

4.1.3. АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ  
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.445.4:631.816

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_3\_42

EDN: QIAXCX

**Влияние многолетнего внесения удобрений и мелиоранта  
на основные показатели плодородия чернозема выщелоченного**

Елена Сергеевна Гасанова<sup>1✉</sup>, Ангелина Владимировна Малявская<sup>2</sup>,  
Константин Егорович Стекольников<sup>3</sup>, Николай Георгиевич Мязин<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I,  
Воронеж, Россия

<sup>1</sup>upravlenieopm@mail.ru✉

**Аннотация.** Применение минеральных, органических удобрений, а также кальциевых мелиорантов необходимо не только для получения высоких урожаев, но и для сохранения плодородия почв, при этом все проводимые агротехнические мероприятия неизбежно изменяют физические, физико-химические, химические и биологические свойства почв, а также окислительно-восстановительный, пищевой и др. почвенные режимы. Изучение изменений показателей почвы под влиянием удобрений и мелиорантов является актуальной задачей, решение которой позволит прогнозировать тенденцию этих изменений, а также планировать мероприятия по воспроизводству почвенного плодородия. Представлены результаты исследований, выполненных на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ в течение 2020–2022 гг. в звене севооборота вико-овсяная смесь – озимая пшеница – ячмень. В почвенных образцах чернозема выщелоченного разных вариантов плодородности были определены физико-химические характеристики, содержание гумуса и его подвижных фракций. Выявлено, что почвы вариантов внесения только минеральных и органических удобрений характеризуются повышенной кислотностью, низкими суммой обменных оснований, содержанием обменного кальция, емкостью катионного обмена, степенью насыщенности основаниями и нуждаются в известковании. Почвы всех анализируемых вариантов были отнесены к малогумусным, так как содержание гумуса варьировало от 4,26 до 4,56%, за исключением варианта применения минеральных удобрений на известкованном фоне (3,77–3,81%). Отмечено минимальное количество лабильного органического вещества в почвах известкованных вариантов, что свидетельствует о накоплении в них высококонденсированных гумусовых веществ. Данный факт подтверждается высокой отрицательной корреляционной связью между содержанием подвижных форм гумуса и количеством обменного кальция в почве. Внесение кальциевого мелиоранта (дефеката) не только улучшает показатели почвенной кислотности, степени насыщенности почв основаниями и др., но и снижает образование подвижных форм гумуса, препятствуя тем самым его вымыванию за пределы почвенных горизонтов.

**Ключевые слова:** почвенное плодородие, воспроизводство, удобрения, мелиорант, гумус, параметры гумусного состояния

**Для цитирования:** Гасанова Е.С., Малявская А.В., Стекольников К.Е., Мязин Н.Г. Влияние многолетнего внесения удобрений и мелиоранта на основные показатели плодородия чернозема выщелоченного // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 42–52. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_3\\_42-52](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_42-52).

4.1.3. AGRICULTURAL CHEMISTRY, AGRONOMIC SOIL SCIENCE,  
PROTECTION AND QUARANTINE OF PLANTS (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

**Effect of long-term application of fertilizers and ameliorant  
on the basic indicators of fertility of leached chernozem soil**

Elena S. Gasanova<sup>1✉</sup>, Angelina V. Malyavskaya<sup>2</sup>,  
Konstantin E. Stekolnikov<sup>3</sup>, Nikolay G. Myazin<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

<sup>1</sup>upravlenieopm@mail.ru✉

**Abstract.** The application of mineral and organic fertilizers, as well as calcium ameliorants is necessary not only to obtain high yields, but also to preserve soil fertility, while all agrotechnical measures inevitably change the physical, physico-chemical, chemical, and biological properties of soils, as well as their redox, nutrient and other statuses. Studying of changes in soil indicators under the influence of fertilizers and ameliorants is an urgent task,

