

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ДИНАМИКУ ЭМИССИИ CO₂, УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ КУЛЬТУР ЗВЕНА СЕВООБОРОТА

Вера Алексеевна Свирина, старший научный сотрудник

Виталий Геннадьевич Черногаев, младший научный сотрудник

Институт семеноводства и агротехнологий — филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
с. Подвязые, Рязанская обл., Россия

E-mail: svirina-vera@mail.ru

Аннотация. В полевом опыте исследовали влияние повторного внесения извести на эмиссию CO₂ из почвы, урожай и качество растительной продукции с применением минеральных удобрений N₉₀P₉₀K₉₀ на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве. В результате известкования, улучшения кислотного режима в почве создаются предпосылки к усилению жизнедеятельности полезных микроорганизмов. Выявлено, что повышение биологической активности (эмиссия углекислого газа) на фоне минеральных удобрений N₉₀P₉₀K₉₀ и CaCO₃ обеспечивает высокую урожайность и качество продукции, способствует благоприятным условиям сохранения плодородия почвы и в большей степени стимулирует развитие микроорганизмов, использующих минеральные формы нитратного азота. При систематическом применении минеральных удобрений N₉₀P₉₀K₉₀ в звене севооборота повышаются показатели качества возделываемых культур (питательная ценность зеленой массы клевера, содержание сырого протеина, белка, клейковины, крахмала в зерне ячменя, натуры зерна в озимой пшенице). В разные по погодным условиям годы получено зерно с высоким содержанием сырой клейковины, белка, натуры в зерне озимой пшеницы, крахмала в ячмене, зольных элементов питания в клевере. Наилучшим оказался вариант с использованием доломитовой муки и N₉₀P₉₀K₉₀. Все рассматриваемые показатели качества озимой пшеницы под влиянием удобрений и извести улучшались, разница с контролем составляла: белок — 0,64–1,78%; сырая клейковина — 1,6–4,3%; натура зерна — 11–26 г/л. Наибольшая продуктивность получена при внесении минеральных удобрений и извести: ячмень — 3,53 т/га, сено клевера первого года пользования — 77,53, озимая пшеница — 7,89 т/га, по сравнению с контролем без применения удобрений.

Ключевые слова: доломитовая мука, минеральные удобрения, звено севооборота, урожайность, качество продукции, яровой ячмень, клевер первого года пользования, озимая пшеница, эмиссия углекислого газа

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS AND LIMING ON THE DYNAMICS OF CO₂ EMISSIONS, CROP YIELD AND QUALITY OF CROP PRODUCTS OF CROP ROTATION LINK

V.A. Svirina, Senior Researcher

V.G. Chernogaev, Junior Researcher

The Institute of Seed Production and Agrotechnologies- branch of the FSBSI Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
Podvyezze village, Ryazan region, Russia

E-mail: svirina-vera@mail.ru

Abstract. In the field experiment was investigated the effect of repeated lime application on CO₂ emissions from the soil, yield and quality of plant products against the background of mineral fertilizers N₉₀P₉₀K₉₀ on dark gray forest heavy loamy soil. As a result of liming and improvement of the acid regime in the soil, prerequisites are created to enhance the vital activity of beneficial microorganisms in the experiment. It was revealed that an increase in biological activity (carbon dioxide emissions) against the background of the application of mineral fertilizers N₉₀P₉₀K₉₀ and CaCO₃ ensures high yield and product quality, contributes to favorable conditions for preserving soil fertility and to a greater extent stimulates the development of microorganisms using mineral forms of nitrate nitrogen. With the systematic use of mineral fertilizers N₉₀P₉₀K₉₀ at the stage of crop rotation, an increase in the quality of cultivated crops was noted (the nutritional value of the green mass of clover; the content of crude protein, protein, gluten, starch in barley grain; the nature of grain in winter wheat). In different years of research, according to weather conditions, grain with a high content of crude gluten, protein, nature in winter wheat grain, starch in barley, ash nutrition elements in clover was obtained. The best option turned out to be using dolomite flour and (N₉₀P₉₀K₉₀). All the considered quality indicators of winter wheat improved under the influence of fertilizers and lime, and the difference with the control was: protein — 0,64–1,78%; crude gluten — 1,6–4,3%; grain nature — 11–26 g/l. The highest productivity was obtained when applying mineral fertilizers and lime: barley — 3,53 t/ha, clover hay of the first year of use — 77,53 t/ha, winter wheat — 7,89 t/ha, compared with the control without the use of fertilizers.

