



Научная статья

УДК 630*116.64:631.432:631.559

doi: 10.55186/25876740_2024_67_6_708

ГИДРОМЕЛИОРАТИВНАЯ РОЛЬ АГРОЛЕСОЛАНДШАФТНОГО КОМПЛЕКСА НА СКЛОНАХ

С.А. Тарасов, А.А. Тарасов, И.В. Подлесных, А.В. Прущик, В.А. Вытовтов

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

Аннотация. В статье приведены результаты исследований, характеризующие влияние почвозащитного агролесоландшафтного комплекса на запасы влаги в метровом слое почвы и на урожайность культур на склоне. Исследования проведены в 2021–2023 гг. в стационарном опыте по контурно-мелиоративному земледелию Курского ФАНЦ в Медвенском районе Курской области в условиях двух водосборов с различным насыщением элементами противоэрозионной защиты. Установлено, что во все годы в период вегетации культур количество осадков было больше многолетней нормы и выпадали осадки неравномерно. В начале весенней вегетации запасы влаги были больше, чем после уборки урожая. В условиях высокой влагообеспеченности роль лесополос как накопителей влаги в почве проявилась только в 2022 г., который отличался меньшим количеством осадков. Гидромелиоративная роль лесополос проявилась в особенностях распределения почвенной влаги по элементам рельефа. На водосборе без лесополос за счет внутрипочвенного бокового стока большая часть влаги перемещалась в нижнюю часть склона. Лесополосы, усиленные водоулавливающей канавой и водоудерживающим валом, замедляли миграцию воды в нижнюю часть склона и обеспечивали более высокие запасы влаги непосредственно на склоне. В среднем за годы исследований на контрольном водосборе в средней части склона запасы влаги были на 11,2 мм меньше, и в нижней части склона — на 10,8 мм больше, чем на плакоре. На водосборе с лесополосами в средней части склона запасы влаги были лишь на 3,7 мм, и в нижней части склона на 1,0 мм меньше, чем на плакоре. Максимальная урожайность гречихи обеспечивалась на контрольном водосборе в нижней части склона. Урожайность ячменя больше была на водосборе с лесополосами в средней части склона.

Ключевые слова: агролесоландшафтный комплекс, лесополосы, осадки, запасы влаги, урожайность

Благодарности: исследование выполнено в рамках государственного задания ФБГНУ «Курский ФАНЦ» по теме № FZUW-2022-0002.

Original article

HYDRO-RECLAMATION ROLE OF AGROFORESTRY COMPLEX ON SLOPES

S.A. Tarasov, A.A. Tarasov, I.V. Podlesnykh, A.V. Prushchik, V.A. Vytovtov

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

Abstract. The article presents the results of studies characterizing the influence of the soil-protective agroforestry landscape complex on moisture reserves in a meter layer of soil and on crop yields on a slope. The research was carried out in 2021–2023 in a stationary experiment on contour-reclamation agriculture of the Federal Agricultural Kursk Research Center in the Medvensky district of the Kursk region in the conditions of two catchment area with different saturation with erosion control elements. It was established that in all years during the growing season of crops, the amount of precipitation was greater than the long-term norm and the precipitation fell unevenly. At the beginning of the spring growing season, moisture reserves were greater than after harvesting. In conditions of high moisture supply, the role of forest belts as moisture accumulators in the soil appeared only in 2022, which was characterized by less precipitation. The hydro-reclamation role of forest belts was manifested in the peculiarities of the distribution of soil moisture among relief elements. In a catchment without forest belts, due to intrasoil lateral flow, most of the moisture moved to the lower part of the slope. Forest belts, reinforced with a water-retaining ditch and a water-retaining shaft, slowed down the migration of water to the lower part of the slope and provided higher moisture reserves directly on the slope. On average, over the years of research in the control catchment in the middle part of the slope, moisture reserves were 11.2 mm less, and in the lower part of the slope — 10.8 mm more than in the upland. In the catchment with forest belts in the middle part of the slope, moisture reserves were only 3.7 mm, and in the lower part of the slope 1.0 mm less than on the upland. The maximum buckwheat yield was ensured in the control catchment in the lower part of the slope. Barley yield was higher in the catchment area with forest belts in the middle part of the slope.

Keywords: agroforestry landscape complex, forest belts, precipitation, moisture reserves, productivity

Acknowledgments: the research was carried out within the framework of the State tasks of FSBSI «Federal Agricultural Kursk Research Center» on topic No. FZUW-2022-0002.

Введение. Влага — один из факторов жизни растений, и оптимальный режим влагообеспеченности в период вегетации является одним из условий высокой продуктивности сельскохозяйственных культур. В регионах с недостаточным и неустойчивым увлажнением дефицит влаги часто является фактором, лимитирующим их урожайность. Отрицательное влияние недостатка влаги проявляется как при постоянном его дефиците в течение вегетации, так и в отдельные критические фазы роста и развития растений [1]. Установлена высокая зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от весенних запасов влаги в почве и от количества выпадающих осадков в определенные фазы развития растений [2].

Центрально-Черноземный регион относится к территории с неустойчивым естественным увлажнением, и здесь урожайность культур может снижаться из-за недостаточных запасов влаги в почве. В годы с относительно невысоким

количеством осадков и малым запасом воды, поступающей в почву после таяния снега, наибольший дефицит влаги проявляется именно на склоновых землях. Это объясняется не только наличием поверхностного стока и потерей талых и ливневых вод на склонах, но и особенностями распределения по почвенному профилю просочившейся влаги в зависимости от элементов рельефа. Здесь вода, поступившая в почву в результате вертикального стока, не задерживается и начинает постепенно перемещаться вниз по склону за счет бокового внутрипочвенного стока [3]. Поэтому следует ожидать, что в верхней и средней частях склона запасы влаги будут меньше в сравнении с подножием склона.

