициентом 0,8-0,7. Особенностью климата является его резкая континентальность: зима – холодная; лето – жаркое, сухое. Среднегодовая сумма осадков 393 мм, которые большей частью выпадают в теплый период (250-330 мм), часть из них носит ливневый характер. Снежный покров устанавливается в декабре и удерживается в течение 90-95 дней. Период со среднесуточной температурой, превышающей 0°C, 148-165 дней. Сумма активных температур составляет 2700-2800 °C, что вполне достаточно для завершения цикла развития сельскохозяйственных культур.

Отрицательными факторами климата являются: неустойчивое увлажнение, низкая относительная влажность воздуха летом, ливневый характер выпадения осадков, периодические засухи, суховеи, сильные ветры и пыльные бури [2, 3]. Дефляционные ветры юго-восточного направления. Положительными факторами климата являются: длительный безморозный период, высокая сумма положительных температур. Все эти особенности климата определяют высокую долю в посевах зерновых культур.

Территория хозяйства входит в состав степного равнинно-волнистого черноземного района. Почвы на участке представлены черноземом южным слабогумусированным, маломощным, тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Почвы обладают высоким естественным плодородием, поэтому широко используются в производстве сельскохозяйственной продукции. На участке преобладает злаково-разнотравная ассоциация. Степная растительность встречается, главным образом, по склонам балок, а также на участках, непригодных или малоприспособленных по условиям рельефа к распашке. Древесная растительность представлена пойменными лесами и защитными лесополосами. В породном составе лесных полос большую долю занимают: дуб черешчатый, вяз

обыкновенный, вяз мелколистный, ясень зеленый, смородина золотистая. Анализ природно-климатических условий района показал, что они в целом благоприятны для возделывания большинства сельскохозяйственных культур, но в связи с интенсификацией земледелия усилились процессы эрозии, что привело к снижению плодородия почв, усилению последствий засух, суховеев и снижение урожая.

При агролесомелиоративном обустройстве участка был применен дифференцированный подход к каждому полю с учетом особенностей его микрорельефа, микроклимата, почвенного покрова, закономерностей стока, объемов смыва, гидрологического режима почвы и биоклиматического потенциала – одно из важнейших направлений современного почвозащитного адаптивно-ландшафтного землепользования.

Лесомелиоративные приемы обеспечивают расчленение склонов на гидрологически короткие отрезки специально устроенными рубежами, обеспечивающими поглощение, распыление и распределение больших масс вод поверхностного стока на этих рубежах и вдоль них с неразмывающими скоростями. Стокорегулирующие лесные полосы, кроме регулирования стока и сокращения эрозии, выполняют многофункциональную роль, обеспечивая регулирование ветрового режима, снегоотложения, микроклимата и др. Они способны при комбинировании с другими элементами системы земледелия обеспечить полное задержание или регулирование стока и снижение эрозии до безопасного уровня.

Для выполнения агролесомелиоративного обустройства были проведены изыскания с использованием плана землеустройства хозяйства и топокарты масштаба 1 : 25000. Основные этапы проектирования систем СЛП следующие:

- составление карты крутизны склонов, необходимой для расчета смыва почвы и определения местоположения лесных полос, которое осуществлялось на основе цифровой модели рельефа SRTM и программы Surfer [11];
- составление карты направлений стока необходимо для определения основных мест концентраций потоков воды, образовавшихся при формировании поверхностного стока талых и ливневых вод, осуществляется для обозначения оптимального размещения лесополос в границах водосбора;
- определение лесорастительных условий и подбор ассортимента древесных и кустарниковых пород – осуществлялся на основе изучения особенностей почвенного покрова и природно-климатических условий;
- расчет смыва почвы и расстояний между лесополосами определялся по методике Гаршинева Е. А. (2001), учитывающей характер использования земель, тип почвы и ее механический состав, степень смытости, длины склона, слоя поверхностного стока;
- размещение лесополос на водосборе – определялся на основе методики Гаршинева Е. А. (2001), учитывающей величины текущего смыва, которые не должны превышать допустимых значений;
- составление схемы размещения лесополос производился вручную на основе топографической основы М 1:25000 путем анализа подверженности территории эрозийным процессам, рекомендуемым расстояниям между лесополосами, направлению поверхностного стока, с использованием карт уклонов и смыва;
- подбор конструкций лесополос осуществлялся в зависимости от ожидаемых защитных функций. Ее формируют при создании путем подбора пород и в результате рубок ухода. Конструкции должны различаться в зависимости от назначения, места расположения на склоне и его крутизны и др. Для оптимального распределения снега нужна такая, которая хорошо распределяет снег на полях и накапливает в лесополосе, обеспечивая предотвращение промерзания почвы и потребности самого насаждения во влаге.

