



DOI 10.21178/2079-6080.2023.2.57
УДК 634.237: 631.4

Установление закономерности воздействия защитных лесных насаждений и рельефа на агрофизические и биохимические свойства почв на Приволжской возвышенности

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

Establishing the regularity of the impact of protective forest plantations and relief on agrophysical and biochemical properties of soils in the Volga uplands

P.N. Proezdov, D.A. Mashtakov, D.V. Eskov, A.N. Avtonomov, A.V. Rozanov (Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov)

Determination of patterns of humus content dynamics in southern chernozem and gray forest soils under the influence of protective forest plantations, relief, and water-permeability of soil aggregates on the basis of long-term observations was the purpose of the study. The research methodology was based on relevant GOSTs, recommendations of scientific institutions and scientists. It is important not only to establish the dynamics of agrophysical, physico-chemical and biochemical properties of soils under the influence of protective plantations, but also their compliance with normalized indicators. Normalized indices were proposed by the V.V. Dokuchaev Soil Institute (1996) and by the authors of this article, based on many years of research from 1964–2020 (2020). On treeless slopes there is a constant worsening of the above properties of soils, first of all the value of the water-tightness criterion (the ratio of the content of soil particles 10–0,25 mm in wet and dry sieving according to the generally accepted methodology): the decrease of the index depending on the value of the slope and the distance to protective forest plantations is 3.2–39.2 %. At the same time, decrease of actual value of watertightness criterion

in comparison with normalized indices is 11.9–56.3 %. Under influence of forest plantations the criterion of water tightness of soil aggregates is higher than normalized one on 1.4–16.0 % that undoubtedly positively influences other properties of soil: the sum of exchangeable bases and the maintenance of calcium from capacity of a cation exchange having the same tendencies of improvement. The content of humus in the absolute value also increases under influence of protective forest plantations to 0.6 %, on slopes without forest protective plantations – decreases to 0.9 % depending on a size of a slope slope and distance from protective forest plantations. According to the carried out statistical analysis, the humus content in soil is 65–94 % connected with the criterion of water permeability, the slope slope and the degree of soil protection by forest protective plantations.

Keywords: steppe and forest-steppe of the Volga region, soil properties, protective forest plantations, slope, regression, correlation

Закономерности воздействия защитных лесных насаждений и рельефа на агрофизические и биохимические свойства почв на Приволжской возвышенности

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

На основании многолетних наблюдений определены закономерности динамики содержания гумуса в южном черноземе и серой лесной почве под влиянием защитных лесных насаждений, рельефа, водопрочности почвенных агрегатов. Методика опытов опиралась на общепринятые ГОСТы и методические рекомендации. Установлено также соотношение почвенных характеристик на объекте и нормализованных показателей, предложенных Почвенным институтом имени В.В. Докучаева (1996) и авторами статьи по материалам многолетних (1964–2020 гг.) исследований. На безлесных склонах происходит постоянное ухудшение вышеуказанных свойств почв, прежде всего критерия водопрочности (соотношение содержания почвенных частиц размером 10–0,25 мм при мокром и сухом расसेве по общепринятой методике), который в зависимости от величины уклона и расстояния до защитных лесных насаждений достигает величины 3,2–39,2 %, что на 11,9–56,3 % меньше нормализованных величин. При воздействии лесных насаждений критерий водопрочности почвенных агрегатов выше нормализованного на 1,4–16,0 %, что, несомненно, позитивно отражается на других свойствах почвы: сумме обменных оснований и содержании кальция от емкости катионного обмена, имеющих те же тенденции к улучшению. Содержание гумуса в абсолютном значении также увеличивается благодаря влиянию лесных полос до 0,6 %, на склонах без лесных защитных насаждений – снижается до 0,9 % в зависимости от величины уклона склона и расстояния от лесных полос. Согласно проведенному статистическому анализу содержание гумуса в почве на 65–94 % связано с критерием водопрочности, уклоном склона и степенью защиты почв лесополосами.