Результаты, подтверждающие данную гипотезу, получены Ю.М. Нестеренко [4], который отмечает, что в верхней части склонов часть воды, просочившаяся в корнеобитаемую зону почвы, в результате бокового внутрипочвенного стока аккумулируется в нижней части склона.

По данным И.В. Шориной и С.В. Макарычева [5], в годы с засушливыми условиями на черноземной почве в нижней части склона запасы влаги больше, и складывается более комфортная для растений водно-физическая ситуация в сравнении с верхней частью склона. Исследованиями Д.В. Митрофанова [6] установлено, что у подножия склона больше запасов влаги и подвижных питательных веществ, а также выше урожайность зерновых культур в сравнении с верхней и средней частями склона.

В связи с этим для регионов с недостаточным и неустойчивым увлажнением в условиях агроландшафтов со сложным рельефом актуальной для решения является проблема повышения запасов влаги непосредственно на склонах. Необходимо изыскивать способы равномерного распределения влаги по элементам рельефа и сохранения ее на склонах. Решение данной проблемы позволит не только повысить продуктивность возделываемых культур на склонах, но



и создавать более благоприятные условия для окультуривания подверженных водной эрозией (смытых) склоновых земель. Известно, что формирование высокой продуктивности сельскохозяйственных культур на склонах, в том числе и за счет снижения риска дефицита влаги, обеспечит большее поступление в почву органической массы корней и послеуборочных растительных остатков [7], что является одним из факторов окультуривания смытых почв [8].

Эффективным способом повышения содержания запасов влаги в почве на склонах являются лесные насаждения, в том числе и ползащитные лесополосы. Они являются не только элементами защиты почв на склонах от водной эрозии, но и средообразующим фактором, который многогранно влияет на формирование особого микроклимата в межполосном пространстве, в том числе и на водный режим почв. В сравнении с открытыми участками под пологом лесной растительности создаются более благоприятные условия для накопления и сохранения влаги. Установлено, что под массивами лесных насаждений запасы влаги в почве весной больше на 41,4 мм, летом — на 85,4 мм и осенью — на 84,4 мм, чем на открытых участках. Высокие запасы влаги под лесной растительностью формируются за счет большей высоты снежного покрова, исключения стока талых вод со склонов в результате лучшей инфильтрации в почву талых вод и снижения интенсивности испарения влаги из почвы под лесной подстилкой [9]. Лесополосы являются эффективным средством для накопления снега и равномерного его распределения в межполосном пространстве, в результате чего увеличиваются запасы влаги в почве и повышается урожайность сельскохозяйственных культур [10]. На склоновых землях лесополосы способствуют увеличению высоты снежного покрова и снижению глубины промерзания почвы, обеспечивают перевод поверхностного стока талых вод во внутрисочный сток. Таким образом, в агроландшафтах со сложным рельефом за счет лесополос обеспечивается не только эффективная защита почв от водной эрозии на склонах, но и накопление влаги в почвенном профиле [11].

Агроресомелиорация является мощным средообразующим фактором, который многогранно влияет на формирование микроклимата, оптимизацию почвенно-гидрологических условий выращивания сельскохозяйственных культур и на повышение экологической устойчивости агроландшафтов. Лесные насаждения в агроландшафтах обеспечивают повышение эффективности использования ресурсов естественного увлажнения почв, способствуют росту экономической эффективности растениеводческой отрасли сельскохозяйственного производства [12]. В настоящее время еще в недостаточной степени используется потенциал агроресомелиорации для стабилизации на оптимальном уровне и эффективного ведения производства растениеводческой продукции в агроландшафтах со сложным рельефом. Необходимо, чтобы лесная растительность в виде лесополос в большей мере использовалась на землях сельскохозяйственного назначения. Для эффективной борьбы с эрозией почв и обеспечения экологической устойчивости агроландшафтов О.В. Спесивый и Ф.Н. Лисецкий [13] предлагают в качестве лесомелиоративных мероприятий в системе землеустройства территорий Центрально-Черноземного региона создавать до 5,0% лесных насаждений от общей площади пашни в виде лесополос различного назначения.

Цель исследований — установить гидро-мелиоративную роль лесных полос как элемен-

тов противоэрозионного агроресомелиоративного комплекса в агроландшафтах со сложным рельефом.

Условия и методика исследований. Гидро-мелиоративную роль лесополос на склонах определяли в условиях 2021–2023 гг. в опыте по контурно-мелиоративному земледелию Курского ФАНЦ. Опытный участок расположен в Медвенском районе Курской области на тяжелосуглинистых черноземных почвах и представлен различными водосборами со сложным ложбинно-балочным рельефом со средней крутизной склонов в пределах 2,5°. В качестве контрольного варианта использовали водосбор без элементов противоэрозионной защиты. С ним сравнивали условия влагообеспеченности посевов и урожайности сельскохозяйственных культур, которые формировались на водосборе с противоэрозионной защитой в виде стокорегулирующих двухрядных лесополос. Узкорядные тополивые лесополосы произрастают на территории опытного участка с 1985 г. и размещены по диагоналям склонов различной экспозиции. На склоне расположены три лесополосы, расстояние между которыми в пределах склона вверх и вниз по его длине составляет 216 м. Конструктивной особенностью лесополос является наличие между рядами деревьев водоулавливающей канавы глубиной 1,5 м и шириной 2,0 м. В нижней опушке каждой лесополосы сформирован водоудерживающий вал, который, наряду с водоулавливающей канавой, предназначен для дополнительного усиления ее противоэрозионной эффективности.

