Научная статья
УДК 631:41
DOI: 10.26897/0021-342X-2026-4-5-17

АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

Оценка динамики физико-химических свойств гумусового горизонта чернозема выщелоченного Плавского района Тульской области при различном характере землепользования

Кира Сергеевна Бородина✉**, Николай Викторович Минаев, Борис Анорьевич Борисов**

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉**Автор, ответственный за переписку:** k.bor@rgau-msha.ru

Аннотация
Проведены исследования по динамике основных физико-химических свойств чернозема выщелоченного в период с 2022 по 2024 гг. при различном характере землепользования: пашня, распаханная залежь, распаханные многолетние травы, целина. Установлено, что во всех вариантах землепользования наблюдалось увеличение pH водной суспензии на 0,18–1,06 ед. (до 7,76 на целине), снижение гидролитической кислотности на 59–96% (до 0,2 м-экв/100 г) и увеличение суммы обменных оснований на 17–44% (до 48,4 м-экв/100 г). Наиболее выраженные изменения зафиксированы на целинном участке. Емкость катионного обмена в агроценозах изменялась незначительно (до 7%), тогда как на целине увеличилась на 27%. Степень насыщенности основаниями возросла на 5–12% и достигла 95–100%. Показано, что выявленные изменения обусловлены аномальными гидротермическими условиями 2024 г.: снижением осадков до 383 мм (–38% от нормы) и повышением средней годовой температуры до 7,7°C. Это привело к формированию восходящего тока влаги и миграции карбонатов Ca^{2+} и Mg^{2+} в верхние горизонты почвы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в краткосрочном периоде (2–3 года) климатические факторы могут оказывать более существенное влияние на физико-химические свойства черноземов, чем характер землепользования.

Ключевые слова
физико-химические свойства, чернозем выщелоченный, Luvic Chernic Phaeozems, залежь, почвенно-поглощающий комплекс

Для цитирования
Бородина К.С., Минаев Н.В., Борисов Б.А. Оценка динамики физико-химических свойств гумусового горизонта чернозема выщелоченного Плавского района Тульской области при различном характере землепользования // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* 2026. № 4. С. 5-17.

Assessment of the dynamics of physico-chemical properties of the humus horizon of leached chernozem in the Plavsky District of the Tula Region under different land use types

Kira S. Borodina✉, Nikolay V. Minaev, Boris A. Borisov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉**Corresponding author:** k.bor@rgau-msha.ru

Abstract

The dynamics of the main physico-chemical properties of leached chernozem were studied over the period from 2022 to 2024 under different land use types: arable land, ploughed fallow, ploughed perennial grasses, and virgin land. It was found that across all land use variants, there was an increase in the pH of the aqueous suspension by 0.18–1.06 units (up to 7.76 on virgin land), a decrease in hydrolytic acidity by 59–96% (down to 0.2 meq/100 g), and an increase in the sum of exchangeable bases by 17–44% (up to 48.4 meq/100 g). The most pronounced changes were recorded on the virgin land site. The cation exchange capacity in the agrocoenoses changed slightly (up to 7%), whereas on virgin land it increased by 27%. The base saturation degree increased by 5–12% and reached 95–100%. It is shown that the observed changes are attributable to the anomalous hydrothermal conditions of 2024: a decrease in precipitation to 383 mm (–38% of the long-term average) and an increase in the mean annual temperature to 7.7°C. This led to the formation of an upward water flux and the migration of Ca^{2+} and Mg^{2+} carbonates into the upper soil horizons. The results obtained indicate that, in the short term (2–3 years), climatic factors may exert a more significant influence on the physicochemical properties of chernozems than land use type.

Keywords

physico-chemical properties, leached chernozem, Luvic Chernic Phaeozems, fallow, soil adsorption complex

For citation

Borodina K.S., Minaev N.V., Borisov B.A. Assessment of the dynamics of physico-chemical properties of the humus horizon of leached chernozem in the Plavsky District of the Tula Region under different land use types. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy.* 2026;(4):5-17.

Введение

Introduction

В России в последние годы действует Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации [1], которая предусматривает проведение работ по возвращению залежных земель в сельскохозяйственный оборот. Учитывая то, что в залежи очень часто переходили маргинальные земли, ключевым аспектом, возникающим при определении целесообразности возвращения постагрогенных земель в сельскохозяйственное использование, становится оценка их плодородия. Многие исследователи подчеркивают необходимость предварительного анализа состояния почв и растительности при возвращении залежей в пашню, чтобы избежать повторения процессов деградации почв [2–4].

Введение новых земель в оборот позволяет оценивать изменения показателей плодородия почв начиная с конкретной точки во времени, когда произошел возврат почвы в активное сельскохозяйственное использование.

Кроме того, показатели плодородия почв могут изменяться в результате постоянных изменений климата. Климатические изменения представляют собой одну из наиболее острых проблем современности, затрагивающую все сферы жизни человечества. Согласно последним научным данным с начала промышленной революции наблюдается беспрецедентный рост температуры на планете [5].