Ключевые слова: степь и лесостепь Поволжья, свойства почв, защитные лесные насаждения, уклон, регрессия, корреляция

Проездов Петр Николаевич – профессор кафедры лесного хозяйства и ландшафтного строительства, д-р с.-х. наук
E-mail: toxa_19@mail.ru

Маштаков Дмитрий Анатольевич – профессор кафедры лесного хозяйства и ландшафтного строительства, д-р с.-х. наук
E-mail: lmsus1920@mail.ru

Есков Дмитрий Владимирович – заведующий кафедрой лесного хозяйства и ландшафтного строительства, канд. техн. наук
E-mail: eskovdv@rambler.ru

Автономов Алексей Николаевич – доцент кафедры лесного хозяйства и ландшафтного строительства, д-р. с.-х. наук, доцент
E-mail: 420533@mail.ru

Розанов Александр Владимирович – доцент кафедры цифрового управления процессами в АПК, канд. физ.-мат. наук, доцент
E-mail: rozanovav@sgau.ru

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»
410012, г. Саратов, пр. Петра Столыпина, 4/3
Телефон: 8 (8452) 74 96 65

Введение

Защита земель от деградационных процессов приемами комплексной агролесомелиорации – одна из главных задач аграрного сектора экономики при инвестиционной поддержке государства [4, 10]. Защитные лесные насаждения (ЗЛН) – основа агролесоландшафтов, что является основным положением концепции агролесомелиорации (за рубежом – агролесоводства) [4, 9]. Защита почв от эрозии – экологическая и экономическая проблема, решаемая в лесоаграрных ландшафтах ряда стран Западной Европы [8]. Особенности эколого-мелиоративного влияния защитных лесных насаждений на прилегающую территорию заключаются, прежде всего, в снижении эрозии, а следовательно – в накоплении органического вещества в почве, улучшении водно-физических и биохимических свойств почвы и соответственно – в повышении продуктивности сельскохозяйственных и лугово-пастбищных угодий [3, 5].

Цель исследования – установление закономерностей изменения водно-физических свойств и количества гумуса в почве под воздействием лесных полос и различной величины уклона.

Задачи исследования заключались в изучении изменения водно-физических и биохимических свойств южного чернозема и серой лесной почвы под воздействием лесных полос.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являлись защитные лесные насаждения на склонах опытных участков степи и лесостепи Приволжской возвышенности.

Защитное лесное насаждение возрастом 36 лет, шириной 57 м с числом рядов – 19 на южном черноземе имеет состав 50 % дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), 30 % клена остролистного (*Acer platanoides* L.), 20 % ясени ланцетного (*Fracsinus lanceolate* L.). Дуб черешчатый занимает центральные ряды, клен и ясень – крайние ряды в насаждении. Древесные породы растут по III классу бонитета, защитная высота лесной полосы – 8,5 м. Конструкция – плотная.

Защитное лесное насаждение возрастом 45 лет на серой лесной почве имеет состав: 60 % дуба черешчатого, 40 % липы мелколистной (*Tilia cordata* L.), произрастающие по II–III классу бонитета, с защитной высотой 15,4 м. Ширина защитного насаждения – 45 м, число рядов – 15, конструкция – плотная.

Объекты исследований располагаются на склонах с естественной травянистой растительностью юго-западной экспозиции с уклонами 0,05, 0,09 в степи (район г. Саратова) и 0,27, 0,55 – в лесостепи (район г. Чебоксары) Приволжской возвышенности ниже по склонам от защитных лесных насаждений.

Защитные лесные насаждения изучались по лесотаксационным методикам (ОСТ 56-69-83 Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки), с учетом исследований ВНИИ агролесомелиорации для защитных лесных насаждений [6]. Исследование почвенных образцов выполнялось по следующим методикам: агрофизические свойства – по А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной; структурный состав почвы при мокром и сухом фракционировании – по Н.И. Саввинову; сумма поглощенных оснований, в том числе кальция, магния, натрия – по ГОСТ 27821-88 «Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена»; гумус – по ГОСТ 26212-91 «Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО» [1]; критерии водопрочности – по исследованиям авторов статьи.

