

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 634.2:631.459
<https://agroconf.sgau.ru>

Обоснование расстояний между лесными полосами в степи и лесостепи Поволжья

П.Н. Проездов, Д.В. Есков, Д.А. Маштаков, А.В. Розанов

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии
и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия.

Аннотация. Статья посвящена исследованиям по определению протяженности склоновых участков, не подвергаемых размыву водными потоками при снеготаянии и ливневых выпадениях осадков для обоснования возможного расстояния между лесными полосами. Склоновые участки имеют уклоны 0-0,14 (0-8°) и представлены черноземами южными на опоке и черноземами карбонатными на мелу. Исследования проведены на основе методик известных ученых - А. Н. Костякова, Ц. Е. Мирцхулавы, И. А. Кузника, М. С. Кузнецова. Проведенные исследования установили, что наиболее значимыми факторами, влияющими на протяжённость склоновых участков, не подверженных размыву, являются уклон, интенсивность осадков и инфильтрации воды в почву, шероховатость русла водного потока, скорость воды. При увеличении величины уклона склона в 11,5 раза (от 0 до 0,14) происходит уменьшение неразмывающей допускаемой скорости воды до 64,3%. Определенные по разным методикам расстояния между лесными полосами показывают разные значения расстояний между лесными полосами. Рекомендуемые расстояния (м) между лесными полосами на склонах при крутизне - 0-1°; 1-3°; 3-5°; 5-8° - степь: 400; 400-300; 300-200; 200-150; лесостепь: 600; 600-450; 450-400; 400-300.

Ключевые слова: степь и лесостепь Поволжья, допускаемая неразмывающая скорость воды, расстояния между лесными полосами.

Для цитирования: Проездов П.Н., Есков Д.В., Маштаков Д.А., Розанов А.В. Обоснование расстояний между лесными полосами в степи и лесостепи Поволжья // Аграрные конференции. 2025. № 50(2). С. 14-21. <http://agroconf.sgau.ru>

AGRICULTURAL SCIENCES

Original article

Justification of distances between forest strips in the steppe and forest-steppe of the Volga region

P.N. Proezdov, D.V. Eskov, D.A. Mashtakov, A.V. Rozanov

Abstract. The article is devoted to research on determining the extent of slope areas not subject to erosion by water streams during snowmelt and storm falls. The article is devoted to research on determining the length of slope areas not subject to erosion by water flows during snowmelt and heavy rainfall. Precipitation to justify the possible distance between forest strips. Slope

The slope areas have gradients of 0-0.14 (0-8°) and are represented by southern chernozems on opok and carbonate chernozems on chalk. The studies were carried out on the basis of methods

Kostyakov, Mirtskhulava, I.A. Kuznik, M.S. Kuznetsov. The conducted studies have established that the most significant factors influencing the length of slope areas not subject to erosion are slope, slope, slope, and slope length. Slope, intensity of precipitation and water infiltration into the soil, roughness of the water stream channel, and water velocity. When the slope is increased

slope in 11,5 times (from 0 to 0,14) there is a decrease of non-degradable allowable water velocity up to 64.3%. The distances between forest strips determined by different methods show different values. Forest strips show different values of forest strip spacing. Recommended distances (m) between forest strips on slopes at steepness - 0-1°; 1-3°; 3-5°; 5-8° - steppe: 400; 400-300; 300-200; 200-150; forest-steppe: 600; 600-450; 450-400; 400-300.

Keywords: Steppe and forest-steppe of the Volga region, allowable non-degradable water velocity, distances between forest strips

For citation: Proezdov P.N., Eskov D.V., Mashtakov D.A., Rozanov A.V. Justification of distances between forest strips in the steppe and forest-steppe of the Volga region// Agrarian Conferences, 2025; (50(2)): 14-21 (InRuss.). <http://agroconf.sgau.ru>

Введение. Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием предусматривает дальнейшее развитие защитного лесоразведения в Саратовской области. Защитные лесные насаждения расположены на площади 121,2 тыс. га, в том числе на землях сельскохозяйственного назначения - 94,3 тыс. га. Лесистость территории Саратовской области совместно с лесным фондом (550, 7 тыс. га) составляет 5,4 % [8]. И.А. Кузник в своих статьях [5,6] вводит понятие «длина пояса отсутствия линейной эрозии», зависящей в основном от крутизны склона. Авторы статьи, продолжая идеи И.А. Кузника, математически обосновывают межполосные расстояния на склонах [9,11,12].