Пашня в пределах каждого водосбора на всех элементах рельефа использовалась под сельскохозяйственными культурами. В 2021 г. опытные участки засевали гречихой, в 2022 г. ячменем и в 2023 г. снова возделывали гречиху. Для оценки влияния элементов рельефа на влагообеспеченность посевов запасы влаги в метровом слое почвы определяли на плакоре, а также в средней и нижней частях склона. Отбор образцов почвы для определения влажности проводили в начале весенней вегетации культур и после уборки урожая. На всех водосборах влажность почвы и уровень урожайности культур определяли на склоне западной экспозиции. Влажность почвы по вариантам опыта определяли стандартным методом сушки, урожайность культур — в процессе уборки зерноуборочным комбайном. Все показатели учитывали в трехкратной повторности

с последующей обработкой экспериментальных данных статистическим методом дисперсионного анализа. Количество выпавших осадков в годы проведения исследований определяли по данным метеорологического поста, который организован на опытном поле.

Результаты исследований. Основные запасы влаги в почвенном профиле формируются за счет инфильтрации талых вод и вод выпадающих осадков. Расход влаги из почвы происходит в результате водопотребления растениями и испарения. В Центрально-Черноземном регионе в период летней вегетации культур дождевые осадки являются основным источником пополнения запасов влаги в почве. В годы исследований количество осадков различалось, и выпадали они крайне неравномерно, особенно в условиях 2023 г. (рис. 1).

Гречиха относится к влаголюбивым культурам и требовательна к влагообеспеченности во все фазы роста и развития, кроме созревания, когда 70% и более плодов сформировались и готовы к уборке. Тем не менее наиболее критическим в отношении влагообеспеченности считается период от цветения до плодообразования, который у гречихи, как культуры с незавершенным типом роста, достаточно растянут [14]. В условиях 2021 г. в мае осадков выпало больше многолетней месячной нормы, и после посева культуры создавались благоприятные условия по влагообеспеченности для прорастания семян. В июне и июле в период цветения и плодообразования гречихи количество выпадающих осадков было в пределах многолетней месячной нормы, или близким к многолетней норме, их недостаток не проявлялся. В условиях 2023 г. в мае осадков было мало, запас влаги в почве для прорастания семян обеспечивался за счет талых вод и апрельских осадков. В июне осадков выпало чуть больше многолетней месячной нормы, и в июле количество осадков было чрезмерным — в пределах 2,5 многолетних месячных норм.

В отличие от гречихи, ячмень достаточно экономно расходует влагу из почвы в процессе формирования урожая. Однако из-за слабо развитой корневой системы урожайность ячменя в значительной степени зависит от погодных условий, он плохо переносит дефицит влаги в весенний период [15]. Особенно требовательны посевы ячменя к влагообеспеченности в фазе выхода в трубку до колошения. В условиях 2022 г. на посевах ячменя в апреле и мае, то есть в начале

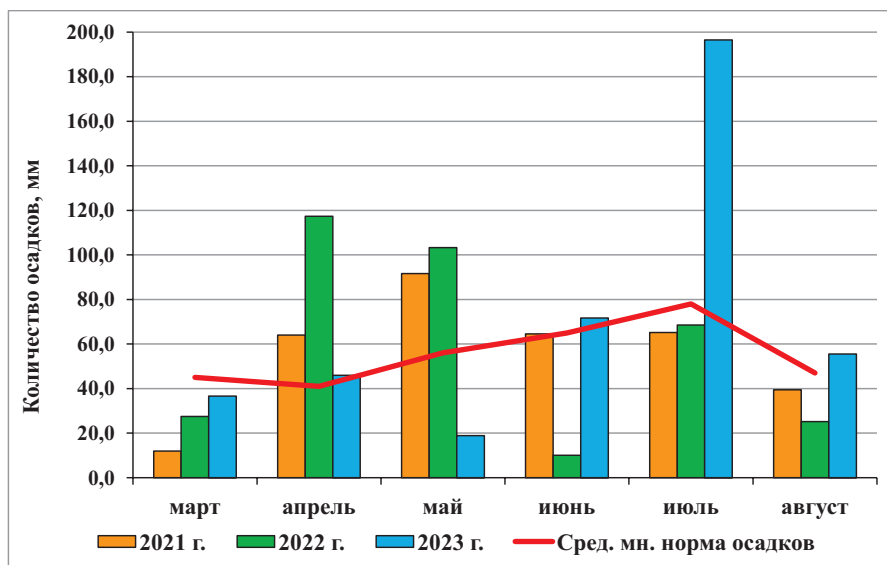


Рисунок 1. Осадки в годы исследований
Figure 1. Precipitation during the years of research



весенней вегетации культуры, осадков выпало намного больше многолетней месячной нормы. В июне осадков было мало, тем не менее, в фазе выхода в трубку предварительно выпавшие осадки обеспечивали достаточно высокие запасы влаги в почве. В июле количество осадков было близким к многолетней месячной норме.

