

ВЛИЯНИЕ СЕВООБОРОТОВ И СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ЭРОДИРОВАННОСТИ

Н. Н. Цыбулько¹, В. Б. Цырибко², И. А. Логачев²

¹Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова
Белорусского государственного университета
220070, Беларусь, г. Минск ул. Долгобродская, 23/1
E-mail: nik.nik1966@tut.by;

²Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси
220108, Беларусь, г. Минск, ул. Казинца, 90

Поступила в редакцию 26.05.2023, принята к печати 15.06.2023

Дерново-подзолистые неэродированные и эродированные почвы на лессовидных суглинках в зерновом и травяно-зерновом севооборотах характеризовались отличным и хорошим агрегатным состоянием. Коэффициенты структурности неэродированных почв составили 2,4–3,2, среднеэродированных – 1,4–1,8, сильноэродированных почв – 1,2–1,4. Дерново-подзолистые неэродированные и слабоэродированные почвы на моренных суглинках имели отличное структурное состояние в травяно-зерновом севообороте, среднеэродированные почвы – хорошее, а сильноэродированные почвы – неудовлетворительное как в зернотравяном, так и в травяно-зерновом севооборотах. Структурный состав дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках в зерновом севообороте к концу его ротации ухудшался, а в травяно-зерновом севообороте, наоборот, улучшался. Дерново-подзолистые почвы на моренных суглинках в травяно-зерновом севообороте имели лучший структурно-агрегатный состав, чем в зернотравяном севообороте. Органоминеральная система удобрения с известкованием обеспечила наилучшее структурное состояние почв. За ротацию севооборота содержание агрономически ценных агрегатов в период вегетации сельскохозяйственных культур в неэродированной почве составило 76,8%, в среднеэродированной – 65,3%, в сильноэродированной – 59,2%, а коэффициенты структурности 3,6, 2,1 и 1,7 соответственно.

Ключевые слова: эродированные почвы, структура почвы, коэффициент структурности, севооборот, система удобрения.

INFLUENCE OF CROP ROTATIONS AND FERTILIZER SYSTEMS ON STRUCTURAL STATE OF SODDY-PODZOLIC SOILS WITH DIFFERENT EROSION LEVELS

М. М. Tsybulka¹, В. Б. Tsyribko², I. A. Logachov²

¹International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University,
23/1 Dolgobrodskaya str., Minsk, 220070, Belarus, e-mail: nik.nik1966@tut.by

²Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences
of Belarus, 90 Kazinets str., Minsk, 220108, Belarus

Soddy-podzolic non-eroded and eroded soils on loess-like loams in grain and grass-grain crop rotations were characterized by an excellent and good state of aggregation. The structural coefficients of non-eroded soils were 2.4–3.2, of moderately eroded – 1.4–1.8, of strongly eroded – 1.2–1.4. Soddy-podzolic non-eroded and slightly eroded soils on moraine loams had an excellent structural state in the grass-grain crop rotation, moderately eroded soils were good, and strongly eroded soils were unsatisfactory in both grain-grass and grass-grain crop rotations.

The structural composition of soddy-podzolic soils on loess-like loams in the grain crop rotation worsened by the end of the rotation, while in the grass-grain crop rotation, on the contrary, it improved. Soddy-podzolic soils on moraine loams in the grass-grain crop rotation had a better structural and aggregate composition than in the grain-grass crop rotation.

The organo-mineral fertilizer system with liming ensured the best structural condition of the soils. The average for the crop rotation content of agronomically valuable aggregates during the growing season of agricultural crops was 76.8% in non-eroded soil, 65.3 in moderately eroded soil, and 59.2% in highly eroded soil, and the structural coefficients were 3.6, 2.1 and 1, 7, respectively.

Keywords: eroded soils, soil structure, structure factor, crop rotation, fertilization system.

ВВЕДЕНИЕ

Структурное состояние почв является важнейшей физической характеристикой их плодородия. Структурно-агрегатный состав в значительной степени определяет общие физические и физико-механические свойства, водный, воздушный и тепловой режимы почв. Известно, что в агрономическом отношении наибольшую ценность для культурных растений представляют мезоагрегаты размером 0,25–10,0 мм, которые обладают высокой пористостью, механической прочностью и водоустойчивостью, обеспечивают благоприятное сочетание водно-воздушного и питательного режима почвы. Механическая прочность и водопрочность почвенных агрегатов обуславливают их устойчивость при механических обработках, воздействии водных потоков и капель дождя. Хорошей структурой характеризуются почвы с содержанием более 55% агрономически ценных агрегатов (Теория и методы..., 2007).