Уровень pH почвы варьируется в пространстве сельскохозяйственных ландшафтов. Изменчивость физико-химических свойств почвы, включая pH, в масштабе ландшафта или поля влияет на доступность питательных веществ и микробное разнообразие, вызывая внутриполевую изменчивость роста и урожайности сельскохозяйственных культур при одинаковом распределении ресурсов. Уровень pH почвы изменяется в зависимости от внутренних факторов: рельефа, почвообразующих пород и характера их выветривания в зависимости от климата, а также от особенностей сельскохозяйственного использования (внесение удобрений, удаление собранного растительного материала, что влияет на биологическую активность микроорганизмов), а также от содержания органического вещества в почве [6–10].

Длительное сельскохозяйственное использование черноземов приводит к постепенному обеднению пахотного слоя катионами, и прежде всего кальцием, что влечет за собой резкие изменения агрохимических свойств почв, в первую очередь – кислотных, а также степени насыщенности их основаниями [11, 12].

Таким образом, исследования динамики агрономически значимых физико-химических свойств почв в условиях вовлечения почв в пашню на фоне происходящих изменений климата позволяют получить новые актуальные данные.

Цель исследований: изучение изменений во времени физико-химических свойств чернозема выщелоченного при различном характере землепользования.

Методика исследований
Research method

Объектом исследований являлся чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый на лессовидном тяжелом суглинке опытного хозяйства Тульского НИИСХ Плавского района Тульской области. Для отбора образцов были выбраны 4 участка с разным характером использования: пашня – участок с возделыванием яровых зерновых в течение 3 лет; залежь – участок, находившийся в залежном состоянии в течение 40 лет и введенный в оборот в 2022 г., после чего на нем возделывали яровые зерновые; многолетние травы – участок с посевом многолетних трав в 2022 и 2023 гг., которые в 2024 г. были замещены озимой пшеницей; целина – участок с разнотравной растительностью, который не подвергался распашке.

Характер использования участков в годы, предшествующие проведению исследований, уточнялся по материалам исследования землепользований и почв Плавского района Тульской области в период с 1969 по 2020 гг..[1] Это позволило установить, что участок залежи, введенный в оборот, не использовался до момента его распашки в 2022 г., а также подтвердить отсутствие обработки в данный период выбранного участка целины. Таким образом, в работе выполнены наблюдения за физико-химическими свойствами участка с момента введения его в оборот на протяжении 3 лет.

[1] Королева П.В. Пространственно-временные связи между землепользованием и почвенным покровом пахотных угодий (на примере Арсеньевского и Плавского районов Тульской области в период с 1969 по 2020 гг.): Дис. … канд. с.-х. наук. Москва, 2023. 145 с.

Почва на всех участках представлена черноземом выщелоченным среднемощным среднегумусным тяжелосуглинистым на тяжелом лессовидном суглинке (КиДП 1977) [13] (Luvic Chernic Phaeozems [14]). На каждом участке были заложены разрез и 2 прикопки, которые вместе составляли равносторонний треугольник с длиной сторон 2 м. Образцы были отобраны из пахотного горизонта на глубину 0–20 см, для целины из верхней части гумусового горизонта – на глубину 5–20 см. Образцы отбирались с этих же площадок в 2022, 2023 и 2024 гг. в мае. Для точной фиксации координат разреза использовался точный геодезический прибор GNSS STONEX Surf III.

На основе метеонаблюдений (станция Плавск) [15] за период с 1986 по 2024 гг. были проанализированы средняя температура воздуха, ежемесячные суммы осадков, а также максимальные суточные осадки. В фокусе – сравнение 2022, 2023 и 2024 гг. со средними значениями за весь период наблюдений.

Годовая сумма осадков за каждый год с 1986 по 2024 гг. представлена в виде столбцов на рисунке 1. Красная пунктирная линия показывает среднее многолетнее значение – 617 мм.

Особенно выделяются годы с аномально высокими (например, 1991, 2006) и аномально низкими (2024) осадками. 2022 год оказался влажнее нормы – 677 мм (+9,7% к среднему), 2023 год – немного суше нормы (591 мм, –4,2%).; 2024 год – аномально сухой: всего 383 мм, что на 38% меньше нормы. Снижение осадков в 2024 г. может указывать на усиливающиеся засушливые тенденции или временную аномалию.

Температура воздуха представлена на рисунке 2. Средняя годовая температура за исторический период составила 5,9°C. Средняя годовая температура в 2022 г. составила 6,4°C, в 2023 г. – 7,1°C, в 2024 г. – 7,7°C, что почти на 2°C выше нормы (самый теплый год за последние 40 лет наблюдений).

Все три года – значительно теплее нормы, что подтверждает тренд на потепление. Особенно выделяются июль-сентябрь 2024 г.

На основании проведенного анализа климатических данных за период 1986–2024 гг. и в сравнении данных по годам исследований можно сделать вывод о том, что 2024 год стал рекордно теплым и сухим как по средней температуре, так и по общему количеству осадков, а 2022 и 2023 годы также были теплее нормы, но климатические параметры оказались ближе к средним.