Фактические показатели различных свойств почв под влиянием защитных насаждений сравнивались с нормализованными, согласно рекомендациям Почвенного института им. В.В. Докучаева [7] и авторов статьи – на основании многолетних исследований. Постановка полевого опыта и статистическая обработка результатов исследований проводились по методике Б.А. Доспехова [2] с использованием статистических программ Statistica, SciLab и прикладной программы MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Долговременное изучение биотических и техногенных факторов, влияющих на со-

держание органического вещества в почвах (осадки, эрозионные процессы, приемы мелиорации, агрохимии, земледелия, агролесоводства и др.), в силу их многообразия, сложности учета и контроля осуществляется достаточно редко и требует много средств и времени. Практическое изучение влияния комплекса факторов на почвенное плодородие выполняется на основе логических моделей и методов, позволяющих учитывать значимые для плодородия почв причины в математической интерпретации. Статистическая обработка материалов полевых опытов произведена с использованием дисперсионного и регрессионно-корреляционного анализа по методике Б.А. Доспехова [7] и профессиональных пакетов прикладных статистических программ. На основе применяемых аналитического и эмпирического

методов исследования из всей совокупности комплекса факторов, влияющих на режим, динамику и формирование почвенного плодородия, выделены следующие: величина уклона склона; критерий водопрочности почвенных агрегатов (отношение частиц почвы размером 10–0,25 мм при мокром и сухом почвенном расसेве); степень защищенности почвы от эрозионных процессов лесомелиоративными приемами.

Увеличение и стабилизация почвенного плодородия в зависимости от рельефа, водно-физических свойств, степени защищенности агроландшафта агро- и лесомелиоративными приемами в теоретическом аспекте заключается в использовании аналитического и эмпирического методов, на основе которых построены множественные регрессии:

$$\Gamma = b_0 + b_1H + b_2J + b_3B + b_4HJ + b_5HB + b_6JB + b_7HJB; \quad (1)$$

$$\Gamma = b_0 + b_1H + b_2K_{0,25} + b_3B + b_4HK_{0,25} + b_5HB + b_6K_{0,25}B + b_7HK_{0,25}B \quad (2)$$

где Γ – содержание гумуса в горизонте почвы А, %;

H – расстояние от защитных лесных насаждений, измеряемое в единицах защитной высоты ЗЛН;

J – уклон склона;

B – степень защищенности угодий от эрозии ЗЛН по мере удаления от ЗЛН и уклона ($B = 0,01–0,95$);

$K_{0,25}$ – критерий водопрочности почвенных агрегатов (отношение суммы частиц размером 10–0,25 мм при мокром и сухом рассеве);

$b_0–b_7$ – коэффициенты множественной регрессии.

Модификация комплекса почвенных показателей, включающих в себя агрофизические, физико-химические и биохимические показатели почв, происходит в зависимости

от уклона (крутизны) склона, расстояния от защитного лесного насаждения, расположенного на склоне и степени защищенности угодий от эрозии (табл.).

Таблица

Критерии и показатели нормализованного и фактического состояния южного чернозема и серых лесных почв в почвенном горизонте А при разных величинах уклона под влиянием уклона и защитных лесных насаждений