Образование агрономически ценной структуры возможно только в почвах, в которых содержится значительное количество глинистых частиц и органического вещества, являющихся существенным и необходимым фактором структурообразования. Гумусовые вещества являются главными цементирующими веществами при создании почвенной структуры. Важную роль играют также структурообразующие катионы (Ca^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+}) (Воронин, 1986; Шеин, Милановский, 2003). Разрушение структурно-агрегатного сложения почвы, ведущее к гомогенизации, сопровождается мобилизацией и потерей части агрегированного и защищенного органического вещества (Семенов и др., 2010, 2015).

Структурное состояние почвы имеет крайне важное значение в эрозионных агроландшафтах. В результате водной эрозии при совместном воздействии водного потока и падающих капель дождя, обладающих высокой кинетической энергией, происходит разрушение структуры почвы (Атлас почв..., 2017). Более того, с поверхностным жидким и твердым стоком смываются органическое вещество и биогенные элементы, что приводит к усилению процессов дезагрегации почвы. Так, из дерново-подзолистых почв с водной эрозией ежегодно выносятся до 450 кг га⁻¹ гумуса и от 5 до 25 кг га⁻¹ азота, фосфора, калия, кальция и магния (Цыбулько и др., 2004).

Характер и интенсивность использования почв отказывают влияние на их структурное состояние, а также формирование агрономически ценной и водопрочной структуры. Установлено, что возделывание бобовых трав в качестве бинарных компонентов и парозанимающих культур обеспечивает улучшение структуры почвы на 0,17–0,74 ед., а водопрочности – на 1,98–5,71 абс. % (Несмеянова, 2015). Получены данные, что воздействие системы обработки почвы на формирование агрономически ценных структурных агрегатов составляет 21,4%, условий года – 11,8%, вида посева – 25,5% (Пакуль и др., 2019). При

отвальной системе обработки почвы распределение структурных агрегатов по пахотному слою равномерное, при плоскорезной и мелкой обработках они накапливаются в поверхностном слое (0–10 см) (Борин, Лощина, 2018).

Применение органической системы удобрения улучшало структурное состояние аллювиальных лугово-лесных почв. Содержание агрономически ценных агрегатов в пахотном слое увеличилось на 17,6% по сравнению с контролем (Мамедов, 2017).

Цель настоящей работы – изучить влияние севооборотов с различной почвозащитной способностью и систем удобрения на структурное состояние в разной степени эродированных дерново-подзолистых почв, сформированных на лессовидных и моренных суглинках.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2018–2021 гг. в условиях центральной и северной почвенно-экологических провинций Беларуси на полевых опытных стационарах «Стоковые площадки» (Минская область) и «Браслав» (Витебская область) Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси.

Объектом исследований являлись дерново-подзолистая почва, сформированная на легких лессовидных суглинках и расположенная на склоне южной экспозиции крутизной 6–7° (на водораздельной равнине расположены неэродированные почвы, в верхней части склона – среднеэродированные, в средней части склона – сильноэродированные почвы (стационар «Стоковые площадки»)), а также дерново-подзолистая почва, сформированная на моренных суглинках и расположенная на склоне северо-восточной экспозиции крутизной 5–7° (на водораздельной равнине расположена неэродированная почва, в верхней части склона – слабо- и среднеэродированная, в средней части склона – сильноэродированная почва (стационар «Браслав»)).

Изучались следующие севообороты:

стационар «Стоковые площадки» на склоне южной экспозиции крутизной 6–7°: зерновой севооборот (овес – яровой рапс – яровая пшеница – озимая рожь) с показателем почвозащитной способности ($\text{H}_\text{зс}$) – 0,55; травяно-зерновой севооборот (однолетние травы с подсевом люцерны – люцерна 1–3 лет пользования) с показателем почвозащитной способности – 0,81;

стационар «Браслав» на склоне северо-восточной экспозиции крутизной 5–7°: зернотравяной севооборот (горох с овсом на зеленую массу – озимое тритикале – горох с овсом на зеленую массу – озимая пшеница) с показателем почвозащитной способности – 0,54; травяно-зерновой севооборот (яровая пшеница с подсевом люцерны – люцерна 1–3 лет пользования) с показателем почвозащитной способности – 0,72.