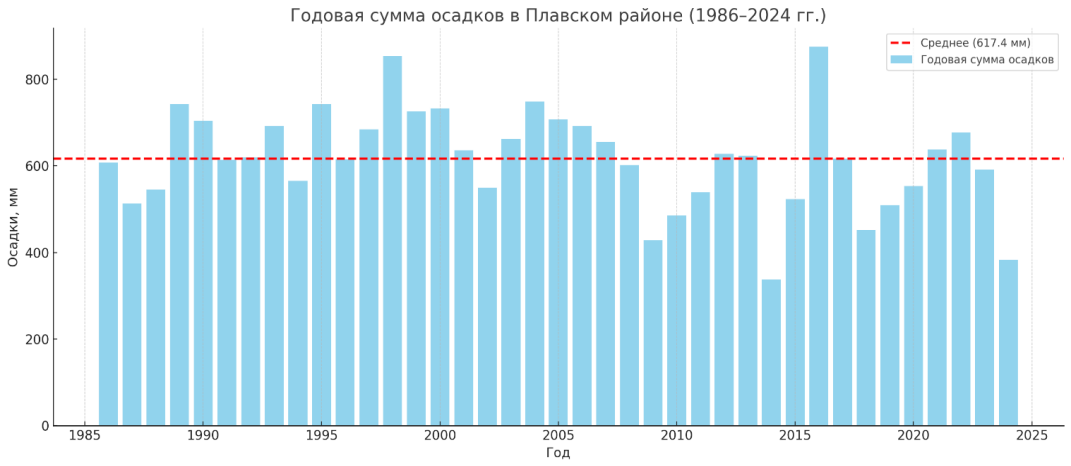


Рис. 1. Годовая сумма осадков в Плавском район Тульской области за период 1986–2024 гг.

Figure 1. Annual precipitation in the Plavsky District of the Tula Region for the period 1986–2024

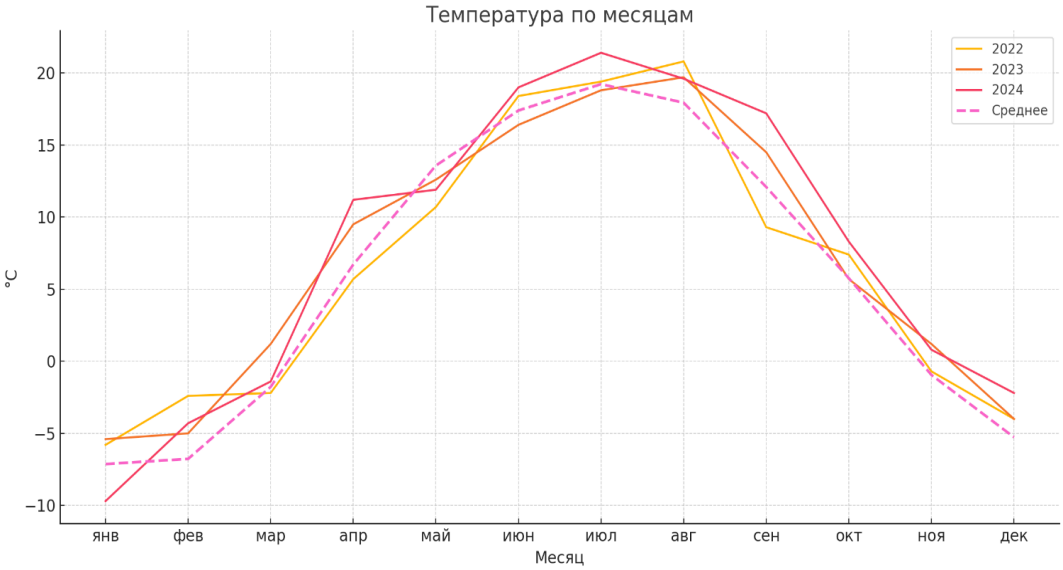


Рис. 2. Средняя температура по месяцам за период 2022–2024 гг. в сравнении со средним многолетним показателем

Figure 2. Average monthly temperature for the period 2022–2024 compared with the long-term average

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Представленные на рисунке 3 данные отражают динамику актуальной кислотности (pHводн.) чернозема выщелоченного в верхней части гумусового горизонта при различных вариантах землепользования за период 2022–2024 гг.

На пашне наблюдается тенденция значительного увеличения pH. В 2022 г. значение составляло 6,59±0,16, к 2023 г. выросло до 6,84±0,11, а к 2024 г. достигло максимального значения среди всех исследуемых вариантов – 7,37±0,13.

Под многолетними травами зафиксировано умеренное снижение кислотности. Начальное значение 2022 г. (6,24±0,11) к 2023 г. увеличилось до 6,84±0,06, а к 2024 г. составило 7,07±0,05.

На распаханной залежи отмечалась наиболее стабильная динамика изменений pH: в 2022 г. показатель составлял 6,94±0,13, в 2023 г. незначительно увеличился до 6,96±0,09, а к 2024 г. достиг значения 7,12±0,13.

На целинном участке наблюдалась следующая динамика: начальное значение 6,70±0,11 в 2022 г. увеличилось до 6,76±0,12 в 2023 г., а к 2024 г. произошло значительное повышение (до 7,76±0,13), что являлось максимальным показателем среди всех исследуемых вариантов.

Анализ динамики показывает, что во всех вариантах землепользования наблюдалась тенденция увеличения pH водной суспензии, что свидетельствует о снижении кислотности почвы. Наиболее значительные изменения зафиксированы на целинном участке, где к 2024 г. был достигнут максимальный показатель. Наименьшая вариабельность показателя отмечается на распаханной залежи.