Результаты и обсуждение. Для решения задачи защиты земель от эрозии необходима реализация принципов адаптивно-ландшафтного земледелия. Его целью явля-

ется создание условий, при которых сохранялись бы природные ландшафты и совершенствовались аграрные ландшафты, обеспечивалась их высокая продуктивность и восстанавливались деградированные сельскохозяйственные земли.

В основу такого земледелия положен системный подход к созданию агроэкосистем. Он предполагает адаптацию сельскохозяйственной деятельности к природно-климатическим и эколого-экономическим условиям. Адаптивно-ландшафтное земледелие также направлено на получение экологичной продукции при сохранении ресурсного потенциала агротерритории и устойчивости агроэкосистем к деградационным факторам внешней среды [6, 8, 10]. Применяемые подходы позволяют уменьшить поверхностный сток и эрозию почв, улучшить микроклиматические условия.

Агролесомелиорация является основополагающим звеном адаптивно-ландшафтного земледелия. Наибольшая мелиоративная эффективность защитных лесных насаждений отмечается при их системном размещении на территории водосбора, являясь при этом основой для противозерозионной организации территории. Только после проектирования лесополос в их межполосном пространстве разрабатывают систему севооборотов, а также применяемую агротехнику. Лесонасаждения в агроландшафте выполняют не только мелиоративную роль, но и рекреационную и эстетическую, улучшая условия жизни сельского населения.

При проектировании, в зависимости от выполняемых функций, могут использоваться разные виды насаждений: полезащитные (ветроломные и стокорегулирующие), прибалочные, приовражные, насаждения в гидрографической сети, на пастбищных землях (кулисы, зеленые зонты) и пр. Ветроломные лесополосы рекомендуется размещать на подверженных дефляции землях и располагать их поперек направления господствующих дефляционно-опасных ветров. Стокорегулирующие лесные полосы размещают поперек склона или близко к горизонталям на склонах любой крутизны для сокращения поверхностного стока, смыва, выноса мелкозема и потери почвенного плодородия. Для предотвращения роста оврагов и их формирования по бровкам балок и оврагов создают прибалочные и приовражные лесополосы, усиливая их при необходимости гидротехническими сооружениями.

Стокорегулирующие лесные полосы обеспечивают расчленение склонов на гидрологически короткие отрезки специально устроенными рубежами, обеспечивающими поглощение, распыление и распределение больших масс вод поверхностного стока на этих рубежах и вдоль них с неразмывающими скоростями. Стокорегулирующие лесные полосы, кроме своего главного назначения – регулирования стока и сокращения или предотвращения эрозии, выполняют многофункциональную роль, обеспечивая регулирование ветрового режима, снегоотложения, микроклимата и др. Они способны в комплексе с простейшими гидротехническими сооружениями и другими элементами системы земледелия обеспечить полное задержание или регулирование стока и снижение эрозии до безопасного уровня.