Методика исследований. Объекты исследования располагаются в лесостепных и степных условиях Приволжской возвышенности и представлены защитными лесными насаждениями с главными породами: дуб черешчатый, береза повислая, лиственница сибирская, сосна обыкновенная. Перечисленные виды древесных пород имеют возраст 40-60 лет растут по II-III классам

бонитета.

Почвы представлены черноземом южным на опоке и черноземом карбонатным на мелу, с мощностью почвенных горизонтов $A+B < 0,5$ м и содержанием гумуса 4,3-2,3%. Объекты исследований имели склоновые участки с крутизной от $2,5^\circ$ до 8° , а также засыпанные овраги.

Цель проведенного исследования – определение длины склоновых участков, не подвергаемых размыву водными потоками в зависимости от их скорости и уклона, при снеготаянии и ливневых выпадениях осадков, для обоснования расстояний между противоэрозионными лесными полосами.

В исследовании использовалась методика исследований, применяемая в работах А. Н. Костякова [2], И. А. Кузника [5], М. С. Кузнецова [3,4], Ц. Е. Мирцхулавы [7].

Результаты исследований. Исследуемая нами длина пояса отсутствия линейной эрозии на склоне зависит от величины и интенсивности выпадения осадков, стока, уклона, водно-физические свойств почвы. Линейная эрозия характеризуется образованием оврагов на определенном расстоянии от водораздела. С возрастанием уклона овраги своей вершиной продвигаются к водоразделу, что положено в основу назначения расстояния между лесными полосами, водозадерживающими валами, прекращающими размыв почвы.

Из всего комплекса природно-антропогенных факторов, влияющих на эрозию, были выделены следующие: уклон склона, скорость водного потока и впитывания воды в почву, характер подстилающей поверхности.

При увеличении скорости потока отдельные почвенные агрегаты слагающие русло, начинают вибрировать, отрываться и перекачиваться. Поэтому наибольшая скорость потока, при которой почвенные частицы остаются на месте, называется неразрывающей скоростью (V_H , м/с)/

Соответственно наименьшую скорость, при которой начинается непрекращающийся срыв почвенных частиц (эрозия почв), называют размывающей скоростью (V_P , м/с)

Эти скорости связаны друг с другом зависимостью [3]

$$V_P = 1,41 \cdot V_H, \quad (1)$$

Донную размывающую скорость потока для связных грунтов определяют по различным формулам. Так управление Ц. Е. Мирцхулавы имеет вид [7] :

$$V_P = 1,25 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot m_l}{2,6 \cdot \rho_0 \cdot n}} \left[(\rho_r - \rho_0) \cdot g \cdot d + 1,25 \cdot C_y^H \cdot K \right], \quad (2)$$

где m_l - коэффициент условий работы, зависящей от типа насосов, содержащихся в потоке, растительности и др; ρ_r и ρ_0 - соответственно, плотность частиц грунта и воды; t/m^3 ; d - средний размер отрывающихся агрегатов, м (для глин - $d = 4,5 \cdot 10^3$; для суглинков – $3,5 \cdot 10^3$ м); n - коэффициент перегрузки ($n = 4$ для каналов); C_y^H - нормативная усталостная прочность грунта на разрыв, t/m^2 (для агрегатных грунтов $C_y^H = 0,026C$; для слитных грунтов C_y^H

$=0,0455C$; в среднем $C_y^H = 0,035C$); C - сцепление водонасыщенного грунта по Цитовичу, т/м^2); K - коэффициент однородности связанного грунта по сцеплению.

Для почв формула Ц. Е. Мирцхулавы [7] была модифицирована М. С. Кузнецовым в виде [3,4] :

$$V_{pn} = 1,55 \sqrt{\frac{g \cdot m_1 \cdot m_2}{\rho_0 \cdot n'} \left[\left(1 - \frac{P_a}{100} \cdot \alpha_w (\rho_r - \rho_0) \times \cos \alpha - \sin \alpha\right) + 1,25 C_y^H \cdot K \right]}, \quad (3)$$

где V_{pn} - донная размывающая скорость потока для почвы (исходной влажности W), м/с ; $m_1 = 1,0$ поток без наносов, $m_1 = 1,4$ - взвешенные наносы; m_2 - коэффициент, характеризующий связывающее действие корней; $m_2 = 1,0$ - $14,0$; P_a - пористость почвенных агрегатов, %; n' - коэффициент, характеризующий пульсацию скоростей в потоке (для склонов $n'=2,3$); α_w - диаметр водопрочных агрегатов после мокрого просеивания (по Саввиному) при её исходной влажности W , м ; α - уклон склона, град.