Наименование показателей	Величина показателей в зависимости от разных факторов														
	Нормализованные*	Чернозем южный						Серая лесная почва							
		Уклон 0,05	Уклон 0,09	Уклон 0,27	Уклон 0,55	Уклон 0,55	Уклон 0,55	Уклон 0,55	Уклон 0,55	Уклон 0,55	Уклон 0,55	Уклон 0,55			
Вариант	Расстояние от защитных лесных насаждений														
	0Н	10Н	20Н	0Н	10Н	20Н	0Н	10Н	20Н	0Н	10Н	20Н	0Н	10Н	20Н
Плотность сложения, г/см ³	1	1,07	1,10	1,12	1,12	1,17	1,18	1,44	1,48	1,48	1,51	1,54	1,54	1,53	1,34
	2	0,95	1,02	1,01	1,03	1,04	1,04	1,18	1,23	1,28	1,22	1,26	1,26	1,34	1,34
	3	1,11	1,12	1,14	1,14	1,17	1,19	1,46	1,48	1,50	1,51	1,54	1,54	1,54	1,54
Пористость, %	1	58,7	57,5	56,8	56,8	54,8	54,4	45,7	44,2	43,9	43,0	41,7	42,0	42,0	42,0
	2	63,3	60,6	61,0	60,2	59,8	59,8	55,1	53,0	51,5	53,8	52,3	49,4	49,4	49,4
	3	57,2	57,0	56,0	56,0	54,6	54,1	44,9	43,9	43,9	43,2	41,9	41,9	41,9	41,9
Критерий водопрочности	1	0,67	0,65	0,66	0,61	0,61	0,60	0,63	0,63	0,61	0,56	0,58	0,56	0,56	0,56
	2	0,83	0,77	0,73	0,80	0,75	0,72	0,77	0,73	0,71	0,74	0,73	0,71	0,71	0,71
	3	0,61	0,58	0,55	0,51	0,50	0,48	0,57	0,55	0,52	0,55	0,51	0,51	0,51	0,51
Содержание гумуса, %	1	3,9	3,7	3,7	3,4	3,3	3,1	3,0	2,8	2,6	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9
	2	4,1	3,9	3,9	3,7	3,5	3,2	3,4	3,3	3,1	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2
	3	3,7	3,5	3,5	3,1	3,0	2,9	2,7	2,5	2,2	1,8	1,8	1,5	1,5	1,5
Степень защищенности углей	1	0,05	0,05	0,02	0,07	0,03	0,01	0,08	0,06	0,02	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01
	2	0,82	0,82	0,79	0,85	0,76	0,73	0,85	0,82	0,77	0,80	0,78	0,73	0,73	0,73
	3	0,05	0,05	0,02	0,07	0,03	0,01	0,08	0,06	0,02	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01

Примечания. * – данные Почвенного института имени В.В. Докучаева, 1996 г.; 0Н – опушка лесной полосы; 1 – без защитных лесных насаждений, 1970 г.; 1984 г.; 2 – под влиянием ЗЛН, 2015 г.; 2020 г.; 3 – без ЗЛН, 2015 г.; 2020 г.

Увеличение уклона склона в 1,8 раза (от 0,05 до 0,09) на расстоянии 0Н от защитных лесных насаждений способствует снижению величины критерия водопрочности почвенных агрегатов на южном черноземе на 8,8–18,0 %, и содержанию гумуса в абсолютном значении – на 0,5–0,7 %, а на расстоянии 20Н от лесополос – на 3,8–20,0 %.

На склоне без защитных лесных насаждений вышеуказанные показатели сократились в 1,3 раза и на 0,8 %. При уклоне повышается плотность сложения почвы на склонах без применения ЗЛН с закономерным снижением пористости на 3,5 %, под влиянием ЗЛН на расстоянии 0Н пористость уменьшается на 3,1 %.

На серой лесной почве наблюдаются аналогичные показатели: увеличение уклона в 2 раза способствует снижению величины критерия водопрочности почвенных агрегатов на опушке лесных полос (0Н) на 4,0–12,5 %, а на расстоянии 20Н – на 0–8,9 % (первая цифра – под влиянием ЗЛН).

Степень защищенности угодий от эрозии при реализации комплекса противоэрозионных приемов позволяет прекратить образование или рост существующих оврагов и содержать почвы на допустимом уровне смыва (0,3 т/га – для почв с $A + B < 0,5$ м). Следовательно, оставаясь в пределах допустимого, эрозия по мере удаления от ЗЛН увеличивается, так как уменьшаются значения степени защищенности сельскохозяйственных угодий. Происходит неизбежное и неоднозначное перемещение почвы по полю в пределах межполосного пространства с большим накоплением гумуса, по мере приближения к лесополосе. Необходимо еще прибавить участие в образовании органического вещества в почве опадающей с деревьев листвы, количество которой уменьшается с удалением от ЗЛН. При возрастании уклона до 0,14

пропорционально усугубляется эрозия почв (на крутосклонах – более чем в два раза). Параметр защищенности сельскохозяйственных ландшафтов от эрозионных процессов уменьшается с 0,10 до 0,01 при увеличении уклона склоновых территорий в пределах от 0,05 до 0,55 без применения ЗЛН, а под влиянием лесных полос – с 0,90 до 0,73 (табл.) и рассчитывается на основании многолетних данных об изменении эрозии почв по мере удаления от лесных насаждений и увеличения уклона ($V = 0,01–0,90$).