Многолетние исследования позволили нам выявить факторы, на которые необходимо воздействовать, чтобы управлять эрозионно-гидрологическим процессом (ЭГП). Этими факторами являются снеготаласы, глубина промерзания и степень увлажнения почвы [1, 7]. Наибольшее влияние на сток талых вод оказывает глубина промерзания почв перед началом снеготаяния. Если промерзла на глубину, не превышающую 50 см, то сток не формируется. Глубина проникновения отрицательных температур напрямую зависит от характера снегоотложения, на который влияют защитные лесонасаждения. Увлажненность верхнего 0-50 сантиметрового слоя почвы является важным фактором, влияющим на формирование стока талых вод при глубоком промер-

зании почвы. От влажности почвы также зависит характер ее промерзания (ее льдистость). Предотвратить промерзание почвы в холодные зимы повсеместно невозможно. Регулируя снегоотложение, можно добиться предохранения почвы от промерзания по- лосно, что будет способствовать хорошему водопоглощению [5]. Важную роль в регу- лировании снегоотложения и промерзания почвы играет конструкция лесополос. В идеале нужна такая конструкция, при которой бы лесополоса способствовала опти- мальному снегораспределению на защищаемых полях как продуваемая, но и предохра- няла почву от промерзания, а также в достаточном объеме обеспечивала потребности деревьев во влаге. Для этого необходимо, чтобы высота снега в самом лесонасаждении к началу снеготаяния колебалась от 40 до 50 см.

Для обеспечения данных условий была разработана комбинированная (плотно- продуваемая) конструкция стокорегулирующей лесополосы (патент 2248116) [1]. При метелях практически весь снег (90 %) переносится в приповерхностном слое 0-10 см. Для его задержания на пути метели достаточно создать невысокую преграду (до 50 см), что- бы снизить высоту снежного вала в зоне верхнего шлейфа лесополосы. Остальной снег будет откладываться внутри насаждения и перераспределяться в межполосном простран- стве. Рекомендуемая конструкция лесополосы должна состоять из 2-3 рядов деревьев и одного или двух рядов низкорослых кустарников. По аэродинамическим свойствам она по профилю имеет разные характеристики: до 50 см соответствует особенностям плот- ной конструкции (путем подбора кустарника), от 50 до 150-200 см – продуваемой (под- бором древесных пород или обрезки сучьев), свыше 200 см – ажурной.

При натурном исследовании эффективности комбинированной конструкции ле- сополос установлено, что она обеспечивает наиболее равномерное снегоотложение в межполосном пространстве, способствует снижению глубины промерзания почвы как в поле, так и в самом насаждении, а также снижает сток талых вод.

В основе адаптивно-ландшафтного земледелия лежит оценка геоморфологиче- ских условий территории. При анализе составленной карты крутизны склонов участка «Антиповский» установлено, что поверхность его пологая (до 2°) (рисунок 2), но фор- мирующийся поверхностный сток на этой территории приводит к образованию ложбин и потерям почвенного плодородия, которое компенсируется затратами при последую- щем внесении удобрений. Длина линий тока достигает местами более 3 км. В этом же направлении увеличивается и сила потока, способствующая смыву.

Определение места стокорегулирующих лесополос и расстояний между ними осуществлялось на основе расчета возможной величины смыва почвы по методике Е. А. Гаршинова (2001). Размещение лесополос на склоне определялся следующими по- ложениями:

- 1) величина текущего смыва не должна превышать некоторого допустимого предела – допустимого смыва;
- 2) около каждой СЛП формируется вдоль верхней и нижней опушек так называ- емый пояс, в пределах которого темпы восстановления плодородия почвы превышают темпы смыва. Для рассматриваемой территории этот показатель равен 40 м;
- 3) сток и смыв всякий раз прерывается на рубеже лесополосы, в которой часть воды поглощается, а часть – отводится вдоль лесополосы;
- 4) если величина текущего смыва не достигает допустимой величины при рас- стояниях между лесополосами L_p , принятыми для «равнинных» условий ($L_p = 400$ м), то расстояние между лесополосами $L_{мп}$ определяется из неравенства $L_p \geq L_{мп} \geq L_c$; где L_c – рас- стояние между основными лесными полосами с учетом уменьшения дальности их ветроре- гулирующего влияния на склонах: $L_c = L_p(1-3tg\alpha_i^0)$, где α_i^0 – средняя крутизна склона между

верхней и нижней лесополосами i -го межполосного пространства (при $\alpha^\circ \geq 2^\circ$).