the solution of which will allow predicting the trends in these changes, as well as planning the measures for soil fertility reproduction. The authors present the results of research performed in the territory of the "Agrotechnology" Educational Research and Technological Center of Voronezh State Agrarian University in 2020-2022 in the crop rotation link of vetch & oat mixture – winter wheat – barley. Soil samples of leached chernozem of different fertilization variants were evaluated by physico-chemical characteristics, humus content and its labile fractions. It was revealed that soils from variants where only mineral and organic fertilizers had been applied were characterized by high acidity and low values of total exchangeable bases, exchangeable calcium content, cation exchange capacity, and degree of base saturation, and needed liming. The soils in all analyzed variants were classified as low-humus, since their humus content varied from 4.26 to 4.56%, with the exception of the variant where mineral fertilizers had been applied on a limed background (3.77-3.81%). Minimal content of labile organic matter in the soils of limed variants was noted, which indicates the accumulation of highly condensed humic substances in them. This fact is confirmed by a strong negative correlation between the content of labile forms of humus and the amount of exchangeable calcium in the soil. The application of calcium ameliorant (defecation mud) not only improves the indicators of soil acidity, the degree of base saturation of soils, etc., but also reduces the formation of labile forms of humus, thereby preventing its outwash beyond the soil horizons.

**Key words:** soil fertility, fertility reproduction, fertilizer, ameliorant, humus, parameters of humus status

**For citation:** Gasanova E.S., Malyavskaya A.V., Stekolnikov K.E., Myazin N.G. Effect of long-term application of fertilizers and ameliorant on the basic indicators of fertility of leached chernozem soil. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(3):42-52. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_3\\_42-52](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_42-52).

**В**ведение  
Общеизвестно, что органическое вещество является важнейшим компонентом почвы, которое формирует почвенное плодородие, регулирует микробиологическую активность, снижает токсичность экопolutантов, нивелирует отрицательные последствия неблагоприятных внешних факторов для выращиваемых сельскохозяйственных культур. Для характеристики состава гумуса используется многокомпонентная система органического вещества Д.С. Орлова [14], которая позволяет дать полную характеристику гумусному состоянию почв (направление, темп гумификации, тип гумуса и др.), разносторонне охарактеризовать особенности органического вещества почвы в рамках генетического почвоведения. Однако подобные параметры не находят практического применения, так как корреляционной связи между содержанием гумуса, его составом и урожайностью выращиваемых сельскохозяйственных культур не отмечается [8, 15], поэтому многие ученые считают целесообразным разделять общее содержание органического вещества в почве на две большие группы: инертное органическое вещество, представленное гуминовыми кислотами и гумином, а также лабильное органическое вещество (ЛОВ) [2, 16, 17]. Инертное органическое вещество определяет окраску почвы, окислительно-восстановительный режим, емкость поглощения, буферность по отношению к изменяющимся факторам окружающей среды. ЛОВ непосредственно участвует в питании растений и микроорганизмов, регулирует почвенную структуру, защищает консервативное органическое вещество от процессов минерализации.

Недостаток ЛОВ свидетельствует о выпаханности почвы (низком уровне плодородия почв вследствие уменьшения запасов гумуса, обесструктурирования, переуплотнения). Все компоненты органического вещества почвы являются важными для оценки почвенного плодородия и экологической устойчивости почв как базового компонента биоценоза. Качественный и количественный состав почв зависит от используемых систем земледелия, в частности от применяемых органических, минеральных удобрений и мелиорантов. Внесение агрохимикатов изменяет круговорот углерода в агроценозах. Направленность этих изменений обусловлена видом и дозами применяемых удобрений, их косвенным влиянием на физико-химические и биологические свойства почв, а также

на интенсивность минерализации и гумификации органического вещества, поэтому исследование трансформации параметров гумусного состояния почв, а также динамики содержания ЛОВ в условиях многолетнего применения различных удобрений является актуальным.

#### **Методика эксперимента**

Исследования проводили в течение 2020–2022 гг. на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского государственного аграрного университета, стационар кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии. Объектом исследования являлся почвенный покров стационара в звене севооборота вика-овсяная смесь (2020 г.) – озимая пшеница (2021 г.) – ячмень (2022 г.).

Анализировались почвенные образцы по вариантам стационарного опыта.

1. Без удобрений (контроль).
2. 40 т/га навоза – (фон) – последствие.
3. Фон + NPK.
5. Фон + 2 NPK.
12. Фон + NPK + дефекат (последствие).
13. Фон + дефекат (последствие).
15. NPK + дефекат (последствие).

