

АГРОНОМИЯ

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Научная статья

УДК 504.53.062.4:631.445:631.58

doi: 10.28983/asj.y2024i4pp26-33

**Восстановление плодородия карбонатных почв
в ландшафтных системах земледелия**

**Екатерина Геннадьевна Котлярова, Александр Владимирович Акинчин,
Сергей Александрович Линков, Ольга Сергеевна Кузьмина**

Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, г. Белгород, Россия

e-mail: kotlyarovaeg@mail.ru

Аннотация. В экстремально сложных почвенно-ландшафтных условиях Красногвардейского полигона в Белгородской области удалось прекратить эрозионные потери, что способствовало повышению плодородия карбонатных почв. Несмотря на короткий период с точки зрения естественных темпов почвообразовательного процесса, установлено статистически достоверное повышение гумусного статуса почв. Содержание органического вещества в пахотном слое увеличилось на 0,64 % (абс.) в среднем по объекту, на 0,87 % (абс.) в почвах южного склона. В подпахотном слое прирост составил от 0,67 до 0,75 % (абс.) в зависимости от элемента рельефа. Содержание гумуса в почвах лесополос в среднем несколько выше, чем в межполосном пространстве. Вызвано это более высокими (в 2,5 раза) темпами гумусонакопления в первый период после освоения ландшафтных систем земледелия. Накопление гумуса способствовало оптимизации реакции почвенной среды. Смещение значений $pH_{\text{сол}}$ из области щелочной реакции, характерной для смытых карбонатных почв, в область нейтральных и близких к нейтральным значений, статистически значимо. О повышении общей окультуренности почв Красногвардейского полигона свидетельствует переход на более высокий уровень обеспеченности подвижными формами азота, фосфора и калия.

Ключевые слова: гумус; $pH_{\text{сол}}$; адаптивно-ландшафтные системы земледелия; Белгородская область; показатели плодородия; эрозия; мониторинг; карбонатные черноземы

Для цитирования: Котлярова Е. Г., Акинчин А. В., Линков С. А., Кузьмина О. С. Восстановление плодородия карбонатных почв в ландшафтных системах земледелия // Аграрный научный журнал. 2024. № 4. С. 26–33. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i4pp26-33>.

AGRONOMY

Original article

**Restoring the soil fertility of carbonate soils
in landscape farming systems**

Ekaterina G. Kotlyarova, Alexander V. Akinchin, Sergei A. Linkov, Olga S. Kuzmina

Belgorod State Agricultural University named after V.Ya. Gorin, Belgorod, Russia

e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

Abstract. In the extremely difficult soil and landscape conditions of the Krasnogvardeisk test site in the Belgorod region, it was possible to stop erosion losses, which contributed to an increase in the carbonate soils fertility. Despite the short period in terms of the natural rates of the soil-forming process, a statistically significant increase in the humus status of soils was established. The content of organic matter in the arable layer increased by 0.64% (abs.) on average for the site, by 0.87% (abs.) in the soils of the southern slope. In the subsoil layer, the increase ranged from 0.67 to 0.75% (abs.) depending on the relief element. The humus content in the soils of forest belts is on average slightly higher than in the space between the belts. This is caused by higher (2.5 times) rates of humus accumulation in the first period after the development of landscape farming systems. The accumulation of humus contributed to the optimization of the reaction of the soil environment. The shift in pH_s values from the area of alkaline reaction, characteristic of washed away carbonate soils, to the area of neutral and close to neutral values is statistically significant. An increase in the overall soil cultivation of the Krasnogvardeisk test site is evidenced by the transition to a higher level of provision with mobile forms of nitrogen, phosphorus and potassium.



Keywords: humus; pH_s; adaptive landscape farming systems; Belgorod region; fertility indicators; erosion; monitoring; carbonate chernozems

For citation: Kotlyarova E. G., Akinchin A. V., Linkov S. A., Kuzmina O. S. Restoring the soil fertility of carbonate soils in landscape farming systems // *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(4):26–33. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i4pp26-33>.