Представленные на рисунке 4 данные отражают динамику гидролитической кислотности чернозема выщелоченного в верхней части гумусового горизонта при различных вариантах землепользования за период 2022–2024 гг.

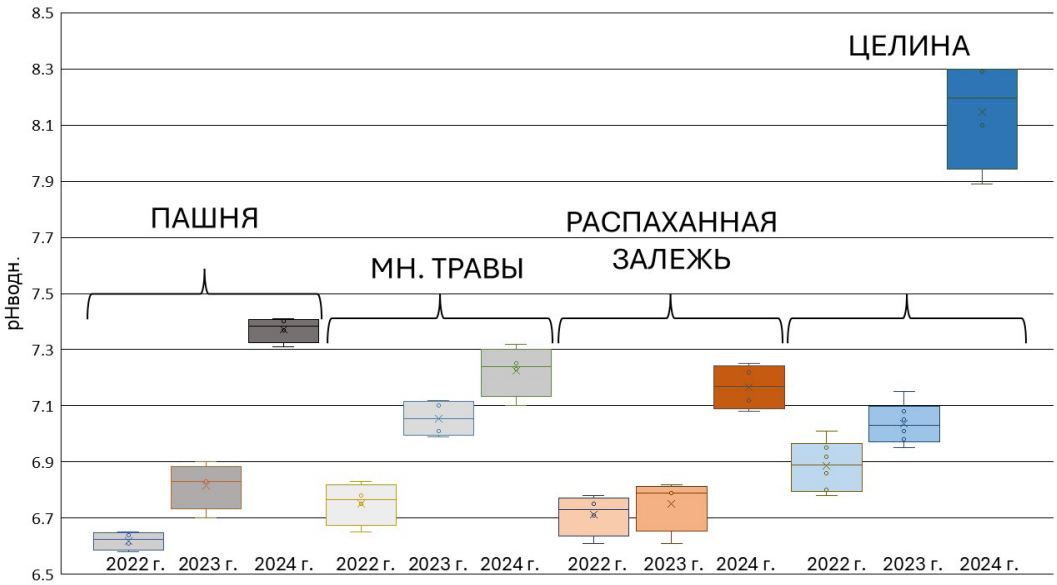


Рис. 3. Актуальная кислотность (pHводн.) чернозема выщелоченного в верхней части гумусового горизонта (Апах – 0–20 см, для целины – А 5–20 см) по вариантам землепользования на исследуемых участках за 2022–2024 гг.

Figure 3. Actual acidity (pHwater) of leached chernozem in the upper part of the humus horizon (Ap 0–20 cm, for virgin land – A 5–20 cm) by land use type at the study sites for 2022–2024

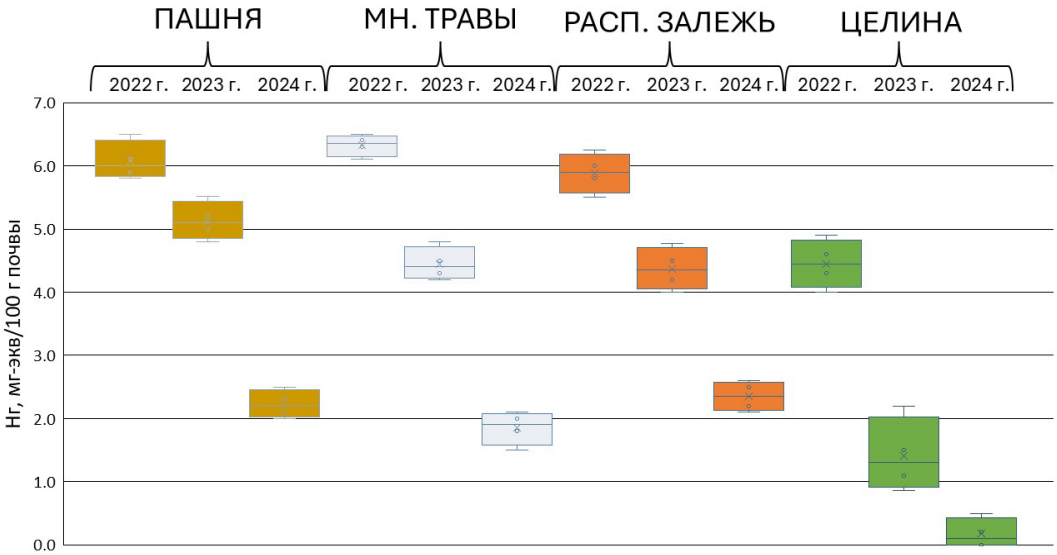


Рис. 4. Гидролитическая кислотность (м-экв/100 г почвы) чернозема выщелоченного в верхней части гумусового горизонта (Апах – 0–20 см, для целины – А 5–20 см) по вариантам землепользования на исследуемых участках за 2022–2024 гг.

Figure 4. Hydrolytic acidity (meq/100 g of soil) of leached chernozem in the upper part of the humus horizon (Ap 0–20 cm, for virgin land – A 5–20 cm) by land use type at the study sites for 2022–2024

На пашне наблюдается выраженная тенденция снижения величины гидролитической кислотности. В 2022 г. показатель составлял 6,1±0,3 м-экв/100 г почвы, к 2023 г. снизился до 5,1±0,3 м-экв/100 г, а к 2024 г. достиг минимального значения – 2,2±0,2 м-экв/100 г.