Анализ формулы (3) показывает, что для рыхлых пахотных горизонтов почв, имеющих плотность не более $1,2 \text{ т/м}^3$ ($l = 0$), не связанных с корнями растений ($m^2 = 1$), размываемых чистой водой ($m_1 = 1$), при сравнительно малых уклонах ($\cos \alpha - \sin \alpha \approx 1$) она приобретает более простой вид:

$$V_{\Delta R_w} = 1,55 \sqrt{\frac{g}{\rho_0 n'} \left(1 - \frac{P}{100}\right) \cdot \alpha_w (\rho - \rho_0)}, \quad (4)$$

Допускаемая неразмывающая скорость потока по М. С. Кузнецову [3,4]:

$$V_{\Delta D} = 0,8 \cdot V_{pn},$$

(5)

В практических расчётах для определения неразмывающих скоростей воды часто используют уравнение А. Н. Костякова [2] :

$$V_H = m \cdot \sqrt{C_1 \cdot l_1 \cdot \sigma \cdot x}, \quad (6)$$

где $m = 1-2$ - коэффициент ложбинности склона; C_1 - коэффициент, зависящий от крутизны и шероховатости склона. $C_1 = 7\sqrt{i} - 30\sqrt{i}$; l_1 - длина неэродирующего участка склона, м ; i - уклон стока, б - коэффициент стока; x - интенсивность осадков, м/с .

Расстояния между стокорегулирующими лесными полосами с валами-канавами в зависимости от уклона и определяемые по методикам М.С. Кузнецова, А.Н. Костякова, П.Н. Проездова и Д.В. Ескова приведены в таблице.

Анализ таблицы показывает, что расстояния между лесными полосами, рассчитанные по методике М. С. Кузнецова наименьшие (до 10,6%) в сравнении с А. Н. Костяковым и авторами статьи, так как по М. С. Кузнецову используются в расчетах параметры противэрозионной стойкости почв.

Скорость воды по формуле А. Шеши для открытых потоков зависит от величины поверхностного стока, уклона, коэффициента шероховатости поверхности почвы. Значение коэффициента принято для уголья наиболее

подверженного размыву - пахоты с культивацией. Неразмывающая допускаемая скорость воды по М. С. Кузнецову [3] уменьшается с увеличением уклона, что связано с ухудшением водно-физических свойств почв: снижение пористости, содержания водопрочных агрегатов после мокрого фракционирования и др. Те же тенденции характерны для зависимости А. Н. Костякова [2].

Таблица – Расстояния между стокорегулирующими лесными полосами с валами - канавами (СЛП-ВК) в зависимости от уклона

Уклон склона (крутизна)	Скорость воды по А. Шеви, м/с		Неразмывающая скорость воды, м/с				Расстояния между СЛП-ВК, м					
			Костяков А.Н.		Кузнецов М.С.		Костяков А.Н.		Кузнецов М.С.		Проездов П.Н., Есков Д.В.	
	степь	лесо- степь	степь	лесо- степь	степь	лесо- степь	степь	лесо- степь	степь	лесо- степь	степь	лесо- степь
0-0,02(0- 1°)	0,08- 0,10	0,12- 0,16	0,18- 0,20	0,22- 0,24	0,12- 0,16	0,14- 0,18	400*	600*	400*	600*	400*	600*
0,02-0,05 (1-3°)	0,11- 0,13	0,19- 0,23	0,16- 0,18	0,19- 0,21	0,11- 0,15	0,12- 0,16	400- 325	600- 465	400- 280	600- 435	400- 300	600- 450
0,05-0,09 (3-5°)	0,14- 0,18	0,26- 0,32	0,14- 0,16	0,16- 0,18	0,09- 0,13	0,11- 0,15	325- 210	465- 420	280- 190	435- 385	300- 200	450- 400
0,09-0,14 (5-8°)	0,28- 0,32	0,48- 0,52	0,13- 0,14	0,12- 0,16	0,08- 0,12	0,09- 0,13	210- 160	420- 325	190- 145	385- 280	200- 150	400- 300