Введение. В результате многочисленных и многолетних исследований были не только установлены качественные и количественные параметры, характеризующие интенсивность эрозии в различных природно-климатических условиях крайне разнообразных в стране, но и разработаны методические подходы и почвозащитные приемы, способствующие снижению скорости развития, но и даже предотвращению эрозии почв. Однако и в настоящее время эта проблема остается актуальной, причем темпы эрозионных разрушений не только не снижаются, но растут. Например, по экспертным оценкам, в середине прошлого века ежегодные потери пахотных земель в мире составляли 6–7 млн га, в конце столетия – 9,3 млн га, в начале XXI века потери пашни возросли до 12 млн га. Это в свою очередь приводит к безвозвратной потере почв в объеме 75 млрд т, а общий ущерб от эрозии для человечества оценивается в 400 млрд долл. в год [2, 3, 9].

Исследование карбонатных почв представляет особый научный и практический интерес, поскольку они подвержены легкому разрушению, ускоренной деградации и повышенной трудностью восстановления плодородия [7]. Карбонатные почвы, в том числе черноземы типичные карбонатные, обыкновенные и остаточно-карбонатные, в большей степени страдают от водной эрозии и дефляции. В мире карбонатные почвы с различным содержанием CaCO₃ распространены преимущественно в засушливых районах, занимая более 30 % поверхности земли [1, 4], значительна их площадь и в Центральном Черноземье, в Белгородской области их доля в структуре пашни достигает 20 % [8].

Материалы и методы. В 2004 г. мониторинговые исследования по влиянию адаптивно-ландшафтных систем земледелия на плодородие почв были расширены за счет вовлечения модельного объекта «Красногвардейский полигон», выделенного в крайне сложных почвенно-рельефных условиях. Территория объекта охватывает водораздел, склоны южной и северной экспозиций, крутизна которых составляет от 1 до 8° и более (на некоторых участках до 15°), превышения рельефа достигают 50 м. Почвенный покров представлен черноземом остаточно-карбонатным различной степени смытости вплоть до сильносмытого (рисунок 1). В процессе работы проводили исследования по изучению основных показателей плодородия почв (содержание гумуса, pH, N, P, K, Ca²⁺ и Mg²⁺) в системе мониторингового обследования 42 реперных точек: по 3 в каждой лесной полосе (на опушках и в центре) и в каждом межполосном пространстве. Содержание гумуса определяется согласно ГОСТ 26213-91, подвижные формы фосфора и калия в нейтральных и слабокислых почвах по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-84); подвижные формы фосфора и калия в карбонатных почвах по методу Мачигина; легкогидролизуемый азот – по Корнфилду; pH солевой вытяжки методом ЦИНАО по ГОСТ 26483-85; сумма поглощенных оснований – по методу Каппена (ГОСТ 27821-88).

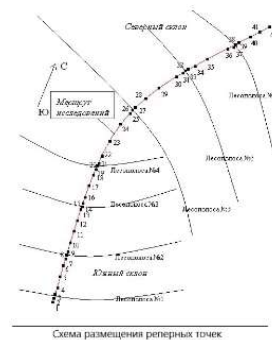
Географическое положение реперных точек зафиксировано навигатором GPS. Почвенные образцы отбирались на разных элементах рельефа, включая водораздел, верхнюю, среднюю и нижнюю части склона. Для исследования показателей плодородия были отобраны почвенные образцы из пахотного (0–20 см) и подпахотного (20–40 см) слоев. Исследования повторили в 2009, 2014 и 2023 гг. Сравнительный анализ показателей плодородия проводили относительно данных широкомасштабного обследования почв данной территории 1985 г.

Результаты исследований. Несмытые черноземы остаточно-карбонатные характеризуются содержанием гумуса в верхнем слое 6,3 %, слабосмытые – 5,8, среднесмытые – 2,4 и сильносмытые – 2,2 % [8]. Это согласуется с нашими данными исследования почвенных образцов, отобранных на водоразделе в лесной полосе 1947 г. посадки и на пастбище северного склона, которые содержат 5,7 и 5,4 % гумуса соответственно. С учетом этого можно оценить уровень потерь органического вещества в почвах южного и северного склонов Красногвардейского по-





а



б



в

Рисунок 1 – Модельный объект «Красногвардейский полигон»:
 а – космоснимок объекта; б – схема расположения реперных точек; в – почвенный покров –
 чернозем остаточно-карбонатный разной степени смывости