Для оценки в годы исследований вклада осадков в формирование запасов влаги в почве оценивали их количество с марта до даты первого определения, приуроченного к периоду начала весенней вегетации культур, а также в промежутке времени от начала вегетации культур до периода, когда запасы влаги определяли после уборки урожая. Анализ показывает, что большая часть выпадающих осадков приходилась на период от начала весенней вегетации культур до уборки урожая (рис. 2).

В 2021 г. с марта по август выпало 336,5 мм осадков, из них за первый выделенный интервал времени, то есть с марта до даты первого определения запасов влаги в почве (17 мая), количество осадков составило 152,7 мм, и в период от 18 мая до 30 августа (после уборки урожая гречихи) осадков выпало 183,8 мм.

Количество осадков в 2022 г. и их распределение по выделенным периодам было близким к условиям, которые сложились в 2021 г. За исследуемый период выпало 326,9 мм осадков, что на 9,6 мм меньше, чем в 2021 г. С марта до даты весеннего определения запасов влаги в почве на посевах ячменя (5 мая) выпало 144,9 мм осадков, и в период с 6 мая по 2 августа (после уборки ячменя) их количество составило 182,9 мм. В целом во все годы исследований количество выпавших осадков за период вегетации возделываемых культур было больше многолетней нормы.

В 2023 г. в период до первого определения запасов влаги в почве выпало 83,2 мм осадков, что намного меньше, чем в условиях 2021 и 2022 гг. Тем не менее общее количество выпавших осадков составило 406,6 мм, и основное их количество (323,4 мм) выпало в промежуток от весеннего определения запасов влаги в почве на посевах гречихи (19 мая) до определения запасов влаги в послеуборочный период (19 августа). Следует ожидать, что в условиях 2023 г. в начале вегетации гречихи запасы влаги в почве будут меньше, и после уборки урожая больше, чем в 2021 и 2022 гг., что подтвердилось данными, полученными в эксперименте (табл. 1).

Запасы доступной влаги по вариантам опыта различались в зависимости от количества выпадающих осадков в годы исследований, а также в зависимости от элементов рельефа и водосборов с различным насыщением элементами противозерозионной защиты. Установлено, что в 2021 г. в среднем по вариантам опыта в начале вегетации гречихи запасы влаги в метровом слое почвы составили 294,3 мм и после уборки урожая — 188,1 мм. В условиях 2022 г. в начале вегетации ячменя запасы влаги составили 298,5 мм и после уборки урожая — 208,1 мм. В 2023 г. в начале вегетации гречихи было 279,0 мм влаги в метровом слое почвы и после уборки урожая — 231,2 мм (табл. 1).

Несмотря на то, что во второй половине вегетации культур количество выпадающих осадков в годы исследований было больше, чем в первой половине их вегетации, тем не менее, после уборки урожая запасы влаги в почве были существенно меньше в сравнении с началом их вегетации. Различие по запасам влаги между началом вегетации культур и после уборки урожая в 2021 г. составило 106,2 мм, в 2022 г. — 90,4 мм, и в 2023 г. — 47,8 мм. Полученные результаты

объясняются тем, что за счет более развитой вегетативной массы культур во второй половине вегетации увеличивается расход влаги на формирование урожая, а также тем, что в Центрально-Черноземном регионе в летние месяцы расход влаги из почвы на транспирацию и испарение всегда больше количества влаги, поступающей с атмосферными осадками [16].

Следует отметить, что во все годы исследований на всех изучаемых водосборах не было поверхностного стока талых вод и не проявлялись процессы водной эрозии почв. Запасы влаги в метровом слое почвы, сформированные за счет инфильтрации талых вод и осадков, во все годы были относительно высокие. На этом фоне влияние лесных полос на увеличение запасов влаги в почве в условиях соответствующего водосбора, в сравнении с контрольным водосбором, заметно проявилось лишь в условиях 2022 г. В 2021 г. в среднем по вариантам опыта на

водосборе с лесными полосами и на водосборе без элементов противозерозионной защиты запасы влаги в метровом слое почвы были практически одинаковыми (на водосборе с лесными полосами меньше лишь на 1,4 мм). В 2022 г. на водосборе с лесными полосами, также в среднем по вариантам опыта, запасы влаги были на 8,8 мм больше в сравнении с запасами влаги на водосборе без элементов противозерозионной защиты. В условиях 2023 г. запасы влаги в почве на изучаемых водосборах в среднем по вариантам опыта также, как и в 2021 г., были практически одинаковыми (на водосборе с лесными полосами запасы влаги были больше лишь на 2,0 мм). Очевидно, что в засушливые годы влагонакопительная роль лесных полос проявилась более выражено, о чем свидетельствуют экспериментальные данные по запасам влаги в почве, которые получены в 2022 г., характеризующимся самым низким количеством выпадающих осадков.