Фактические характеристики почв (содержание гумуса, плотность, пористость, критерий водопрочности) принимают величины, равные нормализованным или превышающие таковые при условии защиты склоновых ландшафтов лесными полосами. При отсутствии ЗЛН ухудшаются агрофизические и биохимические свойства почв, например, сокращается содержание гумуса, характеризующего потенциальное плодородие, за весь период наблюдений – с 3,9 до 1,5 %, тогда как под влиянием защитных насаждений оно увеличилось до 4,1 % (табл.).

Представленные регрессионные модели (формулы 1 и 2) в графическом виде представляют собой 3-мерные модельные поверхности зависимостей содержания гумуса в серой лесной почве и южном черноземе от уклона склона, коэффициента водопрочности почвенных агрегатов и степени защищенности лесными полосами угодий (рис. 1–4).

Содержание гумуса в южном черноземе на 89 % формируется сочетанием величины уклона склона и степени защищенности угодий, на 65 % – сочетанием водопрочности почвенных агрегатов и степени защищенности угодий. При увеличении уклона и сокращении величины защищенности угодий содержание гумуса в черноземе южном уменьшается (рис. 1, 2).

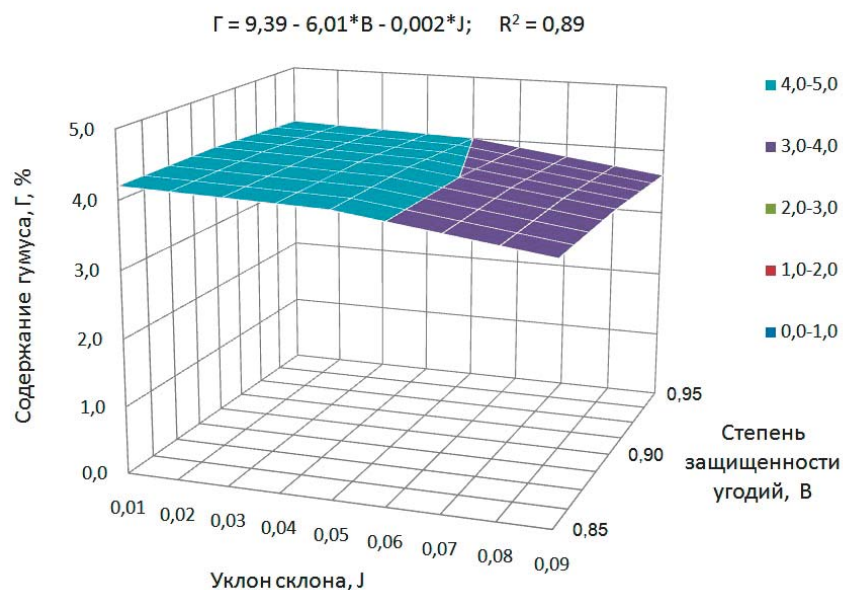


Рис. 1. Содержание гумуса в зависимости от уклона и степени защищенности южного чернозема в 2020 году на расстоянии 0Н от защитного лесного насаждения