Figure 1 – Model object “Krasnogvardeisk test site”:
 а – satellite image of the object; б – diagram of the location of reference points;
 с – soil cover – residual carbonate chernozem of varying degrees of erosion

лигона, почвы которых по материалам агрохимобследования 1985 г. содержали соответственно 2,38 и 3,70 % гумуса (таблица 1). Таким образом, почвы полярных склонов до начала освоения адаптивно-ландшафтных систем земледелия потеряли 34–57 % и более. Действительно, вследствие экстремального гидротермического режима южные склоны в большей степени подвержены эрозионным процессам, что подтверждается значительно меньшим содержанием органического вещества (в 1,5 раза) и согласуется с результатами подобных исследований [5, 11].

Таблица 1 – Динамика содержания гумуса в пахотном слое почвы, %

Table 1 – Dynamics of humus content in the topsoil, %

Элемент рельефа	Поле	Год				
		1985	2004	2009	2014	2023
Южный склон НСР ₀₅ = 0,34	1	2,30	3,85	3,97	3,53	3,57
	2	2,30	3,13	3,64	3,23	3,17
	3	2,40	2,77	3,19	3,35	2,96
	4	2,50	2,95	2,87	3,56	3,28
	X*	2,38	3,18	3,42	3,42	3,25
	V, %	–	14,9	14,2	4,7	7,7
Северный склон НСР ₀₅ = 0,29	5	3,70	3,54	3,13	3,89	3,48
	6	3,70	3,52	3,44	3,53	3,53
	X	3,70	3,53	3,29	3,71	3,51
	V, %	–	0,4	6,7	6,7	0,9
Водосбор НСР ₀₅ = 0,32	X	2,73	3,29	3,37	3,52	3,37
	V, %	–	12,4	11,7	6,3	7,2

*X – среднееарифметическое; V – коэффициент вариации, %.



В последующие периоды мониторингового обследования различия в динамике содержания гумуса в почвах полярных склонов заметно меняются. На южном склоне отмечается накопление органического вещества, содержание которого к 2004 г. увеличилось в среднем на 0,8 %(абс.), к 2009 г. дополнительно на 0,24 %(абс.). Причем прирост гумуса уже в первый период был статистически значимым ($НСР_{05} = 0,34$). Последующие 20 лет характеризуются стабилизацией гумусового состояния почв. Очевидно, что решающую роль в этом сыграла противоэрозионная организация территории, закрепленная системой водорегулирующих лесных полос, и введение почвозащитного севооборота, наиболее приемлемого на склонах крутизной более 5°.

Почвы северного склона продолжали терять органическое вещество, несмотря на более благоприятные изначально почвенно-рельефные условия. К 2009 г. потери достигли существенных значений (-0,41 %(абс.)), очевидно вследствие того, что на этой территории использовался зернопаропропашной севооборот, и это при крутизне склона более 3°. Впоследствии с введением зернового севооборота (соя – озимая пшеница), который соответствовал ландшафтным условиям северного склона, удалось сломить отрицательную тенденцию. Исследованиями 2014 г. установлен прирост гумуса и его стабилизация к настоящему времени.

Об однонаправленности происходящих в почве процессов свидетельствует поэтапное снижение коэффициентов вариации как на южном и северном склонах, так и в целом по водосбору. Значения коэффициентов вариации в настоящее время не превышают 10 %, что свидетельствует о выровненности показателя и подчеркивает положительный вектор его изменения.

В пользу того, что в почвах Красногвардейского полигона процессы гумусонакопления и его стабилизации не случайны, а закономерны свидетельствует положительная динамика содержания гумуса в подпахотном слое почвы. В отличие от отмеченных особенностей изменения показателя в пахотном слое полярных склонов, в подпахотном слое почвы и южной, и северной экспозиций в течение всего периода мониторинговых исследований (20 лет) отмечен неуклонный прирост органического вещества, который в 2014 г. доказательно подтвержден математической обработкой (рисунок 2). Разнонаправленные изменения показателя в пахотном (-) и подпахотном (+) слоях в 2023 г., скорее, свидетельствует о различиях между ними в сезонных флуктуациях, более динамичных в пахотном слое в связи с высокой интенсивностью воздействия на него природных и антропогенных факторов. Большая стабильность подпахотного слоя на фоне происходящих в нем процессов подтверждает значение ландшафтных систем земледелия в сохранении и повышении плодородия почв.