Keywords: dolomite flour, mineral fertilizers, crop rotation link, yield, product quality, spring barley, first-year clover, winter wheat, carbon dioxide emissions

Цель современной технологии производства зерновых культур — получение высоких урожаев с наилучшим качеством зерна. [5, 11]

Минеральные удобрения считаются важнейшим элементом интенсификации сельскохозяйственного производства, влияют на трансформационные процессы, определяющие агрохимическое и биологическое состояние почвы, продуктивность севооборота и качество урожая сельскохозяйственных культур. [8, 12]

Актуально применение совместно с минеральными удобрениями мелиоранта (доломитовая мука), как

наиболее экологически безопасного химиката для усиления круговорота элементов питания. [3, 10, 14]

У известкования нет конкурентов в решении многих природоохранных задач, в том числе и проблемы плодородия. С известью попадают в почву необходимые для растений кальций и магний. На известкованных почвах в два-три раза снижается поступление в растения радионуклидов стронция и цезия. [3, 6, 7] Известно, что взаимодействие извести и фосфорных удобрений благоприятно сказывается на урожайности ярового ячменя, озимых тритикале и пшеницы. [13] При известковании повышается отдача от удобрений

в севообороте до 30%, улучшается заселенность почвы полезными микроорганизмами. [1, 2, 12]

Впервые в условиях Рязанской области провели исследование изменения показателей состояния почвенной среды по выделению углекислого газа при возделывании культур в звене севооборота.

Цель работы – изучить влияние систематического применения минеральных удобрений и известкования на динамику CO₂, урожайность и качество зерновых культур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевой опыт закладывали в 2018–2021 годах, оценивали действие систематического применения минеральных удобрений и известкования на динамическое состояние CO₂, урожайность и качество культур звена севооборота в условиях Института семеноводства и агротехнологий – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Рязанская обл.) на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве.

Агрохимические показатели: содержание гумуса по Тюрину (ГОСТ 26213-91) в варианте без удобрений – 3,05%, на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ – 3,10%, подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) – 106 и 190 мг/кг почвы, обменного калия по Кирсанову (ГОСТ 54650-2011) – 92 и 123 мг/кг почвы, рН_{сол.} (ГОСТ 26489-85) – 5,04 и 4,78 ед., обменного магния (ГОСТ 26487-85) – 2,2 и 2,4 мг-экв./100 г почвы, гидролитическая кислотность (Нг) – 4,69 и 5,86 мг-экв./100 г почвы соответственно. [9]

Опыт проводили по схеме в севообороте (ячмень + клевер, клевер первого года пользования, озимая пшеница): фактор А – удобрения NPK и N₉₀P₉₀K₉₀; фактор В – известкование.

Мелиорант – доломитовая мука (ГОСТ 14050-93). Ее вносили осенью 2017 года под зяблевую обработку почвы. Дозы извести 1,5 г.к. рассчитывали по гидролитической кислотности. Повторное внесение CaCO₃ – 6,9 т/га на фоне NPK и 8,8 т/га N₉₀P₉₀K₉₀.

В качестве минеральных удобрений N₉₀P₉₀K₉₀ применяли нитрофоску марки 16:16:16.

Учетная площадь делянки – 90 м², повторность – четырехкратная. Урожай зерновых культур убирали в фазе полной спелости комбайном Сампо 130. Агротехника – общепринятая для зоны. В опыте высевали районированные сорта сельскохозяйственных культур: ячмень *Яромир*, клевер *Благодать*, озимая пшеница *Даная*.

Для статистической оценки результатов использовали метод дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову. [4]

Определяли массу 1000 зерен. Содержание белка, клейковины находили методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе цельного зерна Infratek™ 1241. Биологическую активность по эмиссии углекислого газа устанавливали методом Штанова (1952), качественные характеристики зерна – по ГОСТам 12042-80 и 12044-93, химический и биохимический состав зерна – общепринятыми стандартными методами.