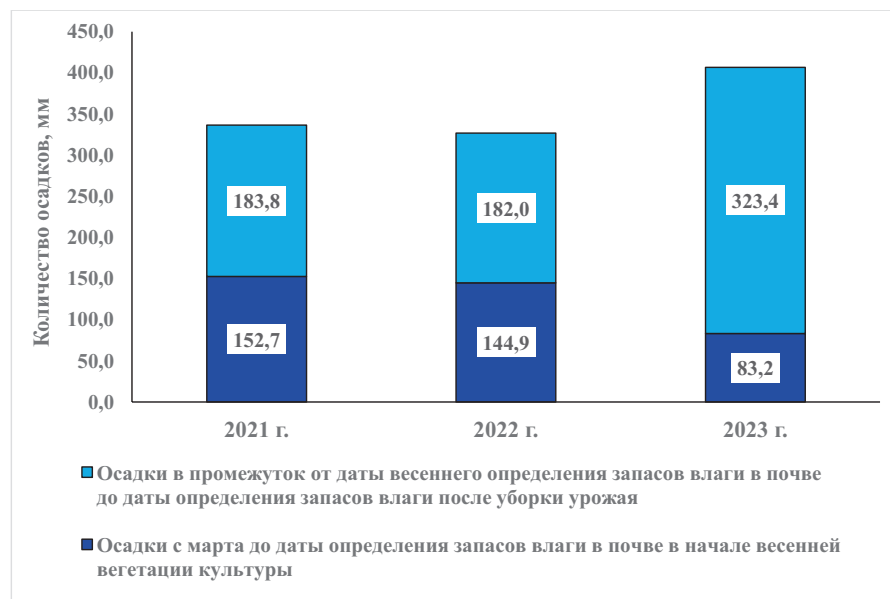


Рисунок 2. Количество осадков до первого определения запасов влаги в почве и в период от первого определения до конца вегетации культур

Figure 2. Amount of precipitation before the first determination of moisture reserves in the soil and in the period from the first determination to the end of the crop growing season

Таблица 1. Запасы влаги на водосборе с агролесоландшафтным комплексом по элементам рельефа и срокам определения показателя в слое 0-100 см
Table 1. Moisture reserves in a catchment with an agroforestry landscape complex by relief elements and timing of determination of the indicator in the 0-100 cm layer

Водосбор (фактор А)	Элементы рельефа (фактор В)	Срок определения показателя (фактор С)	Запасы влаги, мм		
			2021 г.	2022 г.	2023 г.
Без противозерозионных элементов (контроль)	Плакор	Начало вегетации	301,2	307,5	273,6
		После уборки урожая	181,9	194,3	233,8
	Середина склона	Начало вегетации	287,4	287,8	255,9
		После уборки урожая	180,1	188,7	225,1
	Низ склона	Начало вегетации	303,4	305,3	290,1
		После уборки урожая	202,2	209,9	246,2
С лесными полосами	Плакор	Начало вегетации	283,8	302,1	288,9
		После уборки урожая	191,4	223,8	226,0
	Середина склона	Начало вегетации	292,5	296,1	274,5
		После уборки урожая	184,1	219,6	227,2
	Низ склона	Начало вегетации	297,2	292,3	291,1
		После уборки урожая	188,7	212,0	228,8
НСР ₀₅ фактора А			1,4	1,5	3,0
НСР ₀₅ фактора В			1,7	1,8	3,7
НСР ₀₅ фактора С			1,4	1,5	3,0
НСР ₀₅ для частных различий			3,4	3,6	7,4



Тем не менее гидромелиоративная роль лесных полос в агроландшафтах со сложным рельефом проявилась при детальной оценке их влияния на распределение запасов влаги по элементам рельефа. Установлено, что во все годы исследований на водосборе без элементов противоэрозионной защиты наиболее высокие запасы влаги в метровом слое почвы были в нижней части склона, меньше — на плакоре, и самые низкие — в средней части склона. Однако на водосборе с лесными полосами такая закономерность проявляется не во все годы, но если и проявляется, то различия по запасам влаги между нижней и средней частями склона заметно меньше, чем на водосборе без элементов противоэрозионной защиты.

В 2021 г. на водосборе с лесными полосами на плакоре запасы влаги в метровом слое почвы в среднем по срокам определения показателя составили 241,6 мм, в средней части склона они были на 12,8 мм меньше, и в нижней части склона — на 11,2 мм больше. В условиях водосбора с лесными полосами в этом году на плакоре запасы влаги были 237,6 мм, в средней части склона практически такие же (больше лишь на 0,7 мм), и в нижней части склона больше, чем на плакоре, на 5,4 мм.

В 2022 г. на плакоре водосбора без элементов противоэрозионной защиты запасы влаги в среднем по срокам определения составили 250,9 мм, в средней части склона они были меньше на 12,6 мм, и в нижней части склона — больше на 6,7 мм. На плакоре водосбора с лесными полосами запасы доступной влаги составили 263,0 мм, в средней части склона они были меньше на 5,1 мм, и в нижней части склона меньше на 10,8 мм.

В условиях 2023 г. прослеживается примерно такая же закономерность по влиянию стокорегулирующих лесных полос на распределение запасов влаги по элементам рельефа, как и в предыдущие годы. На плакоре водосбора без элементов противоэрозионной защиты запасы влаги в метровом слое почвы также в среднем по срокам определения составили 253,7 мм, в средней части склона они были меньше на 13,2 мм, и в нижней части склона — больше на 14,5 мм. На плакоре водосбора с лесными полосами запасы влаги составили 157,5 мм, в средней части склона они были меньше на 6,6 мм, и в нижней части склона — больше на 9,1 мм.

В среднем за годы исследований на водосборе с лесными полосами запасы влаги были на 2,5 мм больше в сравнении с контрольным водосбором без элементов противоэрозионной защиты. В условиях контрольного водосбора в средней части склона запасы влаги в метровом слое почвы были на 11,2 мм меньше, и в нижней части склона — на 10,8 мм больше, чем на плакоре. На водосборе с лесными полосами с средней части склона запасы влаги были лишь на 3,7 мм, и в нижней части склона — на 1,0 мм меньше, чем на плакоре.