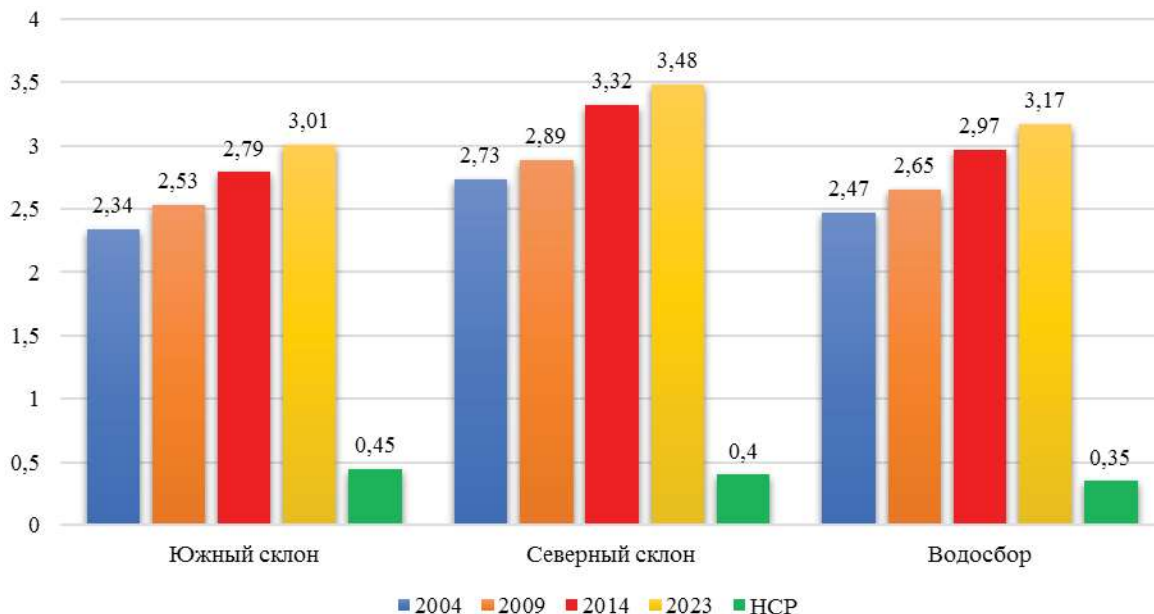


Рисунок 2 – Динамика содержания гумуса в подпахотном слое почвы, %

Figure 2 – Dynamics of humus content in the subsoil layer, %

Анализ показателей плодородия почв под лесными полосами в агроландшафте важен с точки зрения сопоставления скорости их изменения по сравнению с межполосным пространством, поскольку факторы почвообразования меняют свой характер, по крайней мере это касается факторов растительности и антропогенного. В отличие от межполосного пространства (полей севооборотов) с произрастающими



сельскохозяйственными культурами преимущественно однолетними, часть фитомассы которых ежегодно отчуждается, с сопутствующим сорным компонентом агроценоза и периодическими обработками почвы под лесными полосами не происходит механического воздействия на почву, покрытую многолетней древесной и травянистой растительностью. Очевидно, что именно с этим связаны значительные различия в содержании гумуса уже в 2004 г. Если в среднем на межполосном пространстве Красногвардейского полигона величина показателя составила 3,29 %, то в почвах под лесными полосами 4,10 %. В последующие годы отмечается стабилизация показателя на достигнутом уровне.

Как отмечалось ранее [6], вследствие повышения запасов гумуса в почвах и в целом их окультуривания на модельном объекте «Репный Лог» произошел сдвиг реакции почвенного раствора в сторону нейтральных значений, наиболее благоприятных для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур. Несмотря на то, что содержание гумуса в почвах Красногвардейского полигона намного меньше по сравнению с почвами объекта «Репный Лог», тем не менее и в данном случае накопление гумуса в почве положительно повлияло на реакцию ее среды. Черноземы остаточно-карбонатные характеризуются «щелочной реакцией с поверхности» [7]. Действительно по данным агрохимобследования 1985 г. почвы южного и северного склонов имели ярко выраженную щелочную реакцию $pH_{\text{сол}} = 7,55-7,68$. В дальнейшем происходило смещение значений $pH_{\text{сол}}$ в сторону нейтральных и близких к ним значений. Спустя 20 лет после начала освоения ландшафтных систем земледелия отмечено статистически значимое снижение $pH_{\text{сол}}$ на 1,12 ед. в пахотном слое и на 0,57 в подпахотном слое (рисунок 3).