Погодные условия 2018–2020 годов отличались нестабильностью (табл. 1).

Вегетационный период 2018 года характеризовался неблагоприятными засушливыми условиями для развития яровых культур. Первый месяц (май) вегетации растений был теплее климатической нормы (19,2°С) на 6,6°С. В июне (20,3°С) среднее отклонение от нормы составило 3,3°С. На фоне повышения среднесуточной температуры воздуха наблюдали дефицит осадков на 44,4 мм от нормы. Основная масса атмосферных осадков (76,6 мм) выпала в июле, среднемесячная температура воздуха при этом была на 4,0°С выше среднееголетних значений. Сумма активных температур выше 10°С составила 1944 (климатическая норма – 2000...2200°С). ГТК в 2018 году – 0,59 (засушливый) был ниже среднееголетнего значения.

Вегетационный период 2019 года отличался неблагоприятными условиями, особенно в I и II декадах июня, ГТК = 0,14. Среднемесячная температура воздуха в июле, августе была на 0,4...1,9°С выше среднееголетней. Сумма активных температур – 2187°С, ГТК = 0,73.

Метеоусловия вегетационного периода 2020 года увлажненные. Средняя температура воздуха за май–сентябрь – 17,1°С, сумма активных температур – 1912°С, коэффициент влагообеспеченности – 1,39.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Поскольку образование диоксида углерода (CO₂) связано с биологическими процессами, протекающими в почве, то количество выделившейся углекислоты характеризует общую биогенность почвы и отражает эффективное плодородие (табл. 2).

Наиболее интенсивное выделение диоксида углерода было в варианте под влиянием минеральных удо-

Таблица 1.

Метеорологические условия по годам

Показатель	Месяц	2018	± к среднееголетним	2019	± к среднееголетним	2020	± к среднееголетним	Среднееголетние
Среднесуточная температура воздуха, °С	Май	19,2	+6,6	19,1	+6,5	14,0	+1,4	12,6
	Июнь	20,3	+3,3	22,7	+5,7	20,9	+3,9	17,0
	Июль	23,1	+4,0	19,5	+0,4	22,5	+3,4	19,1
	Август	23,6	+6,4	19,1	+1,9	19,9	+2,7	17,2
	Сентябрь	17,5	+6,3	14,8	+3,6	16,4	+5,2	11,2
Осадки, мм	Май	27,8	-12,2	48,0	+8,0	57,1	-26,0	40,0
	Июнь	10,6	-44,4	38,2	-16,8	112,9	+57,9	55,0
	Июль	76,6	+11,6	38,2	-26,8	55,5	-9,5	65,0
	Август	1,4	-35,6	36,4	-18,6	66,0	+11,0	55,0
	Сентябрь	30,5	-9,5	11,8	-28,2	31,6	-8,4	40,0

брений и извести ($N_{90}P_{90}K_{90} + CaCO_3$), где наблюдали закономерность: эмиссия CO_2 возрастала на 31,6% под ячменем с подсевом клевера, 44,3 – клевером первого года пользования и 48,8% – озимой пшеницей.

Наименьшее продуцирование CO_2 с поверхности почвы под культурами звена севооборота было при $NPK + CaCO_3$ – 26,2%, 28,0, 29,5% соответственно.

В среднем по культурам в варианте без удобрений и извести был самый низкий показатель эмиссии углерода – 204,1 мг $CO_2/м^2\cdotч$.

В опыте с ежегодным внесением $N_{90}K_{90}P_{90} +$ известь (8,8 т/га) усиливалась активность по продуцированию диоксида углерода. Данный показатель находился на уровне 407,8 мг $CO_2/м^2\cdotч$ только с минеральными удобрениями и известью, прибавка составила 41,7% (табл. 2).

Урожай возделываемых культур в звене севооборота определяется активностью протекающих в почве биологических процессов, внесением минеральных и известковых удобрений (табл. 3).