Полученные в эксперименте результаты свидетельствуют о том, что стокорегулирующие лесные полосы, как элементы противоэрозионного агроландшафтного комплекса, способствуют снижению интенсивности внутрипочвенного бокового стока просочившейся в почвенную толщу воды, в результате которого она может перемещаться в нижнюю часть склона. Поэтому на водосборе с лесными полосами больше влаги остается в пределах склонового пространства, что снижает риск дефицита влаги в почве на склонах, в отличие от водосборов без лесных полос. Следует отметить, что стокорегулирующие лесные полосы, усиленные для противоэрозионного эффекта водоулавливающей канавой

и водоудерживающим валом, могут быть рекомендованы для использования на склоновых землях с целью снижения риска проявления чрезмерных паводков на равнинном пространстве, так как не только снижают поверхностный сток талых вод, но и способствуют удержанию просочившейся в почву воды в пределах склона.

Влияние противоэрозионного агроландшафтного комплекса на урожайность сельскохозяйственных было неоднозначным, зависело от условий года и возделываемых культур. Тем не менее в годы возделывания гречихи ее урожайность на водосборе с лесными полосами оказалась ниже, чем на водосборе без элементов противоэрозионной защиты. В условиях 2021 г. на контрольном водосборе в среднем по элементам рельефа урожайность гречихи составила 1,42 т/га, на водосборе с лесными полосами она была ниже на 0,46 т/га (табл. 2).

Такая же закономерность проявилась и при возделывании гречихи в условиях 2023 г. На водосборе без элементов противоэрозионной защиты урожайность гречихи в среднем по элементам рельефа составила 1,41 т/га, однако на водосборе с лесными полосами она была ниже на 0,15 т/га. Оценка влияния элементов рельефа на урожайность гречихи показала, что на всех водосборах наиболее высокая урожайность культуры была получена в нижней части склона. В 2021 г. на водосборе без элементов противоэрозионной защиты в нижней части склона урожайность была на 0,20 т/га, и на водосборе с лесными полосами — на 0,17 т/га больше, чем на плакоре. В 2023 г. на контрольном водосборе в нижней части склона урожайность гречихи была больше на 0,38 т/га, и на водосборе с лесными полосами больше на 0,45 т/га в сравнении с плакором.

Самая низкая урожайность гречихи, за некоторым исключением, была в средней части склона. В 2021 г. на контрольном водосборе в средней части склона урожайность культуры была на 0,29 т/га, и на водосборе с лесными полосами — на 0,19 т/га меньше, чем на плакоре. В условиях 2023 г. только на водосборе с лесными полосами урожайность гречихи в средней части склона была на 0,27 т/га меньше в сравнении с плакором. На водосборе без элементов противоэрозионной защиты в средней части склона урожайность оказалась выше, чем на плакоре на 0,09 т/га.

Гречиха является культурой, требовательной к элементам минерального питания. Поэтому снижение ее урожайности в средней части склона и повышение в нижней части склона можно объяснить миграцией подвижных элементов минерального питания с внутрипочвенным боковым стоком вниз по склону [3]. Снижение урожайности гречихи на водосборе с лесными полосами в сравнении с контрольным водосбором очевидно, связано с формированием в межполосном пространстве более мощной вегетативной массы растений в ущерб формированию генеративных органов.

В отличие от гречихи, на водосборе с лесными полосами урожайность ячменя была существенно выше, чем на контрольном водосборе без элементов противоэрозионной защиты. В условиях 2022 г. на контрольном водосборе в среднем по элементам рельефа урожайность ячменя составила 4,19 т/га, на водосборе с лесными полосами она была выше на 1,05 т/га. При оценке влияния элементов рельефа на урожайность ячменя установлено, что на контрольном водосборе наиболее высокой (4,46 т/га) она была на плакорном участке, в средней части — ниже на 0,25 т/га, и самая низкая урожайность в нижней части склона — ниже, чем на плакоре на

Таблица 2. Урожайность культур на водосборе с агроландшафтным комплексом в зависимости от элементов рельефа
Table 2. Productivity of crops in a catchment area with an agroforestry landscape complex depending on the relief elements

Водосбор (фактор А)	Элементы рельефа (фактор В)	Урожайность, т/га		
		2021 г.	2022 г.	2023 г.
Без противоэрозионных элементов (контроль)	Плакоре	1,45	4,46	1,25
	Середина склона	1,16	4,21	1,34
	Низ склона	1,65	3,90	1,63
С лесными полосами	Плакоре	0,97	5,29	1,20
	Середина склона	0,78	5,71	0,93
	Низ склона	1,14	4,71	1,65
НСР ₀₅ фактора А		0,03	0,07	0,04
НСР ₀₅ фактора В		0,04	0,08	0,05
НСР ₀₅ для частных различий		0,06	0,12	0,07

0,56 т/га. В условиях водосбора с лесными полосами также самая низкая урожайность ячменя была в нижней части склона — на 0,58 т/га меньше, чем на плакоре. Полученные результаты можно объяснить тем, что ячмень менее требователен к элементам минерального питания в сравнении с гречихой, однако отрицательно реагирует на повышенную влажность почвенного профиля. Наибольшая урожайность ячменя в условиях водосбора с лесными полосами оказалась в средней части склона — на 0,42 т/га выше, чем на плакоре.

Выводы.

1. За счет талых вод и осадков в начале весенней вегетации запасы влаги в метровом слое почвы выше, чем после уборки урожая, несмотря на большее количество осадков, выпадающих во второй половине вегетации культур.

2. В условиях достаточного увлажнения, при количестве осадков выше многолетней нормы, слабо проявляется роль лесополос как накопителей влаги в почве.