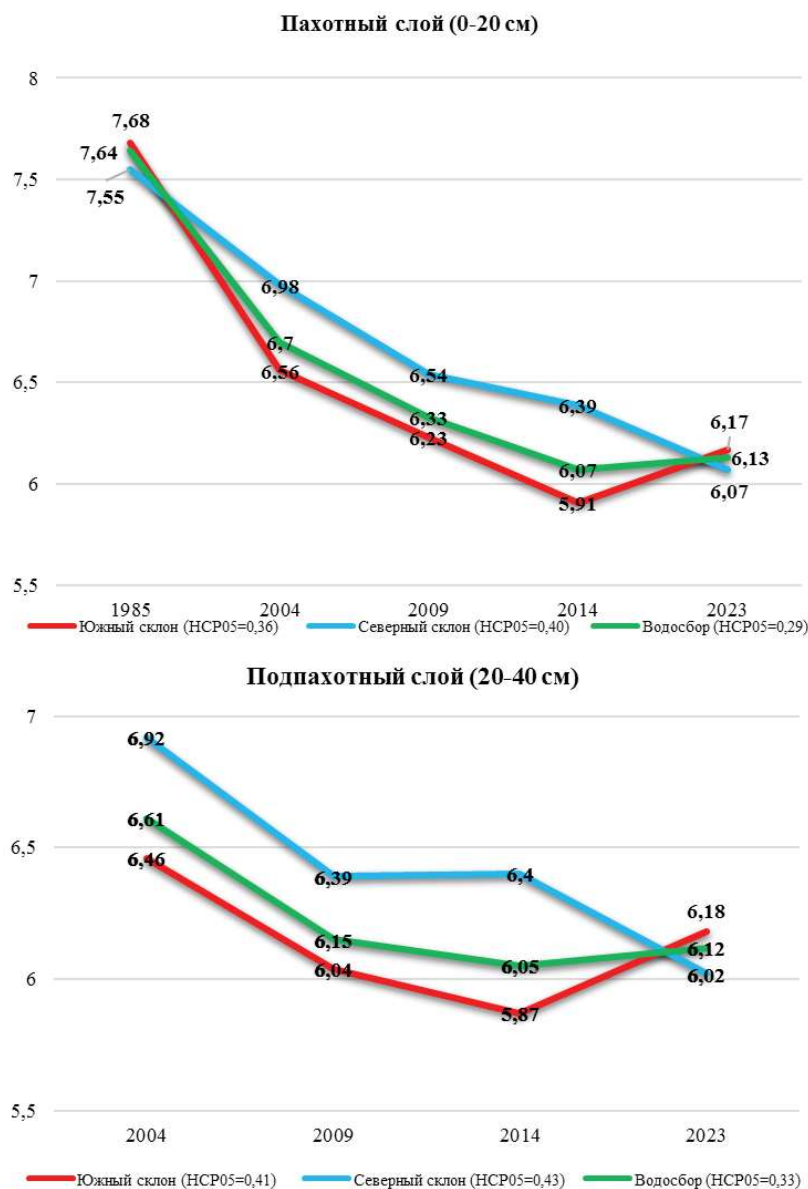


Рисунок 3 – Изменение $pH_{\text{сол}}$ по турам обследования почв Красногвардейского полигона

Figure 3 – Changes in pH_s according to soil survey rounds at the Krasnogvardeisk test site





Темпы изменения реакции среды в почвах полярных склонов были разными (на южном они были выше), тем не менее к настоящему времени обращает на себя внимание выравнивание значений независимо от экспозиции склонов, что отражается в поведении их диаграмм. Очевидно, что это имеет прямое отношение к «эффекту выравнивания» гумусового состояния почв полярных склонов. Если в 1985 г. различия между склонами по содержанию гумуса в пахотном слое почв составляли 55 %, то в 2023 г. только 8 %. Сходные изменения по направленности и темпам отмечаются в подпахотном слое почв.

