

Стокорегулирующая роль березовых лесных полос

А. В. ПРУЩИК, Ю. О. РУБАНИК, Е. В. ДОРОШЕНКО

Курский Федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70б, Курск, 305021, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью изучения влияния березовых лесных полос, расположенных на склоне, на задержание стока во время выпадения ливней. Работу выполняли в 2021–2024 гг. в Курской области. Почва – чернозем выщелоченный (*Chernozems leached*) среднемощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках. Исследования проводили на эрозионно-опасных пахотных склонах полярных экспозиций двух водосборов, на которых расположены водорегулирующие лесные полосы ажурно-продуваемой конструкции. Лесные полосы однопородные, представлены березой бородавчатой (*Betula pendula*), посаженной в 3 ряда на склоне южной экспозиции и в 2 ряда – на склоне северной экспозиции. Впитывающую способность почвы в лесных полосах и на прилегающих полях определяли методом дождевания стоковых площадок с использованием портативной лабораторно-полевой установки. Для двух водорегулирующих березовых лесных полос при проведении физического моделирования дождя отмечена одинаковая, в пределах погрешности определения, равновесная интенсивность впитывания – $1,01 \pm 0,02$ мм/мин. Кривые интенсивности впитывания влаги почвой лесных полос в зависимости от эрозионного индекса дождя имели двухступенчатую форму, отличающуюся от кривых интенсивности впитывания в полевых условиях. Лесная подстилка может дополнительно удерживать до 371 ± 53 % стекающей воды от своей массы, независимо от экспозиции склона. Равновесная интенсивность впитывания почвы в березовой лесной полосе, расположенной на склоне южной экспозиции, выше, чем в поле в 3,5 раза, а на склоне северной экспозиции – в 3,8 раза. По результатам прогнозирования смыв почвы на склоне северной экспозиции с водорегулирующей двухрядной лесной полосой будет ниже допустимого значения: 0,8 т/га на склоне до лесной полосы и 1,5 т/га – внизу склона.

Ключевые слова: эрозия почвы, береза бородавчатая (*Betula pendula*), лесные полосы, впитывающая способность, лесная подстилка, смыв почвы.

Сведения об авторах: А. В. Прущик, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: model-erosion@mail.ru); Ю. О. Рубаник, аспирант, младший научный сотрудник (e-mail: j.r.97@mail.ru); Е. В. Дорошенко, инженер-исследователь (e-mail: doroshenkoelizabeth@yandex.ru).

Для цитирования: Прущик А. В. Рубаник Ю. О., Дорошенко Е. В. Стокорегулирующая роль березовых лесных полос // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38. № 8. С. 4–8. doi: 10.53859/02352451_2024_38_8_4

The runoff-regulating role of birch forest belts

A. V. Prushchik, Yu. O. Rubanik, E. V. Doroshenko

Federal Agricultural Kursk Research Center, ul. Karla Marksa, 70b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. The study aimed to investigate the effect of birch forest belts located on a slope on runoff retention during heavy rainfall. The work was carried out in 2021–2024 in the Kursk region. The soil was leached chernozem, medium-deep, heavy loamy on loess-like loams. The studies were carried out on erosion-hazardous arable slopes of polar exposures of two catchments, on which water-regulating forest belts of an openwork-blown design were located. The forest belts were single-species, represented by warty birch (*Betula pendula*), planted in 3 rows on the southern slope and in 2 rows on the northern slope. The absorption capacity of the soil in the forest belts and in the adjacent fields was determined by sprinkling the runoff areas using a portable laboratory and field setup. For two water-regulating birch forest belts, the same equilibrium absorption rate, within the determination error, was observed during physical modelling of rain: 1.01 ± 0.02 mm/min. The curves of the soil absorption rate of forest belts depending on the erosion index of rain had a two-stage shape, differing from the absorption rate curves in the field. Forest leaf litter can additionally retain up to 371 ± 53 % of runoff water from its mass, regardless of the slope exposure. The equilibrium soil absorption rate in the birch forest belt located on the southern slope was 3.5 times higher than in the field, and on the northern slope – 3.8 times. According to the forecast results, soil erosion on the northern slope with a water-regulating two-row forest belt will be below the permissible value: 0.8 t/ha on the slope before the forest belt and 1.5 t/ha – at the bottom of the slope.

Keywords: soil erosion; silver birch (*Betula pendula*); forest belts; absorption capacity; forest litter; soil loss.