Показатели почвозащитной способности севооборотов рассчитывались на основе коэффициентов противоэрозионной способности отдельных сельскохозяйственных культур и насыщения ими севооборотов. Коэффициенты противоэрозионной способности культур: люцерна 2–3-го годов пользования – 0,98; люцерна 1-го года

пользования – 0,92; озимая пшеница, озимое тритикале, озимая рожь – 0,84; яровая пшеница, овес, яровой рапс – 0,35; однолетние травы – 0,34 (Проектирование..., 2005).

В стационарном полевом опыте на дерново-подзолистых незэродированных, средне- и сильноэродированных почвах, сформированных на лессовидных суглинках, изучено влияние систем удобрения на структурное состояние почв. Исследования проводились в зерновом севообороте: озимая пшеница – овес – яровой рапс – яровая пшеница – озимая рожь. Схема опыта включала следующие варианты систем удобрения и известкования почв: 1. минеральная (минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур); 2. минеральная + известкование (минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур, 6,5 т га⁻¹ доломитовой муки после озимой пшеницы); 3. органоминеральная (навоз 40 т га⁻¹ после озимой пшеницы и после ярового рапса, минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур); 4. органоминеральная + известкование (навоз 40 т га⁻¹ после озимой пшеницы и после ярового рапса, минеральные удобрения (NPK) в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность возделываемых культур, 6,5 т га⁻¹ доломитовой муки после озимой пшеницы).

Повторность опыта четырехкратная. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур соответствовали принятым организационно-технологическим регламентам (Организационно-технологические..., 2012а; 2012б).

Структурно-агрегатный анализ почв проведен по методу Саввинова. Коэффициент структурности

($K_{стр}$) рассчитан по Качинскому – отношение содержания агрономически ценных агрегатов (0,25–10 мм) к сумме агрегатов > 10 и < 0,25 мм при сухом просеивании (Теория и методы..., 2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В начале ротации зернового севооборота при возделывании овса дерново-подзолистые почвы на лессовидных суглинках характеризовались хорошим структурным состоянием по шкале С. И. Долгова и П. У. Бахтина (Растворова, 1983). Содержание агрономически ценных агрегатов колебалось от 63,8% в сильноэродированной почве до 70,3% в незэродированной почве. Коэффициенты структурности незэродированной, средне- и сильноэродированной почв составляли соответственно 2,6, 1,9 и 1,8, что соответствовало диапазону отличного агрегатного состояния.

На второй-четвертый годы исследований при возделывании ярового рапса, яровой пшеницы и озимой ржи содержание агрономически ценных агрегатов в фазы активной вегетации возделываемых культур в незэродированной почве изменялось в пределах 70,9–80,6%, в среднеэродированной почве – 60,2–70,4%, в сильноэродированной почве – 52,8–57,8%. Структурное состояние незэродированных почв было отличным и хорошим с коэффициентами структурности от 2,4 до 3,5, среднеэродированных почв – хорошим с $K_{стр}$ от 1,5 до 2,5, сильноэродированных почв – удовлетворительным с $K_{стр}$ 1,2–1,4. Не установлено четкой закономерности изменения структурно-агрегатного состава почв к периоду уборки сельскохозяйственных культур, наблюдалась только тенденция к его ухудшению (табл. 1).

Таблица 1. Структурное состояние дерново-подзолистых почв разной степени эродированности, сформированных на лессовидных суглинках

Культура севооборота	Степень эродированности почвы	Содержание агрономически ценных агрегатов, %		Коэффициент структурности	
		1*	2	1	2
Зерновой севооборот					
Овес	неэродированная	—	70,3	—	2,6
	среднеэродированная	—	65,0	—	1,9
	сильноэродированная	—	63,8	—	1,8
Яровой рапс	неэродированная	77,6	71,6	3,5	2,6
	среднеэродированная	70,4	64,6	2,5	1,8
	сильноэродированная	57,8	49,4	1,4	1,0
Яровая пшеница	неэродированная	80,6	78,5	3,0	2,8
	среднеэродированная	60,2	60,0	1,5	1,5
	сильноэродированная	52,8	52,0	1,2	1,0
Озимая рожь	неэродированная	70,9	66,5	2,4	2,0
	среднеэродированная	56,4	56,3	1,4	1,3
	сильноэродированная	53,2	54,2	1,2	1,3
Среднее за севооборот	неэродированная	76,4	72,0	3,0	2,5
	среднеэродированная	62,3	61,5	1,8	1,6
	сильноэродированная	52,9	54,9	1,3	1,3