Под многолетними травами зафиксировано существенное уменьшение кислотности. Начальное значение 2022 г. (6,3±0,2 м-экв/100 г) к 2023 г. снизилось до 4,5±0,3 м-экв/100 г, а к 2024 г. составило 1,9±0,3 м-экв/100 г.

На распаханной залежи отмечается умеренная динамика снижения кислотности. В 2022 г. показатель составлял 5,9±0,3 м-экв/100 г, в 2023 г. снизился до 4,4±0,3 м-экв/100 г, а к 2024 г. достиг значения 2,4±0,2 м-экв/100 г.

На целинном участке наблюдается наиболее значительное снижение гидролитической кислотности. Начальное значение 2022 г. (4,5±0,4 м-экв/100 г) в 2023 г. уменьшилось до 1,4±0,6 м-экв/100 г, а в 2024 г. достигло минимального показателя среди всех исследуемых вариантов – 0,2±0,2 мг-экв/100 г.

Анализ динамики показывает, что во всех вариантах землепользования наблюдалась тенденция снижения гидролитической кислотности. Наиболее значительные изменения зафиксированы на целинном участке, где к 2024 г. произошло практически полное исчезновение гидролитической кислотности. Наименьшая вариабельность показателя отмечалась на пашне.

Представленные на рисунке 5 данные отражают динамику суммы обменных оснований в верхней части гумусового горизонта чернозема выщелоченного при различных вариантах землепользования за период 2022–2024 гг.

На пашне наблюдалась тенденция увеличения содержания обменных оснований. В 2022 г. показатель составлял 33,5±1,5 м-экв/100 г почвы, к 2023 г. увеличился до 34,6±1,3 м-экв/100 г, а к 2024 г. достиг значения 40,6±0,9 м-экв/100 г.

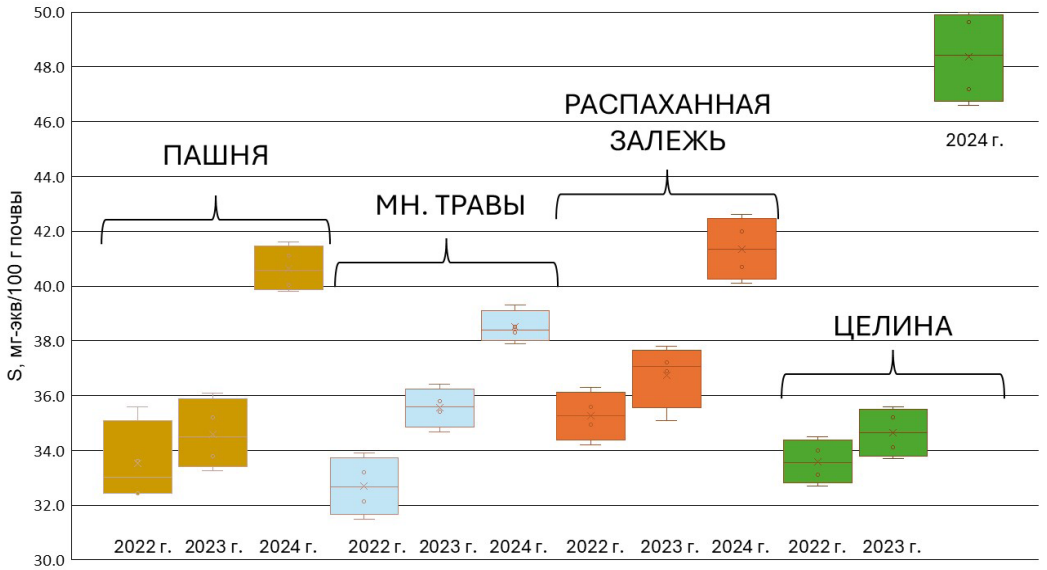


Рис. 5. Сумма обменных оснований (м-экв/100 г почвы) чернозема выщелоченного в верхней части гумусового горизонта (Апах – 0–20 см, для целины – А 5–20 см) по вариантам землепользования на исследуемых участках за 2022–2024 гг.

Figure 5. Sum of exchangeable bases (meq/100 g of soil) of leached chernozem in the upper part of the humus horizon (Ap 0–20 cm, for virgin land – A 5–20 cm) by land use type at the study sites for 2022–2024

Под многолетними травами зафиксировано умеренное повышение суммы обменных оснований. Начальное значение 2022 г. (32,7±1,1 м-экв/100 г) к 2023 г. увеличилось до 35,6±0,7 м-экв/100 г, а к 2024 г. составило 38,5±0,6 м-экв/100 г.

На распаханной залежи отмечалась стабильная динамика роста показателя. В 2022 г. сумма обменных оснований составляла 35,3±0,9 м-экв/100 г, в 2023 г. увеличилась до 36,8±1,2 м-экв/100 г, а к 2024 г. достигла значения 41,3±1,2 м-экв/100 г.