За все годы исследований преимущество было за минеральными удобрениями, внесенными с известью. Урожайность ячменя повысилась до 3,53 т/га, прибавка – 1,08 т/га (44,1%). Минимальная отдача выявлена при $NPK +$ известь в дозе 6,9 т/га и составила 0,21 т/га (8,6%), $HCP_{0,5\text{изв}}$ – 0,1 т/га. Длительно неудобряемый вариант отличался относительно низкой урожайностью – 2,45 т/га. Высокий эффект от известкования и удобрений наблюдали в последствии на клевере первого года пользования в сумме двух укосов (сухая масса) и озимой пшенице.

Таблица 2.

Активность эмиссии углекислого газа из почвы CO_2 мг/м²·ч при известковании и применении минеральных удобрений в слое 0...30 см по годам

Вариант	2018 ячмень + клевер		2019 клевер		2020 озимая пшеница		Среднее	
	CO_2 , мг/м ² ·ч	±%*	CO_2 , мг/м ² ·ч	±%*	CO_2 , мг/м ² ·ч	±%	CO_2 , мг/м ² ·ч	±%*
$N_0P_0K_0$	136,2	–	165,1	–	311,0	–	204,1	–
$N_0P_0K_0 + CaCO_3$	171,9	+26,2	211,5	+28,1	402,8	+29,5	262,1	+28,4
$N_{90}P_{90}K_{90}$	239,7	–	233,8	–	390,0	–	287,8	–
$N_{90}P_{90}K_{90} + CaCO_3$	315,5	+31,6	337,4	+44,3	580,5	+48,8	407,8	+41,7
$HCP_{0,5\text{уд}}$	53,7	–	59,83	–	17,12	–	–	–
$HCP_{0,5\text{изв}}$	22,8				13,13			

Примечание. * Прибавка в варианте с известкованием.

Таблица 3.

Урожайность культур звена севооборота в зависимости от действия минеральных удобрений и извести, т/га

Показатель	Вариант			
	без удобрений		с удобрениями	
	без известкования (NPK)	с известкованием (NPK + $CaCO_3$)	без известкования ($N_{90}P_{90}K_{90}$)	с известкованием ($N_{90}P_{90}K_{90} + CaCO_3$)
2018 год, ячмень + клевер, первый год звена севооборота				
Урожайность, т/га	2,45	2,66	3,12	3,53
Прибавка	общая, т/га	–	+0,21 (+8,6%)	+0,67 (+27,3%)
	от извести	–	+0,21 (+8,6%)	–
	от NPK	–	–	+0,67 (+27,3%)
$HCP_{0,5\text{уд}}$	0,10			
$HCP_{0,5\text{изв}}$	0,10			
2019, клевер первого года пользования (сумма двух укосов)				
Урожайность, т/га	5,64	6,18	6,44	7,75
Прибавка	общая, т/га	–	+0,54 (+9,6%)	+0,80 (+14,21%)
	от извести	–	+0,54 (+9,6%)	–
	от NPK	–	–	+0,80 (+14,21%)
$HCP_{0,5\text{уд}}$	0,81			
$HCP_{0,5\text{изв}}$	0,42			
2020, озимая пшеница				
Урожайность, т/га	5,25	6,35	6,49	7,89
Прибавка	общая, т/га	–	+1,10 (+21,0%)	+1,24 (+23,6%)
	от извести	–	+1,10 (+21,0%)	–
	от NPK	–	–	+1,24 (+23,6%)
$HCP_{0,5\text{уд}}$	0,13			
$HCP_{0,5\text{изв}}$	0,18			

Таблица 4.

Показатели качества культур звена севооборота в зависимости от минеральных удобрений и извести

Вариант	Ячмень+ клевер			Клевер первого года пользования (зеленая масса)				
	Масса 1000 зерен, г	Крахмал, %	Белок, %	N, %	P, %	K, %	Ca, %	Mg, %
NPK	44,4	46,36	9,0	2,60	0,18	1,79	1,71	1,61
NPK + CaCO ₃	45,7	49,44	10,0	2,60	0,19	1,79	1,62	1,63
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	46,3	46,30	9,72	2,56	0,20	2,17	1,74	1,64
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + CaCO ₃	46,9	54,80	10,34	2,69	0,22	2,38	1,79	1,70

На известкованном фоне с минеральными удобрениями прирост урожая клевера первого года пользования в сумме двух укосов (сухая масса) – 1,31 т/га (20,3%), в варианте с известкованием без удобрений – 0,54 т/га (9,6%) по отношению к контролю.