Author Details: A. V. Prushchik, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: model-erosion@mail.ru); Yu. O. Rubanik, post graduate student, junior research fellow (e-mail: j.r.97@mail.ru); E. V. Doroshenko, research engineer (e-mail: doroshenkoelizabeth@yandex.ru).

For citation: Prushchik AV, Rubanik YuO, Doroshenko EV [The runoff-regulating role of birch forest belts]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2024;38(8):4–8. Russian. doi: 10.53859/02352451_2024_38_8_4

Ускоренная эрозия почвы оставляет разрушительные последствия для окружающей среды, ведущие к потере жизненно важных источников пищи для людей и животных [1, 2]. Из-за глобального потепления климата в последние десятилетия фиксируется увеличение числа экстремальных погодных условий [3, 4].

Значительное количество исследований посвящено изучению стока и смыва почв при снеготаянии [5, 6, 7]. Однако в современных условиях в Российской Федерации отмечается увеличение количества осадков в теплое время года. В результате, по данным некоторых исследователей [8], смыв почвы при снеготаянии в 14 раз ниже, чем от выпадения ливней. Для территории Белгородской области рассчитанный потенциальный среднегодовой смыв почвы составил 3,5 т/га [9], что превышает допустимые значения потерь для черноземов [10].

Землеустройство сельскохозяйственных угодий на основе адаптивно-ландшафтной системы земледелия представляет собой эффективный механизм борьбы с водной эрозией почв, учитывающий особенности

ландшафта, динамику изменения климата, создающий оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур [11]. Лесные полосы играют важную роль в регулировании стока воды на сельскохозяйственных угодьях, они обеспечивают снижение скорости течения поверхностных вод, что предотвращает эрозию почвы и обеспечивает сохранение ее плодородного слоя. Благодаря своей структуре и корневым системам деревья задерживают воду в почве, повышая её влагоудерживающие свойства. Лесные полосы сглаживают экстремальные колебания температуры и влажности, что благоприятствует стабильному росту сельскохозяйственных культур, поддержанию баланса в природной среде и укреплению устойчивости агроэкосистем [12].

Почва в лесной полосе характеризуется более высокой влагоемкостью и водопроницаемостью, по сравнению с пашней, а наличие лесной подстилки позволяет дольше сохранять влагу от испарения [7, 12]. Стокорегулирующая роль лесных полос, расположенных на склонах, зависит от свойств почвы, например, содержания общего

гумуса, плотности, влажности и впитывающей способности. Оценить эффективность водорегулирующих лесных полос можно несколькими способами: закладкой и проведением длительных стационарных наблюдений на постоянных стоковых площадках; применением различных эмпирических или физически обоснованных математических моделей, позволяющих разрабатывать прогнозы и рассчитывать вероятный смыв почвы в конкретных условиях водосбора, поля; использованием физического моделирования, имитирующего выпадение ливневых осадков разной интенсивности.

Цель исследований – изучение влияния березовых лесных полос ажурно-продуваемой конструкции, расположенных на склоне, на задержание стока во время выпадения ливней.

Условия, материалы и методы. Работу выполняли на эрозионноопасных пахотных склонах двух водосборов с характерными для Центрально-черноземного региона элементами рельефа в 2021–2024 гг. (Медвенский район, Курская область). На каждом склоне расположена водорегулирующая лесная полоса ажурно-продуваемой конструкции из березы бородавчатой (*Betula pendula*), высаженной в 1975 г. в три ряда на склоне южной экспозиции и в два ряда – на склоне северной экспозиции поперек склона с уклоном 3°.

Расстояние между деревьями в двухрядной лесной полосе составляет 2,3 м, средний их диаметр – 0,23±0,04 м, высота – 16,2±0,5 м, в трехрядной лесной полосе величины этих показателей составляли соответственно 2,3 м, 0,24±0,04 м и 16,5±0,5 м. Состояние древостоя в обеих лесополосах удовлетворительное. Напочвенный покров лесных полос составляют в основном такие злаковые травы с мочковатой корневой системой, хорошо структурирующие почву, как, мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), овсяница луговая (*Festuca elatior* L.), полевица обыкновенная (*Agrostis capillaris* L.), встречаются единичные экземпляры подмаренника цепкого (*Galium aparine* L.), зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum*).

Почва – чернозем выщелоченный (Chernozems leached) среднемощный тяжелосуглинистый на лёссовидных суглинках. Содержание гумуса в почве (0...20 см) под лесными полосами, расположенными на склоне южной экспозиции составляло 5,63±0,03 %, на северной – 5,54±0,05 %.