Культура севооборота	Степень эродированности почвы	Содержание агрономически ценных агрегатов, %		Коэффициент структурности	
		1*	2	1	2
Травяно-зерновой севооборот					
Однолетние травы с подсевом люцерны	неэродированная	—	61,8	—	1,6
	среднеэродированная	—	54,4	—	1,3
	сильноэродированная	—	52,5	—	1,2
Люцерна 1-го года пользования	неэродированная	66,2	70,8	2,0	2,4
	среднеэродированная	47,9	51,2	0,9	1,1
	сильноэродированная	44,4	43,5	0,8	0,8
Люцерна 2-го года пользования	неэродированная	81,3	71,7	4,4	2,7
	среднеэродированная	60,0	58,8	1,7	1,4
	сильноэродированная	54,6	50,1	1,2	1,0
Люцерна 3-го года пользования	неэродированная	69,8	70,5	2,3	2,5
	среднеэродированная	56,3	61,4	1,5	1,7
	сильноэродированная	59,9	55,1	1,5	1,2
Среднее за севооборот	неэродированная	72,4	68,7	2,9	2,3
	среднеэродированная	54,7	56,4	1,4	1,4
	сильноэродированная	52,9	50,3	1,2	1,1

*Примечание. Периоды отбора почвенных проб и монолитов: 1 – фазы флаг-листа зерновых культур и бутонизации ярового рапса, после первого укоса трав; 2 – после уборки культур и второго укоса трав.

В начале ротации травяно-зернового севооборота неэродированная почва под однолетними травами (горох с овсом на зеленую массу) с подсевом люцерны характеризовалась хорошим структурным состоянием с содержанием агрономически ценных агрегатов в среднем 61,8 % и коэффициентом структурности 1,6, а средне- и сильноэродированная почвы – удовлетворительным структурным состоянием с содержанием агрономически ценных агрегатов 52,5–54,4% и коэффициентами структурности 1,2–1,3. Под люцерной посевной 1–3 годов пользования содержание агрегатов размером 0,25–10,00 мм в неэродированной почве изменялось (после второго укоса) в пределах 70,5–71,7%. По коэффициенту структурности (2,4–2,7) почва имела отличное агрегатное состояние. Средне- и сильноэродированная почвы под люцерной 1-го года пользования характеризовались удовлетворительным структурным состоянием с содержанием агрономически ценных агрегатов соответственно 47,9–51,2 и 43,5–44,4%. В дальнейшем наблюдалось улучшение структуры почв. Под люцерной третьего года пользования содержание агрегатов размером

0,25–10,00 мм в среднеэродированной почве увеличилось до 56,3–61,4%, в сильноэродированной почве – до 55,1–59,9 %. По $K_{стр}$ почвы имели хорошее агрегатное состояние.

В целом анализ динамики содержания агрономически ценных агрегатов и коэффициента структурности в изучаемых севооборотах показал, что в зерновом севообороте к концу его ротации агрегатное состояние неэродированной и эродированных почв несколько ухудшилось, а в травяно-зерновом севообороте, наоборот, улучшилось.

Дерново-подзолистые почвы, сформированные на моренных суглинках, отличались от дерново-подзолистых почв на лессовидных суглинках в целом худшим структурным состоянием. В начале ротации зернотравяного севооборота при возделывании однолетних трав (горох с овсом на зеленую массу) содержание агрономически ценных агрегатов колебалось от 58,3% в сильноэродированной почве до 67,8% в неэродированной почве, что соответствовало диапазонам от удовлетворительного до хорошего агрегатного состояния (табл. 2).