Исходя из данного В.Д. Соловиченко [8] описания чернозема остаточно-карбонатного, широко распространенного в Белгородской области, количество содержащихся Ca^{2+} и Mg^{2+} в почвах Красногвардейского полигона свидетельствует, что почвенный покров объекта потерял порядка 50 см верхнего наиболее плодородного слоя. Изменчивость агрономически ценных катионов кальция и магния статистически достоверна между турами обследования и в пахотном слое имеет характер пульсирующего перераспределения между Ca^{2+} и Mg^{2+} на южном склоне (таблица 2). Можем предположить, что такая динамика вызвана цикличностью почвенных процессов. На северном склоне в течение последних 14 лет произошло достоверное снижение содержания катиона кальция и общей суммы агрономически ценных катионов, при этом отмечается незначительное повышение содержания магния. Часто потери кальция связывают с вымыванием [10]. Очевидно, это могло произойти вследствие лучшего увлажнения северных склонов и перенаправления поверхностного стока во внутрпочвенный в системе лесных водорегулирующих полос. С другой стороны, повышение гумусового статуса, в целом плодородия почв будет способствовать росту продуктивности сельскохозяйственных культур и, в конечном итоге, биологическому закреплению агрономически ценных катионов в верхних слоях почвы.

Таблица 2 – Содержание обменных оснований в почвах Красногвардейского полигона, ммоль/100 г

Table 2 – Content of exchangeable bases in soils of the Krasnogvardeisk test site, mmol/100 g

Элемент рельефа	№ поля	Пахотный слой						Подпахотный слой					
		Ca^{2+}			Mg^{2+}			Ca^{2+}			Mg^{2+}		
		2009	2014	2023	2009	2014	2023	2009	2014	2023	2009	2014	2023
Южный склон	1	22,4	16,8	21,4	2,8	4,0	1,9	23,0	19,2	22,5	2,3	4,8	1,9
	2	23,6	17,5	25,7	2,5	3,3	1,8	24,4	18,4	26,7	2,4	4,5	1,6
	3	24,9	22,3	21,2	2,3	2,5	2,4	27,1	22,5	21,9	2,7	3,3	2,1
	4	23,8	22,3	22,0	2,2	2,8	2,3	24,6	22,7	22,3	2,7	2,3	2,3
	X	23,7	19,7	22,6	2,5	3,2	2,1	24,8	20,7	23,4	2,5	3,7	2,0
	HCP ₀₅	1,9			0,6			2,1			0,6		
Северный склон	5	24,7	22,5	21,2	1,8	1,1	2,3	25,4	22,6	22,8	2,1	1,0	2,3
	6	23,6	22,7	21,5	2,1	3,7	2,6	26,2	24,2	20,5	2,5	3,6	2,7
	X	24,2	22,6	21,3	1,9	2,4	2,4	25,8	23,4	21,7	2,3	2,3	2,5
	HCP ₀₅	2,2			$F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$			2,4			$F_{\text{факт}} < F_{\text{теор}}$		
Объект	X	23,8	20,7	22,2	2,3	2,9	2,2	25,1	21,6	22,8	2,5	3,3	2,1
	HCP ₀₅	1,5			0,6			1,6			0,7		

Пахотный слой почв Красногвардейского полигона характеризуется низким содержанием легкогидролизуемого азота, обусловленным высокой степенью смывости почв объекта. Изменение его содержания в течение последних 20 лет происходит в пределах данного класса обеспеченности (таблица 3). Положительным фактом является переход по содержанию легкогидролизуемого азота в почве на класс обеспеченности выше начиная с 2009 г.

Изначально (1985 г.) почвы Красногвардейского полигона по содержанию подвижных форм фосфора были обеспечены в средней степени (см. таблицу 3), поскольку известно, что «на смываемых почвах в результате эрозии и распашки нижних горизонтов с меньшим содержанием общего фосфора происходит снижение и подвижных фосфатов» [5].

Уже первые туры мониторингового обследования показали существенный рост содержания элемента в пахотном и, очевидно, в подпахотных слоях как южного склона на 87,8, так и северного – на 88,6 мг/кг. Это способствовало переходу почвы участка на два класса выше, который соответствует высокому содержанию по обеспеченности подвижным фос-



фором. К 2023 г. отмечается значимое снижение P_2O_5 в пахотном слое, сопровождавшееся переходом в класс повышенной обеспеченности почвы. В подпахотном слое снижение статистически недостоверно, хотя на южном склоне обеспеченность элементом стала средней.