Отбор почвенных образцов проводили в междурядье деревьев и на прилегающих к ним полях на расстоянии от лесной полосы 16 м (одна высота дерева). Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом, плотность – методом режущих колец по Н. А. Качинскому.

Впитывающую способность почвы под лесными полосами определяли методом дождевания стоковых площадок [13]. Перед проведением физического моделирования дождя лесную подстилку убирали. Физическое моделирование дождя осуществляли с использованием портативной лабораторно-полевой дождевальной установки (патент на полезную модель РФ № 184625, 01.11.2018) [13]. Интенсивность дождя составляла 1,60±0,03 мм/мин. Дождь монодисперсный с диаметром капли 3,99 мм. Высота падения дождя – 1 м.

При проведении дождевания измеряли интенсивность дождя за 1 минуту в начале и в конце эксперимента в десятикратной повторности. Фиксировали время начала стока. Определяли установившуюся скорость впитывания и значение интенсивности впитывания в динамике, для этого каждую минуту проводили замер

проб стекающей с поверхности воды. Температура воздуха, воды и почвы во время эксперимента – 17,5 °С.

Для определения впитывающей способности почвы отбирали почвенные монолиты шириной 0,25 м и глубиной – 0,20 м. Отбор образцов для сравнительного анализа проводили в один день для каждой серии экспериментов. Повторность трехкратная. Впитывающую способность почвы определяли по уравнению (1) [14]:

$$K = K_{cr} + (K_{cr} - K_{\infty}) \exp[-\alpha \left(\frac{A(t)}{A_{cr}} - 1 \right)], \quad (1)$$

где K – впитывающая способность почвы, мм/мин; K_{cr} – критическая скорость впитывания, при которой начинается сток, мм/мин; K_{∞} – установившаяся скорость впитывания, мм/мин; $\exp$ – экспоненциальная функция; α – калибровочный параметр, безразмерный; A – эрозийная характеристика дождя, Дж/м²; A_{cr} – критическое значение A , при достижении которого начинается сток, Дж/м². Значение K_{cr} соответствует значению A_{cr} .

Для оценки впитывающей способности почвы использовали значение установившейся интенсивности впитывания. При сравнении интенсивности впитывания между вариантами во время проведения эксперимента использовали эрозионный индекс (AI). Этот показатель учитывает кинетическую энергию дождевых осадков за определённый период максимальной интенсивности их выпадения [15], поэтому он более информативен.

Эрозионный индекс (AI , т·м/га) определяли следующим образом (2) [15]:

$$AI = 2,3 \times 10^4 A, \quad (2)$$

После замены в уравнении (1) A на AI его можно использовать для естественных дождей.

Влагоемкость лесной подстилки определяли по методу Н. Ф. Созыкина. В лесной полосе ненарушенную подстилку переносили на сито, транспортировали в лабораторию, высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали. Далее проводили дождевание в течение 5, 10 и 15 минут с постоянной интенсивностью дождя, а затем подвергали намачиванию в течение 24 ч для определения полной влагоемкости. Повторность определений десятикратная. Процесс физического моделирования дождя для определения влагоемкости лесной подстилки аналогичен, как и для почвенных монолитов.

Для расчетов смыва почвы на склоне с березовыми лесными полосами использовали математическую модель водной эрозии [15], на основании которой было разработано два прогноза для склона северной экспозиции. В условиях первого (вариант 1) двухрядная лесная полоса отсутствовала, во втором проводили расчеты с ее учетом. Обработка почвы и выращиваемые культуры для обоих прогнозов были одинаковыми. Использовали следующий набор культур: подсолнечник (*Helianthus annuus*), кукуруза на зерно (*Zea mays*), соя (*Glycine max*) и озимая пшеница (*Triticum aestivum*). Время прогнозирования – 20 лет, шаг – 1 год.

Результаты и обсуждение. Интенсивность дождя при проведении его физического моделирования в лесных полосах была одинаковой (в пределах погрешности). Начало стока в трехрядной лесной полосе, расположенной на склоне южной экспозиции, фиксировали на 0,5 мин. раньше (табл. 1).