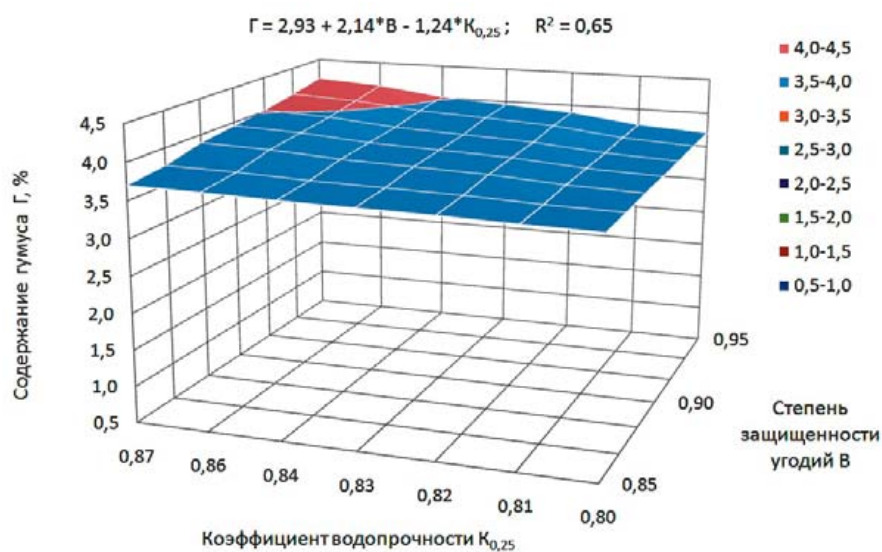


Рис. 2. Содержание гумуса в зависимости от критерия водопрочности почвенных агрегатов и степени защищенности южного чернозема в 2020 году при уклоне 0,09 на расстоянии 0Н от защитного лесного насаждения

Содержание гумуса в серой лесной почве на 83 % определяется величиной уклона склона и степенью защищенности угодий, на 94 % – водопрочностью почвенных агрегатов

и степенью защищенности угодий. При увеличении уклона и снижении защищенности угодий содержание гумуса в серой лесной почве уменьшается (рис. 3, 4).

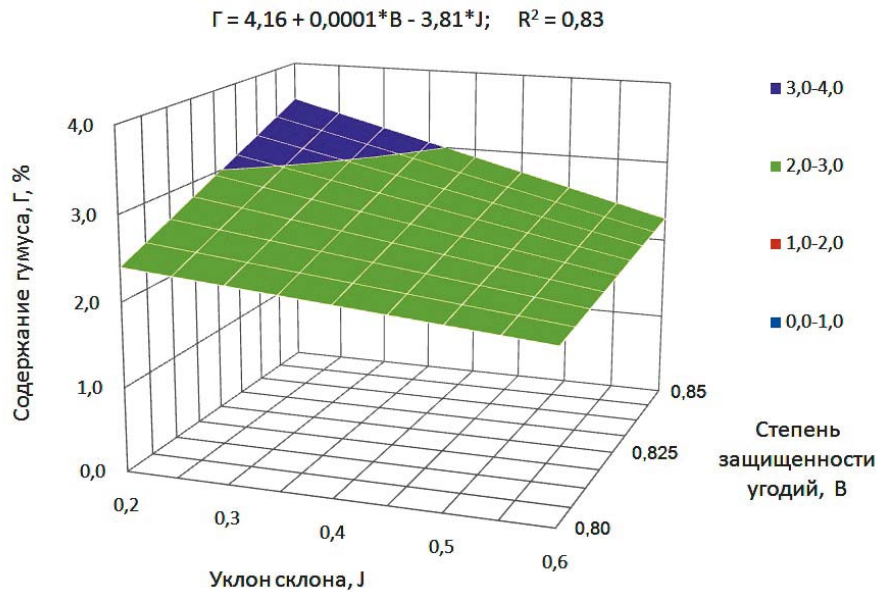


Рис. 3. Содержание гумуса в зависимости от уклона и степени защищенности серой лесной почвы в 2015 году на расстоянии 0Н от защитного лесного насаждения