Таблица 3 – Динамика содержания подвижного фосфора и обменного калия в почве в рельефных условиях Красногвардейского полигона, мг/кг

Table 3 – Dynamics of the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium in the soil in the relief conditions of the Krasnogvardeysk test site, mg/kg

Элемент рельефа	№ поля	Пахотный слой					Подпахотный слой			
		1985 г.	2004 г.	2009 г.	2014 г.	2023 г.	2004 г.	2009 г.	2014 г.	2023 г.
P_2O_5										
Южный склон	1	46,9	121,8	121,3	90,3	84,0	68,2	95,0	81,3	65,7
	2	47,1	102,1	154,0	83,7	112,7	60,0	128,3	71,7	72,3
	3	33,0	126,2	127,3	108,0	52,0	99,0	95,3	98,0	44,7
	4	125,0	176,7	200,7	224,3	168,0	147,7	181,3	159,0	133,3
	среднее	63,0	131,7	150,8	126,6	104,2	93,7	125,0	102,5	79,0
	НСР ₀₅	38,2					$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$			
Северный склон	5	97,2	195,5	209,1	180,0	150,0	150,7	161,1	162,3	126,0
	6	96,8	175,3	159,3	126,0	118,7	142,3	120,3	107,5	110,3
	среднее	97,0	185,4	184,2	153,0	134,3	146,5	140,7	134,9	118,2
	НСР ₀₅	48,3					$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$			
Водосбор	среднее	74,3	149,6	162,0	135,4	114,2	111,3	130,2	113,3	92,1
	НСР ₀₅	31,5					$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$			
K_2O										
Южный склон	1	140,8	65,2	126,3	83,7	125,1	44,0	105,0	70,7	95,0
	2	141,2	61,3	151,7	81,7	133,7	55,1	112,3	68,7	95,7
	3	145,0	150,3	247,7	170,0	157,0	110,3	171,7	160,7	124,0
	4	210,0	205,3	260,7	235,0	235,7	143,7	205,0	163,3	201,3
	среднее	159,3	120,6	196,6	142,6	162,9	88,3	148,5	115,8	129,1
	НСР ₀₅	$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$					$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$			
Северный склон	5	207,1	241,8	258,3	230,3	262,3	145,3	154,4	201,7	194,3
	6	206,9	136,2	205,3	94,0	131,3	100,3	160,7	88,0	116,0
	среднее	207,0	189,0	231,8	162,2	196,8	122,8	157,5	144,8	155,2
	НСР ₀₅	$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$					$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$			
Водосбор	среднее	175,2	143,4	208,3	149,1	174,2	99,8	151,5	125,5	137,8
	НСР ₀₅	$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$					$F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$			

В последнее время прослеживается тенденция снижения содержания в почве подвижных форм фосфора и калия. Это может быть следствием того, что в производстве достижение высокой продуктивности сельскохозяйственных культур происходит за счет увеличения количества вносимого минерального азота, тогда как потребление фосфора и калия происходит за счет почвенных запасов. Очевидно, с этим связана повышенная минерализация органического вещества почвы.

Следует отметить, что содержание подвижного калия в почвах Красногвардейского полигона находится на высоком и очень высоком уровне, который был характерен для почв начиная с 1985 г. Можно предположить, что такой высокий уровень обеспеченности элементом является следствием химического состава материнской породы.

Заключение. При комплексном применении всех элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия, прежде всего включающих противоэрозионную организацию территории, формирующей почвозащитную конфигурацию полей, систему защитных лесных насаждений, адаптивное размещение сельскохозяйственных культур, систему удобрения, направленную на бездефицитный баланс гумуса и элементов питания, даже в экстремально сложных почвенно-рельефных условиях Красногвардейского полигона, удалось прекра-