* Принято согласно «Инструкции...» [3,4]

По А. Н. Костякову [2] и М. С. Кузнецову [3] расстояния определены, используя значения допускаемой скорости воды, по зависимости, предложенной П. Н. Проездовым, Д. В. Есковым [10]:

$$L_{\text{СЛП-ВК}} = \frac{3,4 \cdot 10^{-6} \cdot V_{\Delta\Delta}^{3,3}}{m_i^{2,3} \cdot n_0 \cdot (i - i_0) \cdot J^{1,2}} \quad (7)$$

где $L_{\text{СЛП-ВК}}$ - расстояние между стокорегулирующими лесными полосами с валами-канавами, м; $V_{\Delta\Delta}^{3,3}$ - допускаемая скорость воды, м/с; i - интенсивность осадков, м/с; $i = 5 \cdot 10^{-6} - 3 \cdot 10^{-5}$ м/с; i_0 - интенсивность инфильтрации влаги в почву, м/с; $i = 3 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-5}$ м/с;

J - уклон склона; n_0 - коэффициент шероховатости русла потока (для грунта засыпки без

растительности, $n_0=0,025$, при наличии однолетнего травяного покрова - 0,04);

m_i - коэффициент, учитывающий отклонение характера движения склонового

стока от движения ровного слоя воды (для склона, изрезанного промоинами, $m_i=1,5$; для выровненного склона $m_i=1$).

В межполосных пространствах значения эрозии почв допустимых размеров (не превышающих почвообразовательного процесса) достигаются применением агромелиоративных приемов (безотвальная технология возделывания культур, мульчированное щелевание и др.) [11].

Заключение. Исследования, проведенные на основе анализа зависимостей разных авторов водных потоков, формирующихся на склонах, выявили важнейшие факторы, влияющие на длину склоновых участков, свободную от размывов водными потоками. Такими факторами явились: величина уклона, интенсивность выпадения осадков, и прежде всего ливневых, скорость водного потока. Исследования выявили снижение неразмывающей допускаемой скорости воды до 64,3% с увеличением уклона склоновых участков от 0 до 0,14.

Рекомендуемые расстояния между лесными полосами в зависимости от крутизны склона 0-8° составили для условий степи - 400-150 м, для лесостепи 600-300 м.

Список литературы

1. Инструктивные указания по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственных предприятий. - М.: Колос, 1979. -49с.
- 2.Костяков, А.Н. Основы мелиораций / А.Н. Костяков. М., 1960. - 622 с.
- 3.Кузнецов, М.С. Эрозия и охрана почв: Учебник для вузов / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. - М.: Издательство Юрайт, 2019. - 387 с.
- 4.Кузнецов, М.С. Критическая скорость падения капель дождя и размывающая скорость потока / М.С. Кузнецов, Н.Л. Якушев // Естественные и технические науки. - 2015. - № 11 (89). - С. 162-164.
- 5.Кузник, И.А. Опыт изучения стока и эрозии на Приволжской возвышенности/ И.А. Кузник, А.В. Лысов//Известия Академии наук СССР. Серия географическая, № 6. - М.: Наука, 1974. С.84-91.
- 6.Кузник, И.А. Водная эрозия почв и воздействие на неё противоэрозионного комплекса на Приволжской возвышенности // Труды Саратов. сельскохоз. ин-та: Саратов, 1970, т. 25, - С. 24-40.
- 7.Мирцхулава, Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии / Ц.Е. Мирцхулава. - М.: Колос, 1970. - 239 с.
- 8.Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием Саратовской области / Д.А. Маштаков, П.Н. Проездов, Д.В. Есков, В.А. Тарбаев и др, 2024 г. ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, ФГБОУ ВО Вавиловский университет, г. Саратов, 2024, 332 с.
9. Проездов П.Н. Установление закономерностей формирования водных потоков на склонах для обоснования проектов противоэрозионной агролесомелиорац / Есков Д.В., Маштаков Д.А., Розанов А.В., Свиридов С.В.//Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института

лесного хозяйства. 2021. № 2. С.54-63.