Рисунок 2 – Характеристика крутизны склонов исследуемого участка (a) и направления движения водных потоков при формировании поверхностного стока (b)

Figure 2 – Characteristics of the steepness of the slopes of the studied area (a) and the direction of water flows during the formation of surface runoff (b)

На основе карты крутизны склонов и расчетов смыва почв нами было определено местоположение 8-ми стокорегулирующих лесополос с расстояниями между ними 500 м (рисунок 3), которые размещены поперек склона близко к горизонталям. Такое расстояние между стокорегулирующими лесополосами обеспечивает снижение смыва до допустимого уровня – 2 т/га.

Второй параметр системы лесополос – их ширина – определяется многими факторами: стокорегулирующей способностью лесополос, необходимостью минимального отвода пашни под них, создания их оптимальной конструкции. Опыт показал, что для этих целей приемлемы 4-рядные лесополосы с междурядиями 3 м. Они обеспечивают поглощение до 400 мм талых вод, проведение механизированных уходов за почвой.

По последним исследованиям наиболее эффективная конструкция лесополос, обеспечивающая оптимальное снегонакопление в полевой части и внутри насаждения, а также обеспечивающая снижение поверхностного стока талых вод является комбинированная [2, патент 2248116]. В данном проекте она представляет собой четырехрядную лесную полосу, в которой крайние ряды представлены кустарниками, а два средних ряда – древесные породы (рисунок 4).

Рисунок 3 – Схема размещения стокорегулирующих лесополос

Figure 3 – Layout of runoff-regulating forest belts

Рисунок 4 – Схема размещения кустарников и древесных пород в лесополосах комбинированной конструкции

Figure 4 – Layout of shrubs and tree species in forest belts of the combined construction

Трассирование лесополос осуществлялось поперек склона. В качестве главных пород рекомендовались дуб черешчатый (или красный) и ясень зеленый, отличающиеся высокой устойчивостью, относительной долговечностью, хорошими аэродинамическими свойствами. Для повышения эффективности снегоотложения вводились кустарники: смородина золотистая, спирея Дугласа и айва японская. Во всех случаях посадка рядовая с междурядьями 3 м и расстоянием в ряду между растениями 1,5 м с чередованием в шахматном порядке деревьев дуба и ясеня. Закрайки шириной 1,5 м создаются вдоль верхнего и нижнего рядов.

Весной 2018 г. под руководством В. А. Банькина и С. Ю. Лихачева была осуществлена посадка стокорегулирующих лесополос согласно разработанному проекту. На создание системы стокорегулирующих лесных полос 8,5 га потребовалось 4800 шт. семян ясеня ланцетного (зеленого), 4800 шт. дуба черешчатого, 20 720 шт. кустарника. В течение года осуществлены все необходимые уходы. Успешное создание эффективных лесных насаждений возможно только при применении высокой агротехники. Важным звеном в общей сети агротехнических приемов является основная обработка почвы, от которой во многом зависит качество лесокультурных работ, приживаемость, рост и дальнейшее развитие культур.

Выводы. Фундаментальные теоретические и экспериментальные исследования особенностей формирования эрозионно-гидрологического процесса позволили выявить природные факторы, на которые можно воздействовать для сокращения поверхностного стока. Важнейшим природным фактором является глубина промерзания почвы, которую можно регулировать путем воздействия на характер снегоотложения с помощью стокорегулирующих лесных полос. Для достижения этих целей была рекомендована комбинированная конструкция лесополос, обеспечивающая за счет своих снегораспределительных функций снижение глубины промерзания почв в полевой и лесной части агролесоландшафта, а также сокращение стока талых вод.

Разработанная система адаптивно-ландшафтного обустройства территории, включающая создание серии карт с применением цифровой модели рельефа, анализа условий формирования поверхностного стока, подбора ассортимента древесно-кустарниковой растительности и пр., позволила создать проект обустройства агротерритории. Лесные полосы являются основой адаптивно-ландшафтного земледелия. Они позволяют формировать устойчивый агролесоландшафт, увеличивая его продуктивность при интенсивном сельскохозяйственном производстве.