Закономерности действия минеральных и известковых удобрений на урожайность озимой пшеницы были такими же, как и на других культурах звена севооборота. Максимальная урожайность озимой пшеницы отмечена при внесении N₉₀P₉₀K₉₀+CaCO₃ – 7,89 т/га, общая прибавка в 1,5 раза превысила контроль – 2,64 т/га (50,3%). Прибавка от извести – 1,40 т/га (21,6%).

Под влиянием минеральных удобрений на фоне известкования формировалось повышенное количество белка, клейковины, крахмала в ячмене, росла питательная ценность клевера (табл. 4).

Важный показатель питательной ценности зерна – содержание белка. Он целиком зависит от обеспеченности азотным питанием в сочетании с фосфорно-калийными удобрениями, известью.

Выявлено, что содержание белка в зерне ячменя варьировало от 9,0 до 10,34%, прибавка от N₉₀P₉₀K₉₀ и извести – 1,34%.

Удобрения и CaCO₃ повышали содержание в зерне ячменя крахмала до 54,8%. Прибавка к варианту без удобрений и извести составила 8,44%, без удобрений (NPK + CaCO₃) – 3,08%.

Повторное известкование улучшает качество продукции клевера первого года пользования. Преобладание каждого элемента (N, P₂O₅, K₂O) приводит к увеличению их концентрации.

На минеральном фоне с доломитовой мукой в наибольшей степени возрастало содержание азота (2,69%) и калия (2,38%), на неудобренном фоне с CaCO₃ – 2,60 и 1,79% соответственно, в меньшей – фосфора (0,19...0,22%).

Содержание кальция и магния в зеленой массе клевера имело тенденцию к повышению при внесении N₉₀P₉₀K₉₀+CaCO₃ – 1,79 и 1,70% соответственно (табл. 4).

При выращивании озимой пшеницы важен не только количественный рост урожая, но и повышение его качества из-за увеличения содержания белка и клейковины (табл. 5).

Все рассматриваемые показатели качества озимой пшеницы под влиянием удобрений и извести улучшались, разница с контролем: белок – 0,64...1,78%; сырая клейковина – 1,6...4,3%; натура зерна – 11...26 г/л.

С повышением уровня минерального питания возрастает масса 1000 семян ячменя – с 44,4 до 46,9 г. Самые крупные семена были на фоне применения минеральных удобрений и извести (46,9 г).

Наибольшее содержание белка (12,9%) в зерне озимой пшеницы наблюдали в варианте с минеральными

удобрениями N₉₀P₉₀K₉₀ и известью, на 1,7% выше контроля, что позволяет отнести ее к ценной и сильной. В варианте без удобрений содержание белка составляло 11,12% (продовольственная).

Содержание сырой клейковины по опыту повысилось с 23,3 (контроль) до 27,6% при N₉₀P₉₀K₉₀+CaCO₃, что выше на 4,3%, чем в контроле. Это показывает закономерность по улучшению качества зерна при использовании минеральных удобрений и извести.

Показатель ИДК, характеризующий изменение и сопротивление деформации клейковины – 65...75 ед. (пшеница оценивается как хорошая), в варианте без удобрений ИДК составил 80 ед. (удовлетворительно слабая).

Внесение извести на фоне применения минеральных удобрений (N₉₀P₉₀K₉₀) на темно-серой лесной почве способствует улучшению природы зерна.

В соответствии с требованиями ГОСТ 52554, для ценного зерна она должна составлять не менее 730 г/л. Натурная масса зерна озимой пшеницы варьировала от 759 до 785 г/л. Максимальный показатель (785 г/л) отмечен на удобренном варианте с доломитовой мукой, что выше на 26 г/л, чем в варианте без удобрений (табл. 5).