Таблица 2. Структурное состояние дерново-подзолистых почв разной степени эродированности, сформированных на моренных суглинках

Культура севооборота	Степень эродированности почвы	Содержание агрономически ценных агрегатов, %		Коэффициент структурности	
		1*	2	1	2
Зернотравяной севооборот					
Однолетние травы	неэродированная	—	67,8	—	2,1
	слабоэродированная	—	65,4	—	1,9
	среднеэродированная	—	62,5	—	1,8
	сильноэродированная	—	58,3	—	1,4
Озимая тритикале	неэродированная	59,6	56,9	1,6	1,4
	слабоэродированная	57,9	56,4	1,5	1,3
	среднеэродированная	35,4	35,5	0,6	0,6
	сильноэродированная	34,0	32,9	0,5	0,5

В среднем за севооборот на фоне минеральной системы удобрения отмечено улучшение структурно-агрегатного состава незероэродированной почвы. Коэффициент структурности увеличился с 2,6 (в начале опыта) до 3,0. Структурное состояние средне- и

сильноэродированной почвы ухудшалось при данной системе удобрения. Содержание агрономически ценных агрегатов и $K_{стр}$ в среднеэродированной почве снизилось с 1,9 до 1,6–1,7, в сильноэродированной почве – с 1,8 до 1,1–1,3 (табл. 3).

Таблица 3. Структурное состояние почв при разных системах удобрения

Система удобрения	Культура севооборота	Неэродированная почва		Среднеэродированная почва		Сильноэродированная почва	
		1*	2	1	2	1	2
Содержание агрономически ценных агрегатов, в %							
Минеральная	овес	—	70,3	—	65,0	—	63,8
	яровой рапс	77,6	71,6	70,4	64,6	57,8	50,4
	яровая пшеница	80,6	81,5	60,2	52,5	52,8	41,0
	озимая рожь	70,9	66,5	53,2	56,3	43,4	54,2
	среднее за севооборот	76,4	72,5	61,3	59,6	51,3	52,4
Минеральная + известкование почвы	овес	—	78,9	—	71,3	—	63,4
	яровой рапс	74,8	65,9	60,6	56,1	53,1	52,1
	яровая пшеница	79,8	70,4	62,8	63,4	56,0	50,2
	озимая рожь	67,9	55,8	53,3	52,4	48,8	50,9
	среднее за севооборот	74,2	67,8	58,9	60,8	52,6	54,1
Органо-минеральная	овес	—	63,2	—	58,5	—	57,5
	яровой рапс	76,6	58,4	71,8	58,3	70,5	53,9
	яровая пшеница	70,0	66,6	65,6	59,1	57,9	55,9
	озимая рожь	77,3	57,9	48,4	42,2	47,0	38,0
	среднее за севооборот	74,6	61,5	61,9	54,5	58,5	51,3
Органо-минеральная + известкование почвы	овес	—	80,2	—	71,3	—	55,6
	яровой рапс	79,1	72,4	73,1	62,6	71,1	47,4
	яровая пшеница	76,1	81,2	68,2	54,2	63,1	48,6
	озимая рожь	75,3	64,9	54,5	56,9	43,3	50,4
	среднее за севооборот	76,8	74,7	65,3	61,3	59,2	50,5
Коэффициент структурности							
Минеральная	овес	—	2,6	—	1,9	—	1,8
	яровой рапс	3,5	2,6	2,5	1,8	1,4	1,0
	яровая пшеница	4,4	4,6	1,5	1,4	1,1	1,2
	озимая рожь	2,4	2,0	1,2	1,3	0,8	1,3
	среднее за севооборот	3,4	3,0	1,7	1,6	1,1	1,3
Минеральная + известкование почвы	овес	—	3,8	—	2,6	—	1,7
	яровой рапс	3,0	1,9	1,5	1,3	1,2	1,1
	яровая пшеница	4,1	2,4	1,7	1,8	1,3	1,2
	озимая рожь	2,1	1,2	1,3	1,2	1,0	1,1
	среднее за севооборот	3,1	2,3	1,5	1,7	1,2	1,3
Органо-минеральная	овес	—	1,8	—	1,4	—	1,4
	яровой рапс	3,3	2,6	2,7	1,7	2,4	0,9
	яровая пшеница	2,3	2,1	2,1	1,5	1,5	1,4
	озимая рожь	3,4	1,4	1,0	0,8	0,9	0,6
	среднее за севооборот	3,0	2,0	1,9	1,4	1,6	1,1
Органо-минеральная + известкование почвы	овес	—	4,3	—	2,5	—	1,4
	яровой рапс	3,8	1,4	2,8	1,4	2,5	1,2
	яровая пшеница	3,4	4,4	2,2	1,2	1,8	1,0
	озимая рожь	3,5	1,9	1,2	1,5	0,8	1,0
	среднее за севооборот	3,6	3,0	2,1	1,7	1,7	1,2

*Примечание. Периоды отбора почвенных проб и монолитов: 1 – фазы флаг-листа зерновых культур и бутонизации ярового рапса; 2 – после уборки культур.