На целинном участке наблюдалась наиболее значительное увеличение данного показателя. Начальное значение 2022 г. (33,6±0,8 м-экв/100 г) к 2023 г. возросло до 34,7±0,9 м-экв/100 г, а к 2024 г. достигло максимального значения среди всех исследуемых вариантов – 48,4±1,7 м-экв/100 г.

Анализ динамики показывает, что во всех вариантах землепользования наблюдалась тенденция увеличения суммы обменных оснований. Наиболее значительные изменения зафиксированы на целинном участке, где к 2024 г. был достигнут максимальный показатель. Наименьшая вариабельность показателя отмечается на пашне.

Емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями представляют собой производные показатели на основе суммы обменных оснований и гидролитической кислотности. Результаты их расчета по средним показателям представлены в таблице.

Емкость катионного обмена представляется более стабильным показателем, что наблюдалось на сельскохозяйственных угодьях. За три года наблюдений средний показатель менялся незначительно. Отмечено небольшое повышение в 2024 г. на участке пашни на 3,1 м-экв/100 г, на распаханной залежи – на 2,5 м-экв/100 г, что нельзя считать существенным изменением.

Степень насыщенности основаниями по всем вариантам закономерно увеличивалась, поскольку наблюдался тренд на снижение гидролитической кислотности и увеличение суммы обменных оснований.

Таким образом, нами наблюдались стабильная емкость катионного обмена и увеличение степени насыщенность основаниями. Такие изменения обусловлены в первую очередь не характером землепользования, а климатическими особенностями в период наблюдений. С 2022 по 2024 гг. фиксировались снижение количества осадков и увеличение температуры, и особенно резкий скачок отмечен в 2024 г.

На целинном участке наблюдалась другая ситуация: в 2024 г. по сравнению с данными 2022 г. произошло существенное повышение емкости катионного обмена, которая увеличилась на 10 м-экв/100 г, то есть примерно на 1/3. Здесь же, на целине, на третий год наблюдений отмечена степень насыщенности основаниями в 100%. Очевидно, на целине, где имеется постоянная луговая травянистая растительность, за счет десукции происходят более интенсивные восходящие токи влаги, что ведет к более сильному насыщению ППК ионами Ca^{2+} и Mg^{2+}.

Приведенная выше характеристика физико-химических свойств чернозема выщелоченного по вариантам землепользования позволяет сделать ряд обобщающих выводов.

За период наблюдений с 2022 по 2024 гг. не отмечено значительных изменений физико-химических свойств в связи с изменениями характера землепользования, особенно ожидаемых на участке с введенной в оборот залежью. При этом во всех вариантах землепользования отмечен четкий тренд на изменение физико-химических свойств по годам. В течение исследуемого периода, а особенно в 2024 г., обменная, актуальная и гидролитическая кислотность почв снижалась, а сумма обменных оснований возрастала. Особенно сильно эти тенденции проявились на участке целины. Емкость катионного обмена изменялась незначительно, поскольку слагающие ее компоненты (сумма обменных оснований и гидролитическая кислотность) имели противоположно направленные тренды. Степень насыщенности основаниями была высокой и в 2024 г. по вариантам увеличилась на 5–10%.

Таблица

Емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями чернозема выщелоченного по вариантам землепользования на исследуемых участках за 2022–2024 гг.

Table

Cation exchange capacity and base saturation degree of leached chernozem by land use type at the study sites for 2022–2024

Год	Горизонт (глубина, см)	Емкость катионного обмена, мг-экв/100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %
Пашня			
2022	Апах (0–20)	39,6	85
2023	Апах (0–20)	39,7	87
2024	Апах (0–20)	42,8	95
Многолетние травы			
2022	Апах (0–20)	39,0	84
2023	Апах (0–20)	40,1	89
2024	Апах (0–20)	40,4	95
Распаханная залежь			
2022	Апах (0–20)	41,2	86
2023	Апах (0–20)	41,2	89
2024	Апах (0–20)	43,7	95
Целина			
2022	А (5–20)	38,1	88
2023	А (5–20)	36,1	96
2024	А (5–20)	48,6	100

Такие тенденции изменений физико-химических свойств во времени, очевидно, обусловлены особенностями водного режима чернозема выщелоченного, который характеризуется как периодически промывной. Верхняя часть профиля данного чернозема характеризуется выщелоченностью от карбонатов кальция и магния, которые, по данным морфологических описаний, обнаруживаются в нижней части первого метра. 2024 год характеризовался как наиболее сухой из трех лет наблюдений; количество осадков было на 38% ниже среднемноголетнего показателя за период

с 1986 г. Такая климатическая ситуация, вероятно, привела к перенаправлению тока влаги к восходящему режиму, что в свою очередь вызвало подтягивание из нижней части почвенного профиля ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} и насыщение ими почвенно-поглощающего комплекса (ППК), то есть увеличение суммы обменных оснований. Ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} вытеснили и заместили часть ионов H^{+} в составе ППК, что проявилось резким падением величины гидролитической кислотности: в почве целинного участка она снизилась почти до нуля. В условиях целинного участка влияние засушливых условий на физико-химические свойства проявилось сильнее, что скорее всего связано с десукцией постоянной целинной растительности с глубокой корневой системой, которая в значительной степени ускоряет скорость восходящего тока влаги и растворенных в ней карбонатов. На остальных участках, в связи с обработкой почвы и непостоянным растительным покровом, интенсивность восходящего тока влаги была ниже.