Экономическую эффективность применения доломитовой муки в сочетании с минеральными удобрениями на темно-серой лесной почве (2018–2020 годы) на посевах ячменя, клевера первого года пользования, озимой пшеницы определяли стоимостью прибавки, затратами на внесение удобрений и их дозами.

Условно-чистый доход при возделывании ячменя равен соответственно 605 и 2060 руб./га, клевера первого года пользования – 1396 и 4599 руб./га, озимой пшеницы – 3260 и 5049 руб./га.

Выводы. В результате известкования и улучшения кислотного режима создаются предпосылки к усилению жизнедеятельности полезных микроорганизмов. Этим объясняется положительное влияние извести на содержание в растениях азота, зольных элементов питания, белка и клейковины.

Таблица 5.

Влияние минеральных удобрений и извести на показатели качества озимой пшеницы

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Белок, %	Сырая клейковина, %	ИДК ед.	Натурная масса, г/л
NPK	40,3	11,12	23,3	80,0	759
NPK + CaCO ₃	40,8	11,76	24,9	75,0	770
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	42,2	11,80	25,1	68,0	769
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + CaCO ₃	44,0	12,90	27,6	65,0	785

Интенсивность выделения углекислого газа в период наиболее активной жизнедеятельности растений свидетельствует о высокой минерализации органического вещества в почве.

Использование минеральных удобрений и известкования на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве в звене севооборота обеспечило высокую урожайность и качество растениеводческой продукции. Таким образом, при возделывании сельскохозяйственных культур на темно-серой лесной почве, при совместном применении $N_{90}P_{90}K_{90}$ и известки урожайность ячменя составила 3,53 т/га, сена клевера первого года пользования – 77,53, озимой пшеницы – 7,89 т/га, по сравнению с контролем без удобрений.

В разные по погодным условиям годы получено зерно с высоким содержанием сырой клейковины, белка, натуры в зерне озимой пшеницы, крахмала в ячмене, зольных элементов питания в клевере. Наилучшим оказался вариант с доломитовой мукой и $N_{90}P_{90}K_{90}$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Ахметзянов М.Р., Таланов И.П. Влияние приемов основной обработки почвы и растительной биомассы на продуктивность культур в звене севооборота // *Плодородие*. 2019. № 5 (110). С. 41–45. EDN: WGYZER. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.110.12>
- Гладышева О.В., Пестряков А.М., Свирина В.А., Красников Н.Г. Известкование для улучшения плодородия темно-серой лесной почвы // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2014. № 6. С. 26–27. EDN: SYJUWB.
- Голосной Е.В., Агеев В.В., Подколзин А.И. Влияние систем удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности // *Агрохимический вестник*. 2013. № 2. С. 33–35. EDN: RDUQVH.
- Доспехов Г.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 351 с.
- Кануков З.Т., Дзанагов С.Х., Басиев А.Е. и др. Урожай и качество продукции культур севооборота при удобрении выщелоченного чернозема // *Плодородие*. 2009. № 4(49). С. 41–42. EDN: KYVSUV.
- Лешкенов А.М., Занилов А.Х., Крылова М.Ф. Влияние биологической активности почвы на содержание органического вещества на фоне возрастающих доз минеральных удобрений // *Земледелие*. 2022. № 7. С. 11–15. EDN: OZFKQO. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-7-11-15>
- Ломачко Е.И., Алиев Ш.А. Известкование почв Республики Татарстан. Казань: ООО «Центр инновационных технологий», 2004. 272 с. EDN: XGJBFZ.
- Матюк Н.С., Полин В.Д., Шевченко В.А., Соловьев А.М. Активность микроорганизмов дерново-подзолистой почвы в различных агроэкосистемах // *Плодородие*. 2020. № 2(113). С. 61–64. EDN: VRPUDG.
- Минеев В.Г. и др. Практикум по агрохимии. М.: Изд. МГУ, 2001. 689 с.
- Налиухин А.Н., Власова О.А., Ерегин А.В. и др. Продуктивность полевого севооборота при различных системах удобрения и известкования // *Плодородие*. 2020. № 4 (115). С. 30–34. EDN: ETLXSL. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.115.09>
- Федорова А.В., Бахвалова С.А., Демьянова-Рой Г.Б. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // *Плодородие*. 2022. № 5 (128). С. 30–32. EDN: UQEZFЕ. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.128.08>
- Чухина О.В., Суров В.В., Токарева Н.В., Анфимова С.Л. Качество и урожайность культур звена севооборота при применении удобрений и микробиологических препаратов в Вологодской области // *Плодородие*. 2015. № 1 (82). С. 25–29. EDN: THJMGV.
- Holland J.E., White P.J., Glendinning M.J. et al. Yield responses of arable crops to liming – An evaluation of relationships between yields and soil pH from a long-term liming experiment, *European Journal of Agronomy*. 2019. Vol. 105. P. 176–188. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.02.016>
- Li Y., Cui S., Chang S.X. et al. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. *J Soils Sediments* 19. 2019. P. 1393–1406. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2120-2>