Влажность и плотность почвы в слое 0...20 см в монолитах, отобранных в лесных полосах, расположенных на склонах северной и южной экспозиции, различались не существенно. Можно принять, что состояние почвы перед проведением процесса дождевания было одина-

Таблица 1. Характеристика состояния почвы и искусственного дождя в эксперименте с монолитами, отобранными в водорегулирующих березовых лесных полосах

Характеристика дождевания	3-рядная	2-рядная
Интенсивность дождя, мм/мин	1,59±0,03	1,56±0,04
Влажность почвы, %	26,84±0,61	24,67±1,30
Плотность почвы, г/см ³	1,03±0,04	0,98±0,03
Начало стока, мин	1,5	2,0

ковым. Равновесного впитывания для обеих изучаемых лесных полос достигали через 15 минут после начала выпадения дождя (рис. 1).

ского моделирования дождя для определения влагоемкости лесной подстилки получили прямую зависимость ее увеличения от времени дождевания. Максимальное

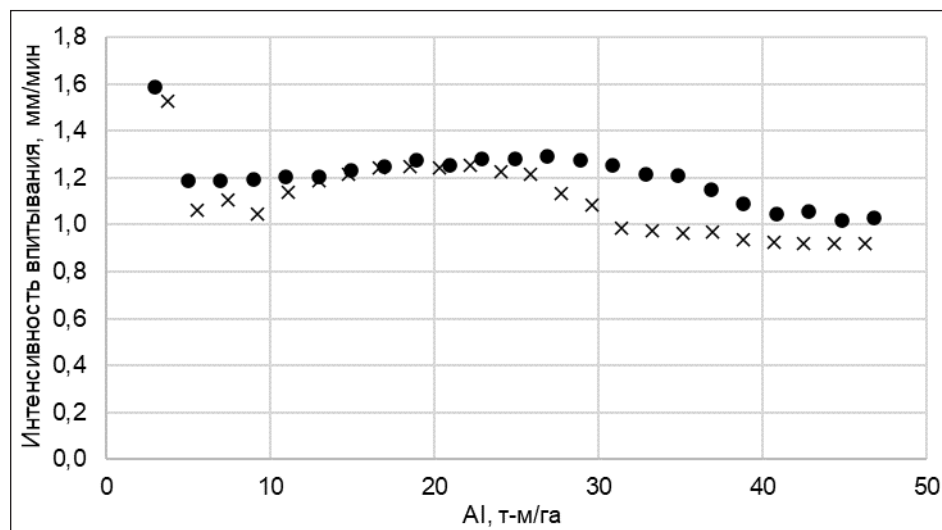


Рис. 1. Зависимость интенсивности впитывания воды почвой в лесных полосах, расположенных на склонах южной и северной экспозиций, от эрозионного индекса дождя: × – 2 ряда; • – 3 ряда.

Кривые интенсивности впитывания воды почвой в зависимости от эрозионного индекса дождя имеют двухступенчатую форму. В первые минуты стока отмечали достаточно стремительное ее снижение, непродолжительное состояние равновесия – «первая ступень», затем незначительное повышение и постепенное снижение впитывающей способности. На «второй ступени» интенсивность впитывания в трехрядной березовой лесной полосе, расположенной на склоне южной экспозиции, была выше, чем в двухрядной, растущей на северном склоне, на 17 %.

Однако равновесная интенсивность впитывания дождевой воды в почву, установившаяся к концу проведения дождевания, была одинаковой (в пределах погрешности определения) для обеих лесных полос и составляла 1,01±0,02 мм/мин. То есть произрастающие деревья в лесной полосе оказывают одинаковое воздействие на свойства почвы, независимо от экспозиции склона. Это будет учтено нами в дальнейших расчетах смыва почвы со склонов с водорегулирующими лесными полосами.

Интенсивность дождя в течение всего времени проведения эксперимента составляла 1,55±0,03 мм/мин. Существенной разницы между влагоемкостью подстилки, отобранной в березовых лесных полосах, расположенных на склонах южной и северной экспозиции, не зафиксировано, поэтому приведены средние значения влагоемкости подстилки, характерные для обеих изучаемых березовых лесных полос. За время выпадения дождя в течение 5 минут фиксировали увеличение массы подстилки в среднем на 222±24 %. Через 10 минут

после начала дождя влагоемкость составила 278±42 %.

Дождевание подстилки в течение 15 минут привело к увеличению ее массы, по сравнению с воздушно-сухим состоянием, на 319±36 %.

При проведении физического моделирования дождя для определения влагоемкости лесной подстилки получили прямую зависимость ее увеличения от времени дождевания. Максимальное

повышение массы подстилки, замоченной в воде на 24 ч, составило в среднем 371±53 %.