В варианте с минеральной системой удобрения и известкованием почв также наблюдались некоторое ухудшение структурно-агрегатного состава и снижение коэффициентов структурности к концу ротации севооборота по сравнению с исходным

состоянием как незероэродированной, так и эродированных почв.

На фоне органо-минеральной системы удобрения в первый год исследований при возделывании овса содержание агрономически ценных агрегатов в незероэродированной почве составляло 63,2%,

в среднеэродированной почве – 58,5%, в сильноэродированной почве – 57,5%. В среднем за севооборот их содержание при определении в период активной вегетации возделываемых культур увеличилось до 74,6% в неэродированной почве и до 61,9% – в среднеэродированной почве. В сильноэродированной почве содержание осталось примерно на прежнем уровне – 58,5%.

Органоминеральная система удобрения с применением известковых мелиорантов обеспечила наилучшее структурное состояние почв. В среднем за севооборот содержание агрономически ценных агрегатов в период активной вегетации сельскохозяйственных культур составило: в неэродированной почве – 76,8%, в

среднеэродированной почве – 65,3%, в сильноэродированной почве – 59,2%, а коэффициенты структурности – соответственно 3,6, 2,1 и 1,7.

Как показывают данные, представленные в табл. 4, в среднем за годы исследований дерново-подзолистые неэродированные и среднеэродированные почвы, сформированные на лессовидных суглинках, при их использовании в зерновом и травяно-зерновом севооборотах характеризовались отличным и хорошим агрегатным состоянием. Коэффициенты структурности неэродированных почв составили 2,4–3,2, среднеэродированных почв – 1,4–1,8. Сильноэродированные почвы также имели хорошее агрегатное состояние с $K_{стр}$ – 1,2–1,4.

Таблица 4. Структурное состояние почв разной степени эродированности в зависимости от севооборота и системы удобрения (средние значения за годы исследований)

Севооборот	Система удобрения	Эродированность почвы	Содержание агрегатов 10–0,25 мм, %	К _{стр.}
Дерново-подзолистая почва, сформированная на лессовидных суглинках				
Зерновой	минеральная	неэродированная	74,1	3,2
		среднеэродированная	60,3	1,7
		сильноэродированная	51,9	1,2
	минеральная + известкование	неэродированная	70,5	2,6
		среднеэродированная	60,0	1,6
		сильноэродированная	53,5	1,2
	органо- минеральная	неэродированная	67,1	2,4
		среднеэродированная	57,7	1,6
		сильноэродированная	54,4	1,3
органо- минеральная + известкование	неэродированная	75,6	3,2	
	среднеэродированная	63,0	1,8	
	сильноэродированная	54,2	1,4	
Травяно-зерновой	минеральная	неэродированная	70,3	2,6
		среднеэродированная	55,7	1,4
		сильноэродированная	51,4	1,1
Дерново-подзолистая почва, сформированная на моренных суглинках				
Травяно-зерновой	минеральная	неэродированная	66,5	2,1
		слабоэродированная	60,1	1,6
		среднеэродированная	49,4	1,1
		сильноэродированная	37,3	0,6
Зернотравяной	минеральная	неэродированная	60,4	1,6
		слабоэродированная	56,6	1,4
		среднеэродированная	43,4	0,9
		сильноэродированная	37,8	0,6

Дерново-подзолистые почвы, сформированные на моренных суглинках, в целом отличались худшей структурой по сравнению с почвами на лессовидных суглинках. Отличным структурным состоянием характеризовались только неэродированные и слабоэродированные почвы в травяно-зерновом севообороте. Среднеэродированные почвы имели хорошую структуру, а сильноэродированные почвы – неудовлетворительную как в зернотравяном, так и в травяно-зерновом севооборотах.

ВЫВОДЫ

Дерново-подзолистые почвы, сформированные на лессовидных суглинках, в силу генетических особенностей характеризовались лучшим структурно-агрегатным составом по сравнению с дерново-подзолистыми почвами, сформированными на моренных суглинках.

В среднем за годы исследований дерново-подзолистые неэродированные и среднеэродированные почвы на лессовидных суглинках при их использовании в зерновом и травяно-зерновом севооборотах характеризовались отличным и

хорошим агрегатным состоянием. Коэффициенты структурности незэродированных почв составили 2,4–3,2, среднеэродированных почв – 1,4–1,8. Сильноэродированные почвы также имели хорошее агрегатное состояние ($K_{стр}$ 1,2–1,4).