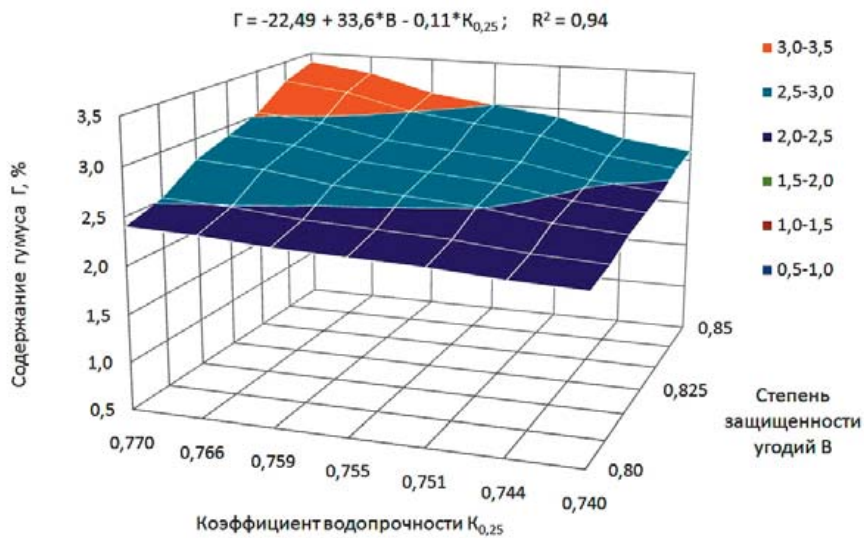


Рис. 4. Содержание гумуса в зависимости от критерия водопрочности почвенных агрегатов и степени защищенности серой лесной почвы в 2015 году при уклоне склона 0,55 на расстоянии 0Н от защитного лесного насаждения

Проведенные исследования показали ухудшение агрофизических и физико-химических свойств с увеличением уклонов нелесомелиорированных склонов, которое выражается в уменьшении содержания гу-

муса с 3,9 до 3,1 % на южном черноземе и с 3,0 до 1,9 % – на серой лесной почве, на 8,8–18,0 % уменьшается критерий водопрочности почвенных агрегатов и на 6–10 % происходит увеличение плотности почвы.

Защитные лесные насаждения на склонах сдерживают ухудшение агрофизических и физико-химических показателей почв с увеличением уклона, сохраняя их до нормализованных показателей. Количество биогумуса в южном черноземе в пределах влияния ЗЛН-10Н уменьшается с 4,1 % при уклоне 0,05 до 3,5 % – при уклоне 0,09; на серой лесной почве уменьшение характеризуется следующими цифрами: 3,4 % при уклоне 0,27 до 2,2 % – при уклоне 0,55.

Результаты исследования внедрены в хозяйствах «Лесное» Татищевского района Саратовской области (степь Приволжской возвышенности) и «Новое Чемеево» Моргаушского района Чувашской Республики (лесостепь Приволжской возвышенности). Площадь созданных защитных лесных насаждений на склонах с главной породой дубом черешчатым составляет 14,5 га, которые защищают 227 га пастбищных угодий с лесистостью 6,4 % и повышением продуктивности трав пастбищ на 15–45 %.

Выводы

Анализируя динамику агрофизических, физико-химических и биохимических свойств южного чернозема и серой лесной почвы в зависимости от уклона, можно констатировать, что сохранение нормализованных значений показателей морфогенеза почвы возможно при агролесомелиорации

склонов. Судя по изменению содержания гумуса – ведущей характеристики плодородия почв на различном удалении от защитных лесных насаждений – рекомендуются следующие расстояния между защитными лесными насаждениями при уклонах склона на южном черноземе: до 0,02–400 м; 0,02–0,05 – 400–350 м; 0,05–0,09 – 350–250 м; 0,09–0,14 – 250–150 м; на серой лесной почве: до 0,02 – 600 м; 0,02–0,05 – 600–500 м; 0,05–0,09 – 500–400 м; 0,09–0,14 – 400–200 м. При уклонах склона > 0,14 на обоих типах почв предлагается устройство террас с расстоянием между ступенями при защитной высоте насаждений дуба черешчатого 15 м: при уклоне 0,14–0,27 – 20–15 м; при 0,27–0,70 – 15–10 м.

Работа выполнена по теме ВИП ГЗ (важнейший инновационный проект государственного значения) по распоряжению Правительства РФ номер 2515-р от 02.09.2022 «Разработка принципов построения и обеспечения функционирования системы мониторинга опустынивания территории аридных, субаридных и сухих субгумидных регионов» в части подготовки структуры и методики разработки субрегиональной национальной программы действий по борьбе с опустыниванием (НПДБО) Саратовской области на базе ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв: монография / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М. : ВАСХНИЛ, 1985. – 112 с.
2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М. : Книга по требованию, 2012. – 352 с.
3. Ивонин, В.М. Исследование противозерозионной роли лесных полос на склонах / В.М. Ивонин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 1 (37). – С. 52–73.
4. Кулик, К.Н. ВНИАЛМИ – лидер агролесомелиоративной науки России: современная концепция защитного лесоразведения / К.Н. Кулик, Н.Н. Дубенок, А.С. Рулев, А.М. Пугачева // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11 : Естественные науки. – 2015. – № 3 (13). – С. 108–114.
5. Медведев, И.Ф. Эколого-мелиоративные особенности развития почвенной системы в зоне влияния лесных полос / И.Ф. Медведев, Д.А. Анисимов, А.А. Бочков // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 11. – С. 3–9.
6. Методика системных исследований лесоаграрных ландшафтов / Под общ. рук. Е.С. Павловского, М.И. Долгилевича. – М. : ВАСХНИЛ, 1985. – 112 с.