REFERENCES

- Ahmetzyanov M.R., Talanov I.P. Vliyanie priemov osnovnoy obrabotki pochvy i rastitel'noy biomassy na produktivnost' kul'tur v zvene sevooborota // *Plodorodie*. 2019. № 5 (110). S. 41–45. EDN: WGYZER. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2019.110.12>
- Gladysheva O.V., Pestryakov A.M., Svirina V.A., Krasnikov N.G. Izvestkovanie dlya uluchsheniya plodorodiya temno-seroj lesnoj pochvy // *Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk*. 2014. № 6. S. 26–27. EDN: SYJUWB.
- Golosnoj E.V., Ageev V.V., Podkolzin A.I. Vliyanie sistem udobrenij na urozhajnost' i kachestvo kul'tur zvena sevooborota na chernozeme vyshchelochennom Stavropol'skoj vozvyshennosti // *Agrohimicheskij vestnik*. 2013. № 2. S. 33–35. EDN: RDUQVH.
- Dospikhov G.A. Metodika polevogo opyta. M.: Agropromizdat. 351 s.
19. Kanukov Z.T., Dzanagov S.H., Basiev A.E. i dr. Urozhaj i kachestvo produkcii kul'tur sevooborota pri udobrenii vyshchelochennogo chernozema // *Plodorodie*. 2009. № 4 (49). S. 41–42. EDN: KYVSUV.
- Leshkenov A.M., Zanilov A.H., Krylova M.F. Vliyanie biologicheskoy aktivnosti pochvy na sodержание organicheskogo veshchestva na fone vozrastayushchih doz mineral'nyh udobrenij // *Zemledelie*. 2022. № 7. S. 11–15. EDN: OZFKQO. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-7-11-15>
- Lomako E.I., Aliev Sh. A. Izvestkovanie pochv Respubliki Tatarstan. Kazan': OOO "Centr innovacionnyh tekhnologij", 2004. 272 s. EDN: XGJBFZ.
- Matyuk N.S., Polin V.D., Shevchenko V.A., Solov'ev A.M. Aktivnost' mikroorganizmov dernovo-podzolistoj pochvy v razlichnyh agroekosistemah // *Plodorodie*. 2020. № 2 (113). S. 61–64. EDN: VRPUDG. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.113.18>
- Mineev V.G. i dr. Praktikum po agrohimii. M.: Izd. MGU, 2001. 689 s.
- Naliuhin A.N., Vlasova O.A., Eregina A.V. i dr. Produktivnost' polevogo sevooborota pri razlichnyh sistemah udobreniya i izvestkovanii // *Plodorodie*. 2020. № 4 (115). S. 30–34. EDN: ETLXSL. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.115.09>
- Fedorova A.V., Bahvalova S.A., Dem'yanova-Roj G.B. Vliyanie azotnyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy // *Plodorodie*. 2022. № 5(128). S. 30–32. EDN: UQEZFЕ. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.128.08>
- Chuhina O.V., Surov V.V., Tokareva N.V., Anfimova S.L. Kachestvo i urozhajnost' kul'tur zvena sevooborota pri prim-

enenii udobrenij i mikrobiologicheskikh preparatov v Vologodskoj oblasti // Plodorodie. 2015. № 1 (82). S. 25–29. EDN: THJMGV.