тить эрозионные потери почв, что способствовало повышению их плодородия. Несмотря на короткий период с точки зрения естественных темпов почвообразовательного процесса, установлено статистически достоверное повышение гумусного статуса почв. Содержание органического вещества в пахотном слое увеличилось на 0,64 % (абс.) в среднем по объекту, на 0,87 % (абс.) в почвах южного склона. В подпахотном слое прирост составил от 0,67 до 0,75 % (абс.) в зависимости от элемента рельефа. Содержание гумуса в почвах лесополос в среднем несколько выше, чем в межполосном пространстве. Вызвано это более высокими (в 2,5 раза) темпами гумусонакопления в них в первый период после освоения ландшафтных систем земледелия. Накопление гумуса способствовало оптимизации реакции почвенной среды. Смещение значений $pH_{\text{сол}}$ из области щелочной реакции, характерной для смытых карбонатных почв, в область нейтральных и близких к нейтральным значений, существенно на 5%-м уровне значимости. В пользу повышения общей окультуренности почв Красногвардейского полигона свидетельствует переход на более высокий уровень обеспеченности подвижными формами азота, фосфора и калия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. FAO SOILS PORTAL <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/calcareous-soils/ru>.
2. Lal R., Stewart B. A. Soil Degradation. New York: Springer-Verlag, 1990.
3. Pimentel D., Burgess M. Soil Erosion Threatens Food Production // *Agriculture*. 2013. P. 443–463. doi:10.3390/agriculture3030443.
4. Taalab A. S., Ageeb G. W., Siam H. S., Mahmoud S. A. Some Characteristics of Calcareous soils. A review // *Middle East J. Agric. Res.* 2019. No. 8(1). P. 96–105.
5. Каштанов А. Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. М., 1997. 240 с.
6. Котлярова Е. Г. Значение лесонасаждений в создании экологически безопасной конструкции агроландшафта // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014. № 9. С. 62–66.
7. Крупенников И. А. Карбонатные черноземы. Кишинев: Штиинца, 1979. 101 с.
8. Соловichenko В. Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. Белгород, 2005. 292 с.
9. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года. Перераб. и доп. / К. Н. Кулик [и др.]. Волгоград: ФНИЦ агроэкологии РАН, 2018. 36 с.
10. Шеуджен А.Х., Куркаев В.Т., Котлярова Н.С. Агрохимия / под ред. А.Х. Шеуджена. 2-е изд., переаб. и доп. Майкоп, 2006. 1975 с.
11. Экологические факторы и свойства почв склонов ЦЧР: коллективная монография: в 2 ч. Ч. 1 / науч. ред. Е. П. Проценко. Курск, 2009. 145 с.

REFERENCES

1. FAO SOILS PORTAL <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/calcareous-soils/ru/>
2. Lal R., Stewart B. A. Soil Degradation. New York: Springer-Verlag, 1990.
3. Pimentel D., Burgess M. Soil Erosion Threatens Food Production. *Agriculture*. 2013:443–463/ doi:10.3390/agriculture3030443.
4. Taalab A. S., Ageeb G. W., Siam H. S., Mahmoud S. A. Some Characteristics of Calcareous soils. A review. *Middle East J. Agric. Res.* 2019;8(1):96–105.
5. Kashtanov A. N., Yavtushenko V. E. Agroecology of slope soils. Moscow, 1997. 240 p. (In Russ.).
6. Kotlyarova E. G. The importance of forest plantations in creating an environmentally friendly agricultural landscape design. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2014;(9):62–66. (In Russ.).
7. Krupennikov I. A. Carbonate chernozems. Chisinau: Shtiintsa. 1979. 101 p. (In Russ.).
8. Solovichenko V. D. Fertility and rational use of soils in the Belgorod region. Belgorod, 2005. 292 p. (In Russ.).
9. Strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation for the period until 2025, revised. and additional / K. N. Kulik et al. Volgograd: Federal Scientific Center of Agroecology RAS, 2018. 36 p. (In Russ.).
10. Sheudzhen A. Kh., Kurkaev V. T., Kotlyarova N. S. Agrochemistry. Maykop, 2006. 1975 p. (In Russ.).
11. Ecological factors and properties of soils on the slopes of the Central Chernobyl Region. in 2 parts. P. 1. Kursk, 2009. 145 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 28.11.2023; одобрена после рецензирования 29.12.2023; принята к публикации 11.01.2024.
The article was submitted 28.11.2023; approved after reviewing 29.12.2023; accepted for publication 11.01.2024.