При проведении физического моделирования на склоне южной экспозиции влажность почвы в прилегающих полях была ниже, чем в лесной полосе, на 3,56...4,20 %, а плотность почвы – выше на 11,7 % (табл. 2). Увеличение плотности почвы отрицательно действует на впитывание воды. Поэтому, несмотря на более низкую влажность почвенных монолитов, отобранных в поле, начало стока на них фиксировали раньше, чем при дождевании образцов из березовой лесной полосы.

В первые минуты начала стока интенсивность впитывания дождевой воды почвой в поле была выше, чем в лесной полосе (ЛП), на 21,9 % (рис. 2). Однако через 10 минут после начала дождя отмечено резкое ее снижение до 0,26±0,04 мм/мин. Кривая интенсивности впитывания дождевой воды почвой, отобранной под лесной полосой, также имеет двухступенчатую форму и характеризуется медленным снижением, достигая равновесного состояния.

Таблица 2. Характеристика состояния почвы и искусственного дождя в эксперименте с монолитами, отобранными в березовой лесной полосе и на прилегающих полях на склоне южной экспозиции

Характеристика дождевания	Лесная полоса	Выше ЛП	Ниже ЛП
Интенсивность дождя, мм/мин	1,53±0,03	1,55±0,03	1,52±0,02
Влажность почвы, %	27,38±0,44	23,18±0,74	23,82±0,38
Плотность почвы, г/см ³	0,95±0,03	1,07±0,03	1,08±0,02
Начало стока, мин	2,0	1,5	1,9

Установившаяся интенсивность впитывания дождевой воды почвой в березовой лесной полосе, расположенной на склоне южной экспозиции, выше, чем в поле, в 3,5 раза. Достоверных различий между величинами этого показателя для монолитов, отобранных выше и ниже по склону относительно лесной полосы, не зафиксировано.

При моделировании дождя для склона северной экспозиции влажность почвы во всех изучаемых вариантах была выше, чем на южном. Но сохранялась тенденция к ее увеличению в лесной полосе, по сравнению с прилегающим полем, вследствие сохранения влаги от испарения под подстилкой. Влажность почвы, отобранной в поле, была ниже, чем в лесной полосе, на 2,86...2,72 %. Как и на склоне южной экспозиции, плотность почвы в пахотном слое поля выше, чем в лесной полосе, на 11,3 % (табл. 3). Начало стока для почвенных монолитов, отобранных ниже по склону от лесной полосы, отмечали в 2 раза быстрее, чем в лесной полосе.

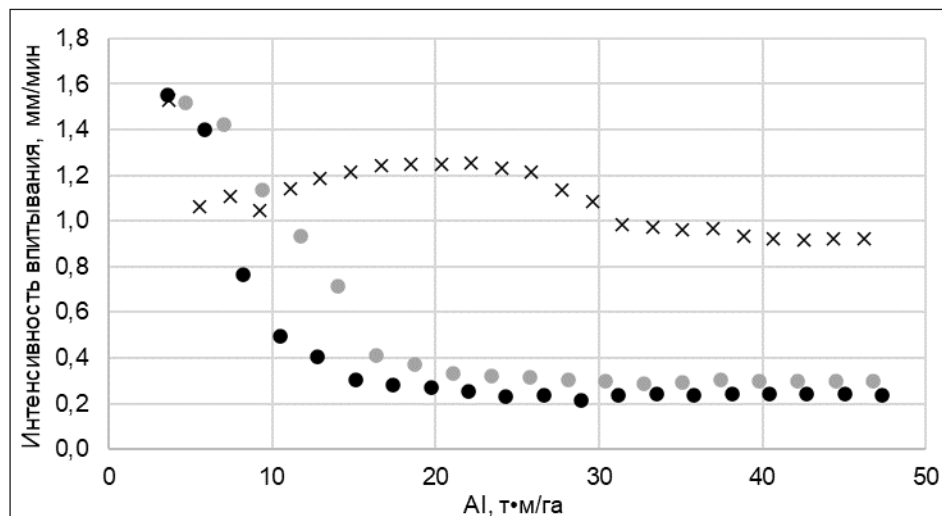


Рис. 2. Зависимость интенсивности впитывания воды почвой в лесной полосе и в поле, прилегающему к ней на склоне южной экспозиции, от эрозионного индекса дождя: x – лесная полоса; • – поле выше лесной полосы; ● – поле ниже лесной полосы.