13. Holland J.E., White P.J., Glendining M.J. et al. Yield responses of arable crops to liming – An evaluation of relationships between yields and soil pH from a long-term liming experiment, *European Journal of Agronomy*. 2019. Vol. 105. P. 176–188. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.02.016>

14. Li Y., Cui S., Chang S.X. et al. Liming effects on soil pH and crop yield depend on lime material type, application method and rate, and crop species: a global meta-analysis. *J Soils Sediments* 19. 2019. P. 1393–1406.

<https://doi.org/10.1007/s11368-018-2120-2>.

Поступила в редакцию 20.05.2024

Принята к публикации 03.06.2024

УДК 631.4:581.55(470.67)

DOI: 10.31857/S2500208224050119, EDN: zsqskw

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА КОЧУБЕЙСКОЙ БИОСФЕРНОЙ СТАНЦИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА ЗА ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ

Муслимат Агасултановна Бабаева, кандидат биологических наук

Светлана Викторовна Осипова

Прикаспийский институт биологических ресурсов – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Махачкала, Республика Дагестан, Россия

E-mail: muslimat.50@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты многолетних наблюдений за изменениями пространственной структуры растительного покрова пастбищных ландшафтов Кочубейской биосферной станции (КБС) в связи с глобальным потеплением климата. Аридные пастбищные ландшафты из-за особенностей своей пространственной структуры (наличие полупустынных группировок растительности) считаются также хорошим индикатором климатических изменений. Изучена пространственная структура и современное состояние аридных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия на территории КБС. Проведен анализ биологического разнообразия видов, выявлены тренды антропогенной трансформации аридных ландшафтов региона. Установлено, что основные причины сокращения биоразнообразия – фрагментация местообитаний, внедрение чужеродных и расселение аборигенных видов за пределы ареала, экотонизация и островизация пастбищных экосистем, смещение границ ареалов. Поскольку цель сохранения компонентов биоразнообразия растительности – уменьшение нагрузок, вызываемых изменением климата, адаптационные меры должны быть направлены на снижение темпов фрагментации и деградации пастбищных ландшафтов. Вклад антропогенной деградации земель в опустынивание подтверждается значимым линейным трендом межгодовых колебаний показателей пастбищной дигрессии в регионе, приводящей к образованию «островов» антропогенного опустынивания, время жизни которых определяется влиянием человека и флуктуациями осадков.

Ключевые слова: глобальное потепление климата, растительный покров, экосистемы, антропогенный ландшафт, флористические комплексы

CHANGES IN THE SOIL AND VEGETATION COVER OF THE KOCHUBEY BIOSPHERE STATION UNDER GLOBAL WARMING IN RECENT YEARS

M.A. Babaeva, *PhD in Biological Sciences*

S.V. Osipova

Precaspian Institute of Biological Resources of the Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

E-mail: muslimat.50@mail.ru

Abstract. Objectives: The study and long-term observations of changes in the spatial structure of vegetation cover of pasture landscapes of the Kochubey Biosphere Station (KBS) due to global climate warming. Arid pasture landscapes, due to the peculiarities of their spatial structure (the presence of semi-desert vegetation groupings) are a good indicator of modern climatic changes. To achieve this goal, the spatial structure and the current state of the arid landscapes of the Northwestern Caspian Sea in the territory of the KBS have been studied. The analysis of the biological diversity of species was carried out. Also the characteristics of the common features of seasonal dynamics of landscapes were studied. Moreover, trends of climatic changes in the landscape structure of the territory and trends in anthropogenic transformation of arid landscapes of the region were identified. It has been revealed that the main reasons for the reduction of biodiversity are habitat fragmentation, the introduction of alien species, the settlement of native species outside the range, ecotonezation and “islandization” of pasture ecosystems, and the displacement of range boundaries. Since the goal of preserving the components of vegetation biodiversity is to reduce the pressures caused by climate change, adaptation measures should be aimed at reducing the rate of fragmentation and degradation of pasture landscapes. Monitoring observations have shown that over the last 20-century period there have been rhythmically repeating changes in climate and soil and vegetation cover, which indicates