Выводы
Conclusions

За период наблюдений во всех вариантах землепользования отмечено увеличение значений pH водной суспензии на 0,18–1,06 ед. На пашне величина pH увеличился с 6,59 до 7,37 (+0,78), под многолетними травами – с 6,24 до 7,07 (+0,83), на распаханной залежи – с 6,94 до 7,12 (+0,18), на целине – с 6,70 до 7,76 (+1,06). Таким образом, максимальное изменение отмечено на целинном участке.

Гидролитическая кислотность во всех вариантах землепользования существенно снизилась (на 59–96%). На пашне показатель уменьшился с 6,1 до 2,2 м-экв/100 г (–3,9 м-экв/100 г, или –64%), под многолетними травами – с 6,3 до 1,9 (–4,4, или –70%), на залежи – с 5,9 до 2,4 (–3,5, или 59%), на целине – с 4,5 до 0,2 м-экв/100 г (–4,3, или –96%).

Произошло повышение суммы обменных оснований во всех вариантах на 17–44%. На пашне показатель возрос с 33,5 до 40,6 м-экв/100 г (+7,1; +21%), под многолетними травами – с 32,7 до 38,5 (+5,8; +18%), на залежи – с 35,3 до 41,3 (+6,0; +17%), на целине – с 33,6 до 48,4 м-экв/100 г (+14,8; +44%).

Емкость катионного обмена в агроценозах изменялась незначительно – в пределах 0,7–3,1 м-экв/100 г (до 7%), тогда как на целине зафиксировано увеличение с 38,1 до 48,6 м-экв/100 г (+10,5; +27%). Степень насыщенности основаниями увеличилась во всех вариантах на 5–12% и к 2024 г. достигла 95–100%.

Климатические условия в период исследований характеризовались ростом средней годовой температуры с 6,4°C в 2022 г. до 7,7°C в 2024 г. (+1,3°C) и резким снижением годовой суммы осадков до 383 мм в 2024 г., что на 38% ниже среднемноголетнего значения (617 мм). Указанные изменения обусловили формирование восходящего водного потока в почвенном профиле.

В результате происходило перемещение карбонатов кальция и магния в верхние горизонты почвы, увеличение содержания обменных оснований на 5,8–14,8 м-экв/100 г и снижение гидролитической кислотности на 3,5–4,4 м-экв/100 г. На целинном участке эти процессы были выражены наиболее сильно: гидролитическая кислотность снизилась на 96%, а степень насыщенности основаниями достигла 100%.

Таким образом, за трехлетний период изменения физико-химических свойств чернозема выщелоченного определялись в большей степени климатическими факторами, чем характером землепользования. Полученные результаты показывают, что в условиях засушливых лет возможны быстрые (в пределах 2–3 лет) изменения кислотно-основного состояния почв. Это необходимо учитывать при проведении агрохимических обследований и выполнении оценки плодородия.

Список источников

1. *О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 г. № 731, с изм. и доп.* URL: https://base.garant.ru/400773886/ (дата обращения: 04.02.2026).

2. Зыбалов В.С., Сергеев Н.С., Запевалов М.В. Результаты мониторинга залежных земель в лесостепной зоне Южного Урала // АПК России. 2020. Т. 27, № 1. С. 30-37. EDN: NLOLTB

3. Нечаева Т.В. Залежные земли России: распространение, агроэкологическое состояние и перспективы использования (обзор) // Почвы и окружающая среда. 2023. Т. 6, № 2. С. 1-31. https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215

4. Екимовская О.А., Сизых А.П., Рупосов В.Л., Шеховцов А.И. и др. Региональные аспекты возвращения залежных земель в сельскохозяйственный оборот (Республика Бурятия) // География и природные ресурсы. 2023. Т. 44, № 3. С. 117-126. https://doi.org/10.15372/GIPR20230312

5. Yuan X., Li S., Chen J., Yu H. et al. Impacts of Global Climate Change on Agricultural Production: A Comprehensive Review. *Agronomy*. 2024;14:1360. https://doi.org/10.3390/agronomy1407136

6. Vašák F., Černý J., Buráňová Š., Kulhánek M. et al. Soil pH changes in long-term field experiments with different fertilizing systems. *Soil Water Res.* 2015;10:19-23. https://doi.org/10.17221/7/2014-SWR

7. Enesi R.O., Dyck M.F., Thilakarathna M.S., Strelkov S.E. et al. Calibrated SoilOptix® estimates of soil pH and exchangeable cations in three agricultural fields in western Canada – implications for managing spatially variable soil acidity. *Heliyon*. 2026;10(170: e37106). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37106

8. Савич В.И., Седых В.А., Минаев Н.В. Информационная оценка взаимосвязей свойств, процессов и режимов почв // АгроЭкоИнфо. 2022. № 6 (54). https://doi.org/10.51419/202126642

9. Савич В.И., Бородина К.С., Минаев Н.В. Информационно-энергетическая оценка плодородия почв // АгроЭкоИнфо. 2023. № 3 (57). https://doi.org/10.51419/202133307

10. Прохоров А.А., Борисов Б.А., Ефимов О.Е., Минаев Н.В. Оценка чувствительности агрохимических показателей почв к снижению содержания почвенного органического углерода // Агрохимический вестник. 2024. № 6. С. 26-31. https://doi.org/10.24412/1029-2551-2024-6-005

11. Адерихин П.Г., Одноралов Г.А. Активность кальция в почвах Центрально-черноземных областей // Почвоведение и проблемы сельского хозяйства. Воронеж, 1979. С. 140-144. EDN: LVAPYD

12. Чекмарёв П.А., Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв Центрально-черноземных областей России // Агрохимия. 2013. № 4. С. 11-22. EDN: PZDJEN

13. *Классификация и диагностика почв СССР.* Москва: Колос, 1977. 223 с.