7. Экологические требования к орошению почв России : Рекомендации / Рос. акад. с.-х. наук, Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, Моск. гос. ун-т природообустройства; [Сост. д. с.-х. н. Б.А. Зимовец и др.]. – М. : Почв. ин-т, 1996. – 71 с.
8. Koshkalda, I.V. Ecological and economic basis of anti-erosion stability of forest-agrarian landscapes / I.V. Koshkalda, V.V. Tyshkovets, A.A. Suska // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. – 2018, vol. 27. – No. 3. – P. 444–452. – DOI: 10.15421/111868.
9. Mikhina, E.A. Agri-environmental role of protective forest plantations / E.A. Mikhina, V.V. Tanyukevich, V.I. Mikhin // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* – 2019. – Vol. 392. –C. 012066. – DOI: 10.1088/1755-1315/392/1/012066.
10. Proezdov, P.N. Influence Pattern of Forest Strips Complex and Mulched Para-Plowing in Crop Rotations on Erosion in the Volga Region Steppe / P.N. Proezdov, D.V. Eskov, D.A. Mashtakov, A.V. Rozanov // *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, vol. 392. *Ecological-Socio-Economic Systems: Models of Competition and Cooperation (ESES 2019)*. – pp. 319–322.

REFERENCES

1. Vadjunina A.F., Korchagina Z.A. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv: monografiya*. Moscow, 1985, 112 p. (In Russian).
2. Dospikhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]*. Moscow, 2012, 352 p. (In Russian).
3. Ivonin V.M. Issledovanie protivojerozionnoy roli lesnyh polos na sklonah. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, 2020, no. 1 (37), pp. 52–73. (In Russian).
4. Kulik K.N., Dubenok N.N., Rulev A.S., Pugacheva A.M. VNIALMI – lider agrolesomeliorativnoy nauki Rossii: sovremennaya koncepciya zashhitnogo lesorazvedeniya. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. ser. II. Estestvennye nauki*, 2015, no. 3 (13), pp. 108–114. (In Russian).
5. Medvedev I.F., Anisimov D.A., Bochkov A.A. Jekologo-meliorativnye osobennosti razvitiya pochvennoy sistemy v zone vlijaniya lesnyh polos. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova*, 2013, no. 11, pp. 3–9. (In Russian).
6. *Metodika sistemnyh issledovaniy lesoagrarnyh landshaftov*. Pod red. E.S. Pavlovskij, M.I. Dolgilevich. Moscow, 1985, 112 p. (In Russian).
7. *Jekologicheskie trebovaniya k orosheniju pochv Rossii (rekommendacii)*. Pod red. B.A. Zimovca i N.B. Hitrova. Moscow, 1996, 72 p. (In Russian).
8. Koshkalda I.V., Tyshkovets V.V., Suska A.A. Ecological and economic basis of anti-erosion stability of forest-agrarian landscapes. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 2018, vol. 27, no. 3, pp. 444–452. DOI: 10.15421/111868.
9. Mikhina E.A., Tanyukevich V.V., Mikhin V.I. Agri-environmental role of protective forest plantations. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2019, vol. 392, p. 012066. DOI: 10.1088/1755-1315/392/1/012066.
10. Proezdov P.N., Eskov D.V., Mashtakov D.A., Rozanov A.V. Influence Pattern of Forest Strips Complex and Mulched Para-Plowing in Crop Rotations on Erosion in the Volga Region Steppe. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, vol. 392, *Ecological-Socio-Economic Systems: Models of Competition and Cooperation (ESES 2019)*, pp. 319–322.

Статья поступила в редакцию 16.02.2023