Дерново-подзолистые незэродированные и слабоэродированные почвы на моренных суглинках имели отличное структурное состояние в травяно-зерновом севообороте. Среднеэродированные почвы имели хорошую структуру, а сильноэродированные почвы – неудовлетворительную как в зернотравяном, так и в травяно-зерновом севооборотах.

Структурное состояние дерново-подзолистых незэродированных и эродированных почв на лессовидных суглинках в зерновом севообороте к концу его ротации несколько ухудшалось, а в травяно-

зерновом севообороте, наоборот, улучшалось. Дерново-подзолистые почвы на моренных суглинках в травяно-зерновом севообороте отличались лучшим структурно-агрегатным составом, чем в зернотравяном севообороте.

Органоминеральная система удобрения с применением известковых мелиорантов обеспечила наилучшее структурное состояние почв. В среднем за севооборот содержание агрономически ценных агрегатов в период активной вегетации сельскохозяйственных культур составило: в незэродированной почве – 76,8%, в среднеэродированной почве – 65,3%, в сильноэродированной почве – 59,2%, а коэффициенты структурности – соответственно 3,6, 2,1 и 1,7.

Список литературы

- Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / Под общей редакцией В.В. Лапа, А.Ф. Черныша. Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. 170 с.
- Борин А.А., Лощинина А.Э. Влияние различных систем обработки почвы на ее агрофизические свойства и урожайность культур севооборота // Агрофизика. 2018. № 3. С. 1–7.
- Воронин А.Д. Основы физики почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 244 с.
- Мамедов Г.М. Влияние разных систем удобрения на агрегатный состав аллювиальных лугово-лесных почв сухих субтропиков Азербайджана // Почвоведение и агрохимия. 2017. № 2. С. 76–87.
- Несмеянова М.А. Структурно-агрегатный состав и водопрочность почвы под влиянием многолетних бобовых трав // Пермский аграрный вестник. 2015. № 1(9). С. 50–55.
- Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.]. Минск: Беларус. навука, 2012а. 288 с.
- Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.] / Под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. Минск: Беларус. навука, 2012б. 469 с.
- Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Влияние различных систем обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. № 49(3). С. 16–23.
- Проектирование противозерозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси. Рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» / Под общ. ред. А.Ф. Черныша. Минск, 2005. 52 с.
- Растворова О.Г. Физика почв (Практическое руководство). Л.: ЛГУ, 1983. 196 с.
- Семенов В.М., Иванникова Л.А., Семенова Н.А., Ходжаева А.К., Удальцов С.Н. Минерализация органического вещества в разных по размеру агрегатных фракциях почвы // Почвоведение. 2010. № 2. С. 157–165.
- Семенов В.М., Журавлев Н.С., Тулина А.С. Минерализация органического вещества в серой лесной почве и типичном черноземе, обесструктуренных физическими воздействиями // Почвоведение. 2015. № 10. С. 1254–1266.
- Теория и методы физики почв: Коллективная монография / Под ред. Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского. М.: «Гриф и К», 2007. 616 с.
- Цыбулько Н.Н., Жукова И.И., Жилко В.В. Потери гумуса и элементов питания из дерново-подзолистых почв при водной эрозии // Почвоведение. 2004. № 6. С. 759–765.
- Шейн Е.В., Милановский Е.Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. 2003. № 1. С. 53–61.

Reference

- Atlas pochv sel'skokhoziaistvennykh zemel' Respubliki Belarus'* [Atlas of soils of agricultural lands of the Republic of Belarus] / Under the general editorship of V.V. Lapa, A.F. Chernysh. Minsk: Institute of Soil Science and Agrochemistry, 2017, 170 p.
- Borin A.A., Loshchinina A.E. Vliianie razlichnykh sistem obrabotki pochvy na ee agrofizicheskie svoistva i urozhainost' kul'tur sevooborota [Influence of various tillage systems on its agrophysical properties and crop rotation crop yield] // *Agrofizika*, 2018, no. 3, pp. 1–7.
- Voronin A.D. *Osnovy fiziki pochv* [Fundamentals of soil physics]. Moscow: Publishing House of Moscow university, 1986, 244 p.