3. Гидромелиоративная роль узких стокорегулирующих лесополос, усиленных водоулавливающей канавой и водоудерживающим валом, как элемента противоэрозионного агроландшафтного комплекса, проявляется в том, что они снижают интенсивность внутрипочвенного бокового стока в нижнюю часть склона просочившейся в почву воды и обеспечивают более высокие запасы почвенной влаги непосредственно в пределах склона.

4. Урожайность гречихи на водосборе с лесополосами ниже, чем на контрольном водосборе за счет формирования модной вегетативной массы в ущерб генеративных органов. Наиболее высокая урожайность гречихи, как влаголюбивой культуры и требовательной к элементам минерального питания, на всех водосборах обеспечивается в нижней части склона, и минимальная — в средней части склона.

5. На водосборе с лесополосами в среднем по элементам рельефа обеспечивалась урожайность ячменя на 1,05 т/га больше, чем на контрольном водосборе без элементов противоэрозионной защиты. Ячмень отрицательно реагирует на избыточную влажность почвы и менее требователен к элементам питания, чем гречиха. На контрольном водосборе максимальная урожайность ячменя формировалась в условиях плакорного участка, и на водосборе с лесополосами — в средней части склона.





Список источников

- Капустина Т.А., Цекоева Ф.К., Бочкарева А.И. Анализ влияния природной влагообеспеченности на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях Северного Кавказа // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 11. С. 24-27.
- Серебряков В.Ф. Роль весенних запасов продуктивной влаги и атмосферных осадков в формировании урожая озимой пшеницы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 63-67.
- Пакшина С.М., Гордеенко А.А. Исследование связи между вертикальным внутрипочвенным стоком влаги и аккумуляцией элементов питания в серых лесных почвах в осенне-зимне-весенний период // Агротехнический вестник. 2013. № 6. С. 41-43.
- Нестеренко Ю.М. Влияние рельефа на режим влаги почв сельскохозяйственных угодий Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (78). С. 15-18.
- Шорина И.В., Макарычев С.В. Особенности водного режима на склоновых землях и пути его регулирования // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 9 (191). С. 48-54.
- Митрофанов Д.В. Влияние погодных условий, основной обработки почвы, продуктивной влаги и питательных веществ на урожайность зерновых культур // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 12-23. doi: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-12-23
- Sukhoveeva, O.E. (2022). Input of organic carbon in soil with post-harvest crop residues. *Eurasian Soil Science*, vol. 55, no. 6, pp. 810-818. doi: 10.1134/S1064229322060126
- Петелько А.И. Эффективность ускоренного окультуривания смывых почв // Природообустройство. 2015. № 1. С. 16-18.
- Кравченко А.Н. Запасы влаги в почве и ее водопроницаемость на склонах при залесении балок // Плодородие. 2009. № 6. С. 47-48.
- Михин Д.В., Михин В.И., Кругляк В.В. Полезащитное лесоразведение Воронежской области // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 79. С. 353-367.
- Барabanov А.Т. Роль и место агролесомелиорации в адаптивно-ландшафтном земледелии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 2 (38). С. 22-31.
- Кундиус В.В. Роль агролесомелиорации в повышении экологической устойчивости и экономической эффективности агроландшафтов // Природообустройство. 2010. № 4. С. 92-95.
- Спесивый О.В., Лисецкий Ф.Н. Оценка интенсивности и нормирование эрозионных потерь почвы в Центрально-Черноземном районе на основе бассейнового подхода // Региональные геосистемы. 2014. Т. 27. № 10 (181). С. 125-132.

Информация об авторах:

- Тарасов Сергей Анатольевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1246-3494>, sergejtarasov1989@mail.ru
- Тарасов Анатолий Алексеевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0714-1418>, tarasovaa46@mail.ru
- Подлесных Игорь Вячеславович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4848-8685>, podlesnich_igor@rambler.ru
- Прущик Анастасия Викторовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9010-5548>, model-erosion@mail.ru
- Витовтов Владимир Алексеевич**, старший научный сотрудник лаборатории моделирования и защиты почв от эрозии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3098-5053>, v.a.vitovtov@mail.ru

Information about the authors:

- Sergey A. Tarasov**, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1246-3494>, sergejtarasov1989@mail.ru
- Anatoly A. Tarasov**, candidate of agricultural sciences, associate professor, senior researcher of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0714-1418>, tarasovaa46@mail.ru
- Igor V. Podlesnykh**, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4848-8685>, podlesnich_igor@rambler.ru
- Anastasia V. Prushchik**, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9010-5548>, model-erosion@mail.ru
- Vladimir A. Vitovtov**, senior researcher of the laboratory of modelling and soil erosion protection, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3098-5053>, v.a.vitovtov@mail.ru

14. Стебаков В.А., Наумкин В.Н., Драп И.И. Гречиха в условиях биологизации земледелия Центрально-Черноземного региона // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 6. С. 45-48.

15. Акименко А.С., Свиридов В.И., Долгополова Н.В., Дудкина Т.А., Вавин В.Г. Урожайность ячменя в условиях Центрального Черноземья в зависимости от уровня удобренности и степени биологизации в севооборотах // Земледелие. 2022. № 6. С. 3-7. doi: 10.24412/0044-3913-2022-6-3-7

16. Шитиков Н.В., Пигорев И.Я. Снегозадержание и формирование водного режима сельскохозяйственных земель Центрального Черноземья России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 39-47.