В почвенных образцах были определены следующие показатели:

- содержание гумуса – по методу Тюрина с фотоколориметрическим окончанием [3];
- групповой состав гумуса – по методу Кононовой-Бельчиковой [4];
- pH – по методу ЦИНАО [3];
- гидролитическая кислотность – по Каппену в модификации ЦИНАО [3];
- оптическая плотность отдельных групп гумуса – на спектрофотометре КФК-3 [4];
- состав обменных оснований ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) – трилонометрическим методом [3];
- содержание обменного кальция – трилонометрическим методом [3];
- лабильные гумусовые вещества (ЛГВ), экстрагируемые 0,1 н NaOH при соотношении почва и раствора 1 : 20, время экстракции 17–20 ч (подобная методика рекомендована для почв с реакцией среды, близкой к нейтральной [4]).

Статистическая обработка данных проводилась методом корреляционного анализа с использованием программы Excel [5].

#### **Результаты и их обсуждение**

На рисунке 1 представлены результаты определения основных физико-химических свойств анализируемых почвенных образцов за три года исследований. Представлены средние данные по слою 0–40 см. Определение наименьшей существенной разницы по всем анализируемым вариантам и по годам показало, что представленные результаты достоверны.

Установлено, что величина обменной кислотности  $\text{pH}_{\text{сол}}$  варьирует по вариантам и по годам исследований. Максимальные ее значения характерны для 2020 г. для мелиорируемых вариантов. Почвы варианта внесения двойной дозы минеральных удобрений (вариант 5) были отнесены к категории слабокислых, почвы остальных вариантов имели кислотность, близкую к нейтральной. В 2021–2022 гг. значения кислотности были близкими, однако почвы всех вариантов без внесения дефеката были отнесены к категории кислых, почвы известкованных вариантов – к категории слабокислых.