- Mamedov G.M. Vliianie raznykh sistem udobreniia na agregatnyi sostav alluvial'nykh lugovo-lesnykh pochv sukhikh subtropikov Azerbaidzhana [Influence of different fertilizer systems on the aggregate composition of alluvial meadow-forest soils of dry subtropics of Azerbaijan] // *Pochvovedeniye i agrokhimiya*, 2017, no. 2, pp. 76–87.
- Nesmeianova M.A. Strukturno-agregatnyi sostav i vodoprichnost' pochvy pod vlianiem mnogoletnikh bobovykh trav [Structural-aggregate composition and water resistance of the soil under the influence of perennial leguminous grasses] // *Permskii agrarnyi vestnik*, 2015, no. 1 (9), pp. 50–55.
- Organizatsionno-tekhnologicheskie normativy vozdel'nyia zernovykh, zernobobovykh, krupianykh kul'tur: sb. otraslevykh reglamentov* [Organizational and technological standards for the cultivation of cereals, legumes, cereals: Sat. industry regulations] / Nat. acad. Sciences of Belarus, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture; hands developed by: F.I. Privalov [and others]. Minsk: Belarus. Navuka, 2012, 288 p.
- Organizatsionno-tekhnologicheskie normativy vozdel'nyia kormovykh i tekhnicheskikh kul'tur: sb. otraslevykh reglamentov* [Organizational and technological standards for the cultivation of fodder and industrial crops: Sat. industry regulations] / Nat. acad. Sciences of Belarus, Nauch. practical center of the National acad. sciences of Belarus on agriculture; hands developed by: F.I. Privalov [and others] / Under total ed. V.G. Gusakov, F. I. Privalov. Minsk: Belarus. Navuka, 2012, 469 p.
- Pakul' A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul' V.N. Vliianie razlichnykh sistem obrabotki pochvy na agrofizicheskie svoistva chernozema vyshchelochennogo [Influence of various tillage systems on the agrophysical properties of leached chernozem] // *Sibirskii vestnik sel'skokhoziaistvennoi nauki*, 2019, no. 49 (3), pp. 16–23.
- Proektirovanie protiverozionnykh kompleksov i ispol'zovanie erozionnoopasnykh zemel' v raznykh landshaftnykh zonakh Belarusi. Rekomendatsii* [Design of anti-erosion complexes and use of erosion-prone lands in different landscape zones of Belarus. Recommendations] / RUE "Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Belarus" / Under total ed. A.F. Chernysh. Minsk, 2005, 52 p.
- Rastvorova O.G. *Fizika pochv (Prakticheskoe rukovodstvo)* [Physics of Soils. (Practical guide)]. L.: LSU, 1983, 196 p.
- Semenov V.M., Ivannikova L.A., Semenova N.A., Khodzhaeva A.K., Udal'tsov S.N. *Mineralizatsiia organicheskogo veshchestva v raznykh po razmeru agregatnykh fraktsiiakh pochvy* [Mineralization of organic matter in soil aggregate fractions of different sizes] // *Pochvovedenie*, 2010, no. 2, pp. 157–165.
- Semenov V.M., Zhuravlev N.S., Tulina A.S. Mineralizatsiia organicheskogo veshchestva v seroi lesnoi pochve i tipichnom chernozeme, obesstrukturenykh fizicheskimi vozddeistviiami [Mineralization of organic matter in gray forest soil and typical chernozem unstructured by physical impacts] // *Pochvovedenie*, 2015, no. 10, pp. 1254–1266.
- Teoriia i metody fiziki pochv: Kollektivnaia monografiia* [Theory and methods of soil physics: Collective monograph] / Ed. E.V. Shein and L.O. Karpachevskiy. M.: «Grif i K», 2007, 616 p.
- Tsybu'lko N.N., Zhukova I.I., Zhilko V.V. *Poteri gumusa i elementov pitaniia iz dernovo-podzolistykh pochv pri vodnoi erozii* [Losses of humus and nutrients from soddy-podzolic soils during water erosion] // *Pochvovedenie*, 2004, no. 6, pp. 759–765.
- Shein Ye.V., Milanovskii Ye.Yu. *Rol' i znachenie organicheskogo veshchestva v obrazovanii i ustoichivosti pochvennykh agregatov* [The role and significance of organic matter in the formation and stability of soil aggregates] // *Pochvovedenie*, 2003, no. 1, pp. 53–61.