Динамика интенсивности впитывания дождевой воды почвенными монолитами, отобранными в поле на склоне северной экспозиции, схожа с аналогами на склоне южной экспозиции (рис. 3). При этом отмечено превышение интенсивности впитывания дождевой воды почвой, отобранной в поле, расположенном ниже лесной полосы, в первые минуты после начала стока, в среднем на 19,0 %. Разница между впитывающей способностью почвенных монолитов, отобранных в поле выше и ниже

Таблица 3. Характеристика состояния почвы и искусственного дождя в эксперименте с монолитами, отобранными в березовой лесной полосе и на прилегающих полях на склоне северной экспозиции

Характеристика дождевания	Лесная полоса	Выше ЛП	Ниже ЛП
Интенсивность дождя, мм/мин	1,54±0,02	1,53±0,02	1,54±0,02
Влажность почвы, %	28,16±0,38	25,44±0,32	25,30±0,46
Плотность почвы, г/см ³	0,94±0,04	1,06±0,02	1,06±0,04
Начало стока, мин	2,0	1,3	1,0

лесной полосы по склону после 5 минут дождевания была незначительной. К началу десятой минуты выпадения осадков в полевых условиях отмечали равновесную интенсивность впитывания – 0,27±0,01 мм/мин.

Достоверных различий между величинами установившегося впитывания дождевой воды почвой монолитов, отобранных в полях, прилегающих к лесным полосам, на склонах северной и южной экспозиции не зафиксировано.

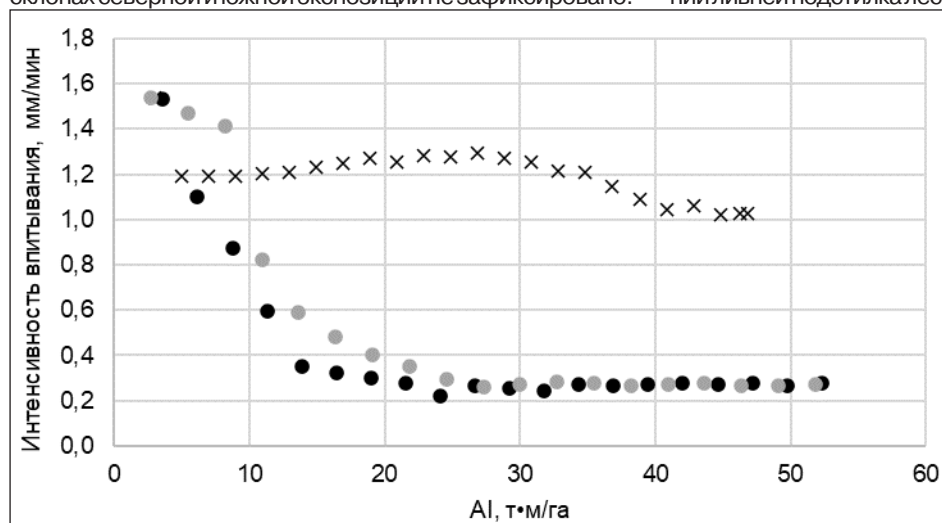


Рис. 3. Зависимость интенсивности впитывания воды почвой в лесной полосе и в поле, прилегающему к ней на склоне северной экспозиции, от эрозионного индекса дождя: x – лесная полоса; • – поле выше лесной полосы; ● – поле ниже лесной полосы.

Результаты прогноза смыва для склона без лесной полосы показали, что на расстоянии более 161 м от его начала потери почвы превышают допустимое значение в 2 т/га в год. Внизу склона максимальный прогнозируемый смыв почвы составлял более 10 т/га. Следовательно, при выпадении ливней высокой интенсивности на незащищенную поверхность он на 80 % протяженности склона превысит допустимое значение.

При наличии водорегулирующей двухрядной лесной полосы максимальный смыв почвы на склоне выше лесной полосы составит 0,8 т/га, ниже лесной полосы – 1,5 т/га. При выпадении дождя на почву с высоким проективным покрытием (под растениями) смыв почвы будет практически отсутствовать.

Выводы. Для двух водорегулирующих березовых лесных полос, расположенных на склонах северной и южной экспозиции, при проведении физического моделирования дождя отмечена одинаковая равновесная интенсивность впитывания дождевой воды почвой – 1,01±0,02 мм/мин. Ее кривые для монолитов, отобранных

в лесной полосе, имеют двухступенчатую форму, то есть значение установившегося впитывания достигалось дважды за время проведения эксперимента. У монолитов, отобранных в поле, такая особенность отсутствует.