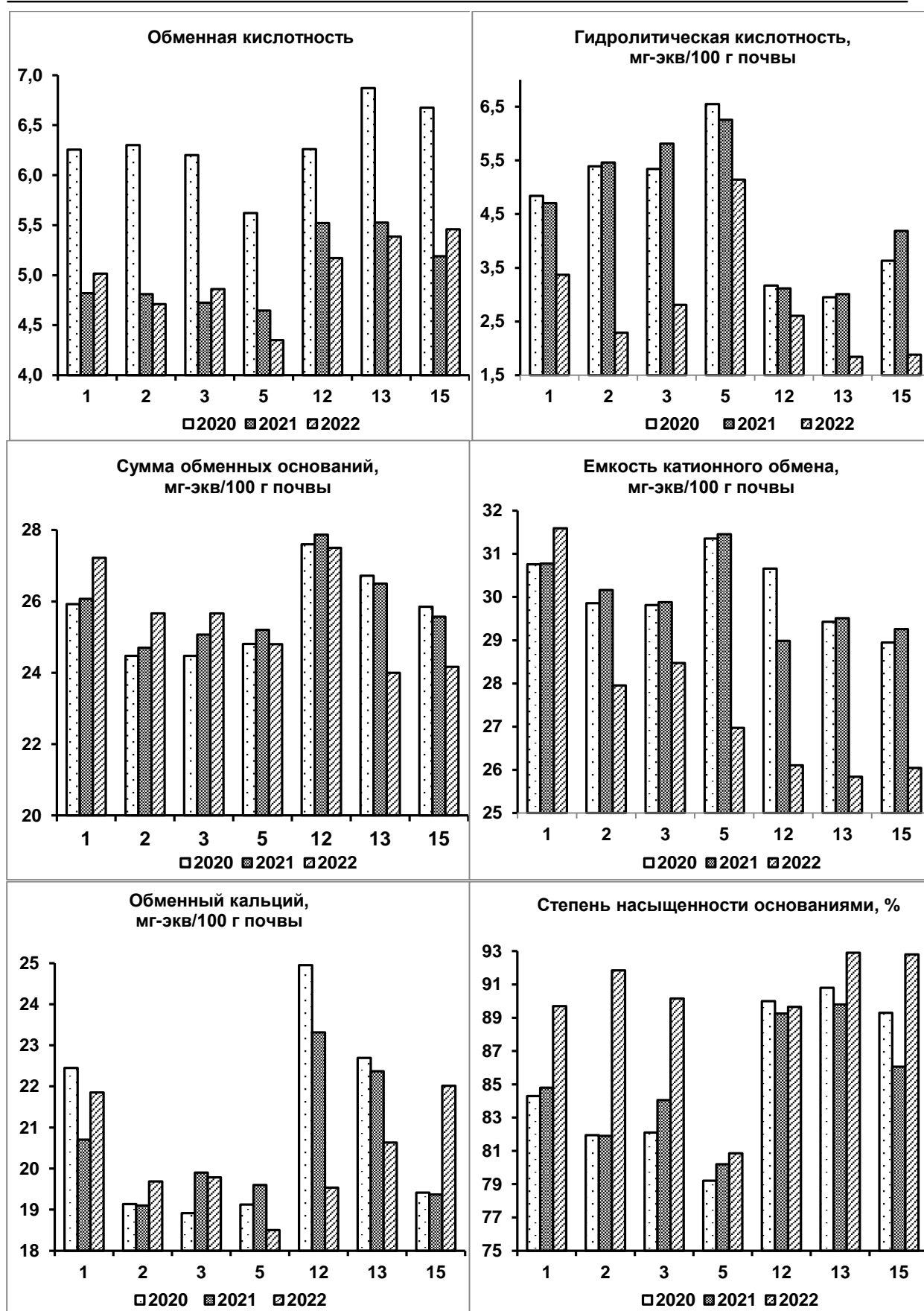


Рис. 1. Показатели физико-химических свойств почвенных образцов анализируемых вариантов:  
 1 – без удобрений (контроль); 2 – 40 т/га навоза – (фон); 3 – фон + NPK; 5 – фон + 2 NPK;  
 12 – фон + NPK + дефекат; 13 – фон + дефекат; 15 – NPK + дефекат

Величина гидролитической кислотности обусловлена наличием в почвенно-поглощающем комплексе обменных катионов водорода и алюминия и является важнейшей характеристикой для определения потребности в известковании. Максимальная величина этого показателя отмечена на варианте применения высоких доз минеральных удобрений на унавоженном фоне – 5,14–6,55 мг-экв/100 г почвы (очень сильноокислая и сильноокислая степени кислотности). Почвы вариантов применения донного осадка имели нейтральную, близкую к нейтральной и слабоокислую степени кислотности. Минимальные значения гидролитической кислотности отмечены в 2022 г. Почвы всех вариантов опыта, кроме варианта 5, не нуждались в известковании.

Сумма обменных катионов определяется содержанием в почве кальция, магния, калия и натрия, входящих в состав ППК. С данной величиной тесно связана емкость катионного обмена (ЕКО – фундаментальное свойство почвы, используемое для прогнозирования наличия питательных веществ для растений и их поглощения почвой, потенциал доступных питательных веществ). Данные характеристики зависят от содержания физической глины и органического вещества в почве, они достаточно консервативны и определяются в первую очередь типом почвообразования. Однако длительное внесение различных туков и мелиоранта привело к изменению значений этих показателей. Максимальные показатели суммы обменных оснований отмечены на варианте совместного применения органических и минеральных удобрений при внесении донного осадка – 27,5–27,9 мг-экв/100 г почвы. Минимальные значения характерны для фонового варианта, а также для вариантов применения разных доз минеральных туков на фоне навоза – 24,5–25,7 мг-экв/100 г почвы. Емкость катионного обмена определяется не только величиной суммы обменных оснований, но также содержанием в почве обменных катионов водорода и алюминия [12]. Значения ЕКО были низкими в почвенных образцах в 2022 г. (за исключением контрольного варианта), высокими – в 2021 г. В целом значения ЕКО варьировали в пределах 25,8–31,6 мг-экв/100 г почвы, что позволяет отнести почвы опытного участка к средней категории.

Содержание обменного кальция в почве является важнейшим показателем почвенного плодородия, так как определяет многие физические и физико-химические свойства почвы [11]. Кроме того, кальций является важным элементом питания растений. Содержание кальция в почве постоянно меняется в зависимости от применяемых удобрений, при подкислении и последующем выщелачивании, поэтому количество кальция требует регулярного мониторинга. В нашем опыте максимальное содержание обменного кальция характерно для варианта совместного известкования и применения минеральных удобрений на фоне навоза в 2020–2021 гг. Минимальные значения отмечены на фоновом варианте, а также на вариантах применения минеральных удобрений на фоне внесения органических.