References

- Kapustina, T.A., Tsekoeva, F.K., Bochkareva, A.I. (2016). Analiz vliyaniya prirodnoi vlagoobespechennosti na urozhainost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v usloviyakh Severnogo Kavkaza [Analysis of influence of natural moisture provision on crop yield under conditions of the North Caucasus]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], vol. 30, no. 11, pp. 24-27.
- Serebryakov, V.F. (2013). Rol' vesennikh zapasov produktivnoi vlagi i atmosferynykh osadkov v formirovanii urozhaya ozimoi pshenitsy [The role of spring reserves of productive moisture and precipitation in the formation of winter wheat harvest]. *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education], no. 4 (32), pp. 63-67.
- Pakshina, S.M., Gordeenko, A.A. (2013). Issledovanie svyazi mezhdu vertikal'nym vnutripochvennym stokom vlagi i akumuliyatsiei ehlementov pitaniya v serykh lesnykh pochvakh v osenne-zimne-vesennii period [Study of connection between transient inwardly soil vertical flow of water and accumulation of nutrients in grey forest soils in autumn for spring sowing]. *Agrokhimicheskii vestnik* [Agrochemical herald], no. 6, pp. 41-43.
- Nesterenko Yu.M. (2019). Vliyaniye rel'efa na rezhim vlagi pochv sel'skokhozyaistvennykh ugodii Yuzhnogo Urala [Influence of relief on moisture regime of farm land soils in the Southern Urals]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia Orenburg State Agrarian University], no. 4 (78), pp. 15-18.
- Shorina, I.V., Makarychev, S.V. (2020). Osobennosti vodnogo rezhima na sklonovykh zemlyakh i puti ego regulirovaniya [The features of the water regime on slope lands and ways of its regulation]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], no. 9 (191), pp. 48-54.
- Mitrofanov, D.V. (2023). Vliyaniye pogodnykh uslovii, osnovnoi obrabotki pochvy, produktivnoi vlagi i pitatel'nykh veshchestv na urozhainost' zernovykh kul'tur [The influence of weather conditions, basic tillage, productive moisture and nutrients on the yield of grain crops]. *Agrarnyi vestnik Urals* [Agrarian bulletin of the Urals], no. 08 (237), pp. 12-23. doi: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-12-23
- Sukhoveeva, O.E. (2022). Input of organic carbon in soil with post-harvest crop residues. *Eurasian Soil Science*, vol. 55, no. 6, pp. 810-818. doi: 10.1134/S1064229322060126
- Petel'ko, A.I. (2015). Effektivnost' uskorennoy okul'turivaniya smytykh pochv [Effectiveness of the accelerated improvement of washout soils]. *Prirodobuystroystvo* [Environmental engineering], no. 1, pp. 16-18.
- Kravchenko, A.N. (2009). Zapasy vlagi v pochve i ee vodopronitsaemost' na sklonakh pri zalesenii balok [Soil water reserves under ravine afforestation and the water permeability of soils on slopes]. *Plodorodie* [Fertility], no. 6, pp. 47-48.
- Mikhin, D.V., Mikhin, V.I., Kругляк, V.V. (2012). Polezashchitnoye lesorazvedeniye Voronezhskoi oblasti [Field-protective afforestation of Voronezh region]. *Politematicheskii setevoi ehlektronnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University], no. 79, pp. 353-367.
- Barabanov, A.T. (2015). Rol' i mesto agrolesomeliioratsii v adaptivno-landshaftnom zemledelii [The role and place of agroforestry in adaptive landscape agriculture]. *Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of Nizhnevolskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education], no. 2 (38), pp. 22-31.
- Kundiys, V.V. (2010). Rol' agrolesomeliioratsii v povyshenii ehkologicheskoi ustoychivosti i ehkonomicheskoi ehkektivnosti agrolandshaftov [The role of agricultural afforestation in increasing ecological stability and economic efficiency of landscapes]. *Prirodobuystroystvo* [Environmental engineering], no. 4, pp. 92-95.
- Spesiviy, O.V., Lisetskii, F.N. (2014). Otsenka intensivnosti i normirovaniye ehrozionnykh poter' pochvy v Tsentral'no-Chernozemnom raione na osnove basseynovogo podkhoda [Estimate of the intensity and regulation of erosion soil losses in central chernozem region Central Black region based on the basin approach]. *Regional'nye geosistemy* [Regional geosystems], vol. 27, no. 10 (181), pp. 125-132.
- Stebakov, V.A., Naumkin, V.N., Драп, И.И. (2012). Grechikha v usloviyakh biologizatsii zemledeliya Tsentral'no-Chernozemnogo regiona [Buckwheat in the conditions of biologization of agriculture in the Central Black region]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], no. 6, pp. 45-48.
- Akimenko, A.S., Sviridov, V.I., Dolgopolova, N.V., Dudkina, T.A., Vavin, V.G. (2022). Urozhainost' yachmenya v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya v zavisimosti ot urovnya udobrennosti i stepeni biologizatsii v sevooborotakh [The yield of barley under the conditions of the central chernozem region, depending on the level of fertilization and the degree of biologization in crop rotations]. *Zemledeliye*, no. 6, pp. 3-7. doi: 10.24412/0044-3913-2022-6-3-7
- Shitikov, N.V., Pigorev, I.Ya. (2022). Snegozaderzhanie i formirovaniye vodnogo rezhima sel'skokhozyaistvennykh zemel' Tsentral'nogo Chernozem'ya Rossii [Snow retention and formation of water regime of agricultural land in the Central Chernozemia of Russia]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], no. 3, pp. 39-47.