Влагоемкость лесной подстилки при проведении дождевания увеличивалась в прямой зависимости от продолжительности выпадения дождя: 5 минут – на 222±24 %, 10 минут – на 278±42 %, 15 минут – на 319±36 %, по сравнению с воздушно-сухим состоянием. Максимальное в опыте увеличение массы подстилки при замачивании в воде на 24 ч, составило в среднем 371±53 %. При выпадении ливневой подстилка лесной полосы будет дополнительно удерживать воду, не давая ей стекать вниз по склону.

Равновесная интенсивность впитывания воды почвой в березовой лесной полосе, расположенной на склоне южной экспозиции выше, чем в поле, в 3,5 раза, на склоне северной экспозиции – в 3,8 раза.

Результаты прогнозирования для склона северной экспозиции с водорегулирующей двухрядной лесной полосой показали максимальный ожидаемый смыв почвы на склоне выше лесной полосы не более 0,8 т/га, ниже лесной полосы – 1,5 т/га при допустимой величине этого показателя 2 т/га.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа финансировалась за счет средств бюджета Курского Федерального аграрного научного центра по теме Государственного задания № FGZU-2022-0002. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Soil and organic carbon losses by water erosion in coffee-growing areas in southern Minas Gerais, Brazil / D. B. Santana, G. D. S. Rios, G. H. E. Lense, et al. // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2024. Vol. 48. No. 3. P. 317–331. doi: 10.55730/1300-011X.3184.
2. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070) / P. Borrelli, D. A. Robinson, P. Panagos, et al. // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2020. Vol. 117. No. 36. P. 21994–22001. doi: 10.1073/pnas.2001403117.
3. Assessment of climate change and land use / land cover effects on *Aralia Elata* habitat suitability in Northeastern China / X. Jin, B. Chang, Y. Huang, et al. // *Forests*. 2024. Vol. 15. No. 1. Article 153. URL: <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/1/153> (дата обращения: 10.05.2024). doi: 10.3390/f15010153.
4. Евсеева Н. С., Квашникова З. Н., Кузевская И. В. Ливни как природный риск и их экологические аспекты (на примере южной части Томской области) // *Геосферные исследования*. 2021. № 4. С. 73–84. doi: 10.17223/25421379/21/6.
5. Особенности формирования поверхностного стока талых вод на чернозёмах обыкновенных / И. Н. Ильинская, Е. В. Полуэктова, Э. А. Гаевая и др. // *Земледелие*. 2023. № 6. С. 13–18. doi: 10.24412/0044-3913-2023-6-13-18.
6. Кашутина Е. А., Ясинский С. В., Коронкевич Н. И. Весенний поверхностный склоновый сток на Русской равнине в годы различной водности // *Известия РАН. Серия географическая*. 2020. № 1. С. 37–46. doi: 10.31857/S2587556620010100.
7. 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, et al. // *Eurasian Soil Science*. 2018. Vol. 51. No. 1. P. 66–72. doi: 10.1134/S1064229318010039.
8. Maltsev K., Yermolaev O. Assessment of soil loss by water erosion in small river basins in Russia // *Catena*. 2020. Vol. 195. Article 104726. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816220302769> (дата обращения: 10.05.2024). doi: 10.1016/j.catena.2020.104726.
9. Буряк Ж. А., Нарожная А. Г., Маринина О. А. Эрозионная опасность пахотных земель Белгородской области // *Региональные геосистемы*. 2023. Т. 47. № 1. С. 101–115. doi: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-101-115.
10. Кузнецов М. С., Абдулханова Д. Р. Допустимые пределы эрозионных потерь почв Центрально-черноземной области европейской территории России // *Почвоведение*. 2013. № 7. С. 882–889. doi: 10.7868/S0032180X13050092.
11. Кирюшин В. И. Задачи оптимизации землепользования в России // *Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева*. 2023. Вып. 116. С. 5–25. doi: 10.19047/0136-1694-2023-116-5-25.
12. Change of forest-steppe chernozems under the influence of shelterbelts in the south of The Central Russian Upland / Y. G. Chendev, V. G. Belevantsev, A. N. Gennadiev, et al. // *Eurasian Soil Science*. 2020. Vol. 53. No. 8. P. 1033–1045. doi: 10.1134/S1064229320080037.
13. Development and analysis of the Soil Water Infiltration Global database / M. Rahmati, L. Weihermuller, J. Vanderborcht, et al. // *Earth System Science Data*. 2018. Vol. 10. P. 1237–1263. doi: 10.5194/essd10-1237-2018.
14. Оценка влияния водорегулирующей лесной полосы на впитывающую способность почвы / Ю. П. Сухановский, А. В. Прущик, В. А. Вытовтов и др. // *Земледелие*. 2021. № 1. С. 23–26. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10106.
15. Сухановский Ю. П., Прущик А. В. Моделирование водной эрозии почв: монография. Курск: Курский ФАНЦ, 2023. 175 с.