14. Мировая реферативная база почвенных ресурсов. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и составления легенд почвенных карт. Москва: МАКС Пресс, 2024. 248 с. https://doi.org/10.29003/m4174.978-5-317-07235-3

15. *Погода и климат.* URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history/27814_2.htm (дата обращения: 30.05.2024).

References

1. *On the State Program for Effective Involvement of Agricultural Land in Circulation and Development of the Reclamation Complex of the Russian Federation*: *Decree of the Government of the Russian Federation, No. 731 of May 14, 2021, as amended.* (In Russ.) URL: https://base.garant.ru/400773886/ (accessed: February 04, 2026).

2. Zybalov V.S., Sergeev N.S., Zapevalov M.V. The results of monitoring fallow lands in the forest-steppe zone of the Southern Urals. *APK Rossii.* 2020;27(1):30-37. (In Russ.)

3. Nechaeva T.V. Abandoned lands in Russia: distribution, agroecological status and perspective use (a review). *The Journal of Soils and Environment.* 2023;6(2):1-31. (In Russ.) https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.215

4. Yekimovskaya O.A., Sizykh A.P., Ruposov V.L., Shekhovtsov A.I. et al. Regional aspects of returning fallow land to agricultural use (republic of uryatia). *Geografiya i prirodnye resursy.* 2023;44(3):117-126. (In Russ.) https://doi.org/10.15372/GIPR20230312

5. Yuan X., Li S., Chen J., Yu H. et al. Impacts of Global Climate Change on Agricultural Production: A Comprehensive Review. *Agronomy.* 2024;14:1360. https://doi.org/10.3390/agronomy1407136

6. Vašák F., Černý J., Buráňová Š., Kulhánek M. et al. Soil pH changes in long-term field experiments with different fertilizing systems. *Soil Water Res.* 2015;10:19-23. https://doi.org/10.17221/7/2014-SWR

7. Enesi R.O., Dyck M.F., Thilakarathna M.S., Strelkov S.E. et al. Calibrated SoilOptix® estimates of soil pH and exchangeable cations in three agricultural fields in western Canada – implications for managing spatially variable soil acidity. *Heliyon*. 2026;10(170: e37106). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37106

8. Savich V.I., Sedykh V.A., Minaev N.V. Information assessment of the interrelationships of soil properties, processes and regimes. *AgroEcoInfo.* 2022;(6(54)). (In Russ.) https://doi.org/10.51419/202126642

9. Savich V.I., Borodina K.S., Minaev N.V. Information and energy assessment of soil fertility. *AgroEcoInfo*. 2023;(3(57)). (In Russ.) https://doi.org/10.51419/202133307

10. Prokhorov A.A., Borisov B.A., Efimov O.E., Minaev N.V. Assessing the sensitivity of soil agrochemical indicators to soil organic carbon reduction. *Agrochemical Herald*. 2024;(6):26-31. (In Russ.) https://doi.org/10.24412/1029-2551-2024-6-005

11. Aderikhin P.G., Odnoralov G.A. Calcium activity in soils of the Central Black Earth regions. *In*: *Soil science and problems of agriculture.* Voronezh, USSR, 1979:140-144. (In Russ.)

12. Chekmarev P.A., Lukin S.V. Monitoring of fertility of arable soils in the Central Chernozemic regions of Russia. *Agrohimia*. 2013;(4):11-22. (In Russ.)

13. *Classification and diagnostics of soils of the USSR.* Moscow, USSR: Kolos, 1977:223. (In Russ.)

14. *World reference base for soil resources. International soil classification system for soil diagnostics and legend compilation for soil maps.* Moscow, Russia: Limited Liability Company “MAX Press”, 2024:248. https://doi.org/10.29003/m4174.978-5-317-07235-3 (In Russ.)

15. *Weather and climate.* (In Russ.) URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history/27814_2.htm (accessed: May 30, 2024).

Сведения об авторах

Кира Сергеевна Бородина, ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: k.bor@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0009-0002-3045-8138

Николай Викторович Минаев, канд. биол. наук, доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: nminaev@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0000-0003-0718-3383

Борис Анорьевич Борисов, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: borisov@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0000-0002-5396-1695

Information about the authors

Kira S. Borodina, Assistant Lecturer at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: k.bor@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0009-0002-3045-8138

Nikolay V. Minaev, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: nminaev@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0000-0003-0718-3383

Boris A. Borisov, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Soil Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: borisov@rgau-msha.ru; https://orcid.org/0000-0002-5396-1695