Библиографический список

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. Беляков А. М., Кошелев А. В. О Деградации и дефляции почв Нижнего Поволжья // Эволюция и деградация почвенного покрова: сб. науч. ст. Ставрополь: ООО "СЕКВОЙЯ", 2017. С. 189-191.
3. Беляков А. М., Сарычев А. Н. Проявления дефляции почв в условиях Волгоградской области // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: матер. Междунар. науч.-практ. Интернет-конф., Солёное Займище, 29 февраля 2016 г. Солёное Займище, 2019. С. 721-727.
4. Влияние стокорегулирующих лесополос на природные факторы эрозионно-гидрологического процесса / А. Т. Барабанов, Р. Д. Балычев, А. В. Кулик, М. М. Кочкарь // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5(55). С. 24-27.

5. Жданов Ю. М., Барабанов А. Т., Балычев Р. Д. Создание конструкции лесополос, обеспечивающих оптимальное снегоотложение в них и на полях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1(37). С. 29-34.
6. Зеленев А. В., Беленков А. И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия. Волгоград: ВГСХА, 2018. 316 с.
7. Комиссаров М. А., Габбасова И. М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в южном Предуралье // Почвоведение. 2014. № 6. С. 734-774.
8. Панфилов А. В., Попов В. Г. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия и агролесомелиорации в степной и сухостепной зонах Поволжья // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2018. Т. 1. № 3. С. 217-222.
9. Стратегия развития защитного лесоразведения в Волгоградской области на период до 2025 года / К. Н. Кулик [и др.]. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 39 с.
10. Шабаев А. И. Избранные труды. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие. Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮВ», 2017. 648 с.
11. Юфеев В. Г., Юфеев М. В. Оценка эрозионного состояния агроландшафтов по космоснимкам // Научно-агрономический журнал. 2018. №1 (102). С. 26-28.
12. Якутина О. П., Нечаева Т. В., Смирнова Н. В. Плодородие почв склона, структура и качество урожая яровой пшеницы на юге Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2018. Т. 1. № 3. С. 126-142.
13. Lawson G., Dupraz C., Watté J. Can Silvoarable Systems Maintain Yield, Resilience, and Diversity in the Face of Changing Environments? // Agroecosystem Diversity: Reconciling Contemporary Agriculture and Environmental Quality. Elsevier Inc., 2019. P. 145-168. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00009-1>.
14. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. № 3(3). P. 443-463.
15. Shelterbelts: Design Guidelines for Farmyard, Field, Roadside, Livestock, Wildlife, and Riparian Buffer Plantings on the Prairies. Canada: Agroforestry Development Centre, 2010. 28 p.
16. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the east European plain / A. T. Barabanov, S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, V. I. Panov, A. I. Petelko // Eurasian Soil Science. 2018. V. 51. № 1. P. 66-72.

Conclusions. Fundamental theoretical and experimental studies of the features of the formation of the erosion-hydrological process have revealed natural factors that can be influenced to reduce surface runoff. The most important natural factor is the depth of soil freezing, which can be regulated by influencing the nature of snowmaking with the help of flow-regulating forest belts. To achieve these goals, a combined design of forest belts was recommended, which, due to its snow distribution functions, reduces the depth of soil freezing in the field and forest parts of the agroforest landscape, as well as reducing the surface runoff of meltwater.

Developed a system of adaptive-landscape land-use planning, including the creation of a series of maps using digital elevation model analysis for the formation conditions of surface runoff, selection of variety of trees and shrubs, etc., helped to create a development project agro-areas. Forest belts are the basis of adaptive landscape agriculture. They allow you to form a sustainable agroforest landscape, increasing its productivity with intensive agricultural production.

Reference

1. Barabanov A. T. Jerozionno-gidrologicheskaya ocenka vzaimodejstviya prirodnih i antropogennyh faktorov formirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod i adaptivno-landshaftnoe zemledelie. Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2017. 188 p.
2. Belyakov A. M., Koshelev A. V. O Degradacii i deflyacii pochv Nizhnego Povolzh'ya // Jevolyuciya i degradaciya pochvennogo pokrova: sb. nauch. st. Stavropol': ООО "SEKVOJYa", 2017. P. 189-191.