References

1. Santana DB, Rios GdS, Lense GHE, et al. Soil and organic carbon losses by water erosion in coffee-growing areas in southern Minas Gerais, Brazil. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2024;48(3):317-31. doi: 10.55730/1300-011X.3184.
2. Borrelli P, Robinson DA, Panagos P, et al. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2020;117(36):21994-2001. doi: 10.1073/pnas.2001403117.
3. Jin X, Chang B, Huang Y, et al. Assessment of climate change and land use / land cover effects on *Aralia Elata* habitat suitability in Northeastern China. *Forests [Internet]*. 2024 [cited 2024 May 10];15(1): Article 153. Available from: <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/1/153>. doi: 10.3390/f15010153.
4. Evseeva NS, Kvasnikova ZN, Kuzhevskaya IV. [Rainfalls as a natural risk and their ecological aspects (on the example of the southern part of the Tomsk region)]. *Geosfernye issledovaniya*. 2021;(4):73-84. Russian. doi: 10.17223/25421379/21/6.
5. Ilinskaya IN, Poluektov EV, Gaevaya EA, et al. [Features of the formation of surface snowmelt runoff on ordinary chernozems]. *Zemledelie*. 2023;(6):13-8. Russian. doi: 10.24412/0044-3913-2023-6-13-18.
6. Kashutina EA, Yasinskiy SV, Koronkevich NI. [Spring slope runoff on the Russian plain in years of different water content]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. 2020;(1):37-46. Russian. doi: 10.31857/S2587556620010100.
7. Barabanov AT, Dolgov SV, Koronkevich NI, et al. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the East European plain. *Eurasian Soil Science*. 2018;51(1):66-72. doi: 10.1134/S1064229318010039.
8. Maltsev K, Yermolaev O. Assessment of soil loss by water erosion in small river basins in Russia. *Catena [Internet]*. 2020 [cited 2024 May 10];195: Article 104726. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816220302769>. doi: 10.1016/j.catena.2020.104726.
9. Buryak ZhA, Narozhnyaya AG, Marinina OA. [Erosion risk of arable land in the Belgorod region]. *Regionalnye geosistemy*. 2023;47(1):101-15. Russian. doi: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-101-115.
10. Kuznetsov MS, Abdulkhanova DR. [Permissible limits of erosion losses of soils of the Central Chernozem region of the European part of Russia]. *Pochvovedenie*. 2013;(7):882-9. Russian. doi: 10.7868/S0032180X13050092.
11. Kiryushin VI. [The goals of land use optimization in Russia]. *Byulleten Pochvennogo instituta imeni V. V. Dokuchaeva*. 2023;(116):5-25. Russian. doi: 10.19047/0136-1694-2023-116-5-25.
12. Chendev YG, Belevantsev VG, Gennadiev AN, et al. Change of forest-steppe chernozems under the influence of shelterbelts in the south of The Central Russian Upland. *Eurasian Soil Science*. 2020;53(8):1033-45. doi: 10.1134/S1064229320080037.
13. Rahmati M, Weihermuller L, Vanderborcht J, et al. Development and analysis of the Soil Water Infiltration Global database. *Earth System Science Data*. 2018;(10):1237-63. doi: 10.5194/essd10-1237-2018.
14. Sukhanovskiy YuP, Prushchik AV, Vytovtov VA, et al. [The effect of a water-regulating forest belt on the soil absorption capacity]. *Zemledelie*. 2021;(1):23-6. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2021-10106.
15. Sukhanovskiy YuP, Prushchik AV. *Modelirovanie vodnoy erozii pochv [Modeling of soils water erosion]*. Kursk (Russia): Kurskii FANTs; 2023. 175 p. Russian.

Поступила в редакцию 30.06.2024 После доработки 19.07.2024 Принята к публикации 07.08.2024