Степень насыщенности почв основаниями характеризует поглощательную и буферную способности почвы, ее устойчивость к антропогенному воздействию. В проведенных исследованиях минимальные значения характерны для варианта 5 – 79,2–80,9%. Высокие значения по всем вариантам опыта были отмечены в 2022 г. В целом почвы всех анализируемых вариантов относятся к категории насыщенных основаниями.

Анализируемые показатели почвенного плодородия были достаточно динамичными по годам и вариантам опыта. Кроме системы применяемых удобрений и мелиорантов, важнейшее влияние на них оказывали погодные условия. На рисунке 2 представлены результаты расчета гидротермического коэффициента ГТК по Селянинову на основе данных агрометеорологического бюллетеня.

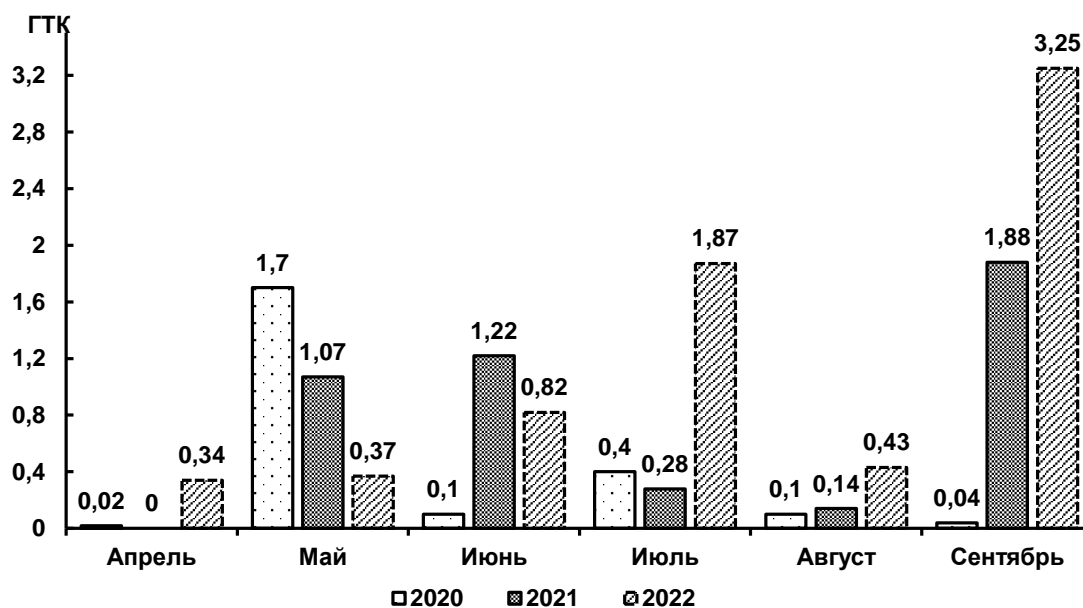


Рис. 2. Гидротермические условия (ГТК) активного вегетационного периода за три года наблюдений

Дефицит осадков и высокая температура воздуха обусловили в среднем за активный вегетационный период низкую величину ГТК. За весь период наблюдений в 2020 г. она была ниже единицы, кроме мая (ГТК = 1,7), что не характерно для лесостепной зоны Центрального Черноземья. Выявлено, что самыми засушливыми месяцами являлись апрель, июль (за исключением июля 2022 г.) и август. По значению ГТК эти месяцы относились к очень засушливым. Наиболее увлажненными были май, июнь, а также сентябрь (слабозасушливые и влажные условия). Однако в сентябре 2022 г. сформировалось избыточное увлажнение – ГТК = 3,25.

Таким образом, можно отметить чередование засушливых и влажных периодов, что способствовало формированию цикличности увлажнения и иссушения почвенно-грунтовой толщи, вследствие чего развивались периодически промывной тип водного режима и пульсирующий режим почвенных карбонатов, оказывающих влияние на почвообразовательный процесс.

На рисунке 3 представлены результаты определения содержания гумуса и подвижного органического вещества в исследуемых почвенных образцах (2020–2022 гг.).