3. Belyakov A. M., Sarychev A. N. Proyavleniya deflyatsii pochv v usloviyakh Volgogradskoy oblasti // *Sovremennoe jekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodnopol'zovaniya: mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. Internet-konf., Solenoe Zajmische*, 29 fevralya 2016 g. Solenie Zajmische, 2019. P. 721-727.
4. Vliyanie stokoreguliruyuschih lesopolos na prirodnye faktory jerozionno-gidrologicheskogo processa / A. T. Barabanov, R. D. Balychev, A. V. Kulik, M. M. Kochkar' // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 5(55). P. 24-27.
5. Zhdanov Yu. M., Barabanov A. T., Balychev R. D. Sozdanie konstrukcii lesopolos, obespechivayuschih optimal'noe snegootlozhenie v nih i na polyah // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2015. № 1(37). P. 29-34.
6. Zelenev A. V., Belenkov A. I. Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya. Volgograd: VGSXA, 2018. 316 p.
7. Komissarov M. A., Gabbasova I. M. }roziya pochv pri snegotayanii na pologih sklonah v yuzhnom Predural'e // *Pochvovedenie*. 2014. № 6. P. 734-774.
8. Panfilov A. V., Popov V. G. Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya i agrolesomelioratsii v stepnoj i suhostepnoj zonah Povolzh'ya // *Jekologiya. Jekonomika. Informatika. Seriya: Sistemnyj analiz i modelirovanie jekonomicheskikh i jekologicheskikh sistem*. 2018. Vol. 1. № 3. P. 217-222.
9. Strategiya razvitiya zaschitnogo lesorazvedeniya v Volgogradskoy oblasti na period do 2025 goda / K. N. Kulik [i dr.]. Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2017. 39 p.
10. Shabaev A. I. Izbrannye trudy. Jeroziya pochv i adaptivno-landshaftnoe zemledelie. Saratov: FGBNU "NIISXYuV", 2017. 648 p.
11. Yuferev V. G., Yuferev M. V. Ocenka }rozionnogo sostoyaniya agrolandshaftov po kosmosnimkam // *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*. 2018. №1 (102). P. 26-28.
12. Yakutina O. P., Nechaeva T. V., Smirnova N. V. Plodorodie pochv sklona, struktura i kachestvo urozhaya yarovoj psheeny na yuge Zapadnoj Sibiri // *Pochvy i okruzhayushchaya sreda*. 2018. Vol. 1. № 3. P. 126-142.
13. Lawson G., Dupraz C., Watté J. Can Silvoarable Systems Maintain Yield, Resilience, and Diversity in the Face of Changing Environments? // *Agroecosystem Diversity: Reconciling Contemporary Agriculture and Environmental Quality*. Elsevier Inc., 2019. P. 145-168. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00009-1>.
14. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // *Agriculture*. 2013. № 3(3). P. 443-463.
15. Shelterbelts: Design Guidelines for Farmyard, Field, Roadside, Livestock, Wildlife, and Riparian Buffer Plantings on the Prairies. Canada: Agroforestry Development Centre, 2010. 28 p.
16. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the east European plain / A. T. Barabanov, S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, V. I. Panov, A. I. Petelko // *Eurasian Soil Science*. 2018. V. 51. № 1. P. 66-72.

Authors Information

Barabanov Anatoly Timofeyevich, chief scientific officer-head of the laboratory for soil protection from erosion Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, pr. Universitetsky, 97), doctor of agricultural sciences, barabanov-a@vfanc.ru

Kulik Anastasia Vladimirovna, senior researcher of the laboratory for soil protection from erosion Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, pr. Universitetsky, 97), candidate of agricultural sciences, kulik-a@vfanc.ru

Информация об авторах

Барабанов Анатолий Тимофеевич, главный научный сотрудник - заведующий лабораторией защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, barabanov-a@vfanc.ru

Кулик Анастасия Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, kulik-a@vfanc.ru