10. Проездов П.Н. Теоретические и экспериментальные исследования для обоснования расстояний между лесными полосами на Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, Д.В. Есков // В сборнике: Национальная научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 125-летию профессора Ильи Абрамовича Кузника. Международная научно-исследовательская конференция. Саратов, 2023. С. 10-17.

11 Proezdov, P., Eskov D., Mashtakov D. and Rozanov A. Influence pattern of forest strips complex mulched par plowing in crop rotations on erosion in the Volga region steppe // Proceedings of the Ecological-Socio-Economic Systems: Models of Competition and Cooperarion (ESES 2019). Atlantic Press, Paris, France. - 2020. - pp. 319-322.

12 Proezdov, P. Regularities of spring runoff formation and erosion under the intluence of forest and agro technical reclamation in the chernozem of the Volga region / P. Proezdov, D. Eskov, A. Rozanov, S. Sviridov // IOP Conferense Series. Earth and Envu on-mental Sciense, 723, No 3,p. 444-452, 2021.

References

1. Instructional instructions on the design and cultivation of protective forest plantations on the lands of agricultural enterprises. - M.: Kolos, 1979. - 49 p.(In Russ.).

2.Kostyakov, A.N. Fundamentals of land reclamation / A.N. Kostyakov. M., 1960. - 622 с. (In Russ.).

3.Kuznetsov, M.S. Erosion and soil protection: Textbook for universities / M.S. Kuznetsov, G.P. Glazunov. - Moscow: Yurait Publishing House, 2019. - 387 с.(In Russ.).

4.Kuznetsov, M.S. Critical velocity of falling raindrops and eroding flow velocity / M.S. Kuznetsov, N.L. Yakushev // Natural and Technical Sciences. - 2015. -№ 11 (89). -C. 162-164.(In Russ.).

5.Kuznik, I.A. Experience in studying runoff and erosion on the Volga Upland / I.A. Kuznik, A.V. Lysov // Proceedings of the USSR Academy of Sciences. Geographical Series, No. 6. - M.: Nauka, 1974. С.84-91.(In Russ.).

6.Kuznik, I.A. Water of soils and the impact os the antieroson complex on it on the Volga upland // Proeedings of Sarat. agricultural farm. in-ta: Saratov, 1970, vol. 25, - C. 24-40.(In Russ.).

7.Mirtskhulava, T.E. Engineering methods of calculation and forecast of water erosion / T.E. Mirtskhulava. - Moscow: Kolos, 1970. - 239 с.(In Russ.).

8. National Action Program to Combat Desertification in the Saratov Region / D.A. Mashtakov, P.N. Proezdov, D.V. Eskov, V.A. Tarbaev et al, 2024 FSC Agroecology RAS, Volgograd, FGBOU Vavilov University, Saratov, 2024, 332 p.(In Russ.).

9. Proezdov, P.N. Establishing the regularities of water flow formation on slopes to justify projects of anti-erosion agroforestry / Eskov D.V., Mashtakov D.A., Rozanov A.V., Sviridov S.V.//Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of

Forestry. 2021. № 2. С.54-63.(1п Russ.).

10. Proezdov, P.N. Theoretical and experimental studies to justify the distances between forest strips on the Volga Upland / P.N. Proezdov, D.V. Eskov // In Proceedings: National Scientific and Practical Conference with international participation, dedicated to the 125th anniversary of Professor Ilya Abramovich Kuznik. International research conference. Saratov, 2023. С. 10-17.(In Russ.).

11. Proezdov, P., Eskov D., Mashtakov D. and Rozanov A. Influence pattern of forest strips complex mulched par plowing in crop rotations on erosion in the Volga region steppe // Proceedings of the Ecological-Socio-Economic Systems: Models of Competition and Cooperarion (ESES 2019). Atlantic Press, Paris, France. - 2020. - pp. 319-322.

12. Proezdov, P. Regularities of spring runoff formation and erosion under the intluence of forest and agro technical reclamation in the chernozem of the Volga region / P. Proezdov, D. Eskov, A. Rozanov, S. Sviridov // IOP Conferense Series. Earth and Envu on-mental Sciense, 723, No 3,p. 444-452, 2021.

Статья поступила в редакцию 12.01.2025; одобрена после рецензирования 14.03.2025; принята к публикации 28.03.2025.

The article was submitted 12.01.2025; approved after reviewing 14.03.2025; accepted for publication 28.03.2025.