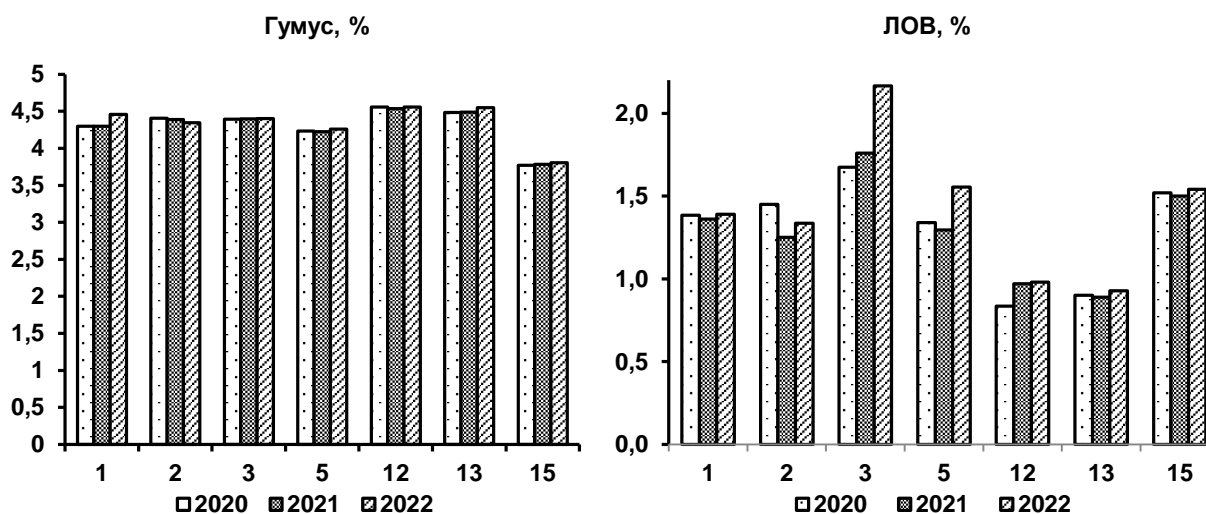


Рис. 3. Содержание гумуса и лабильного органического вещества (ЛОВ) в почвенных образцах по вариантам: 1 – без удобрений (контроль); 2 – 40 т/га навоза – (фон); 3 – фон + NPK; 5 – фон + 2 NPK; 12 – фон + NPK + дефекат; 13 – фон + дефекат; 15 – NPK + дефекат

Выявлено, что почвы всех анализируемых вариантов относятся к малогумусным. Содержание гумуса варьировало от 4,26 до 4,56%, за исключением варианта применения минеральных удобрений на известкованном фоне – 3,77–3,81%. Максимальное содержание гумуса отмечено на варианте совместного внесения удобрений и дефеката – 4,51% в среднем за три года, что на 0,31% выше контрольного варианта. Минимальное содержание гумуса характерно для почв варианта 15 – 3,79%, что на 0,71% ниже, чем на контроле.

Следует отметить, что данный опыт по изучению влияния удобрений и мелиоранта на показатели плодородия почв и урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур был заложен в 1987 г., поэтому значительные изменения содержания гумуса по вариантам опыта вполне обоснованы. За изучаемый период (2020–2022 гг.) изменения весьма незначительны, что подтверждается данными о консервативности гумусового содержания [7].

Максимальное количество подвижных форм органического вещества отмечено на вариантах использования разных доз минеральных удобрений: варианты 3 и 5 – соответственно 1,87 и 1,40% в среднем за три года, а также на варианте внесения дефеката по минеральному фону – 1,52%. Минимальные показатели характерны для вариантов известкования по органическому фону: варианты 12 и 13 – соответственно 0,93 и 0,91%.

Весьма информативным является показатель содержания лабильных элементов (в процентах) в общем количестве гумуса. Установлено, что в среднем за три года на контроле этот показатель составил 31,65%, на фоновом варианте – 30,70%, на вариантах 3, 5, 12, 13 и 15 – соответственно 42,43%, 32,94, 20,40, 20,09 и 40,14%. Можно сделать вывод о том, что применение кальциевого мелиоранта совместно с навозом способствует консервации гумуса, формированию менее подвижных его форм.

Представляет интерес расчет коэффициента корреляции между содержанием ЛОВ и основными физико-химическими характеристиками почвенных образцов разных вариантов удобрности. Результаты расчета по всем вариантам и годам наблюдений представлены на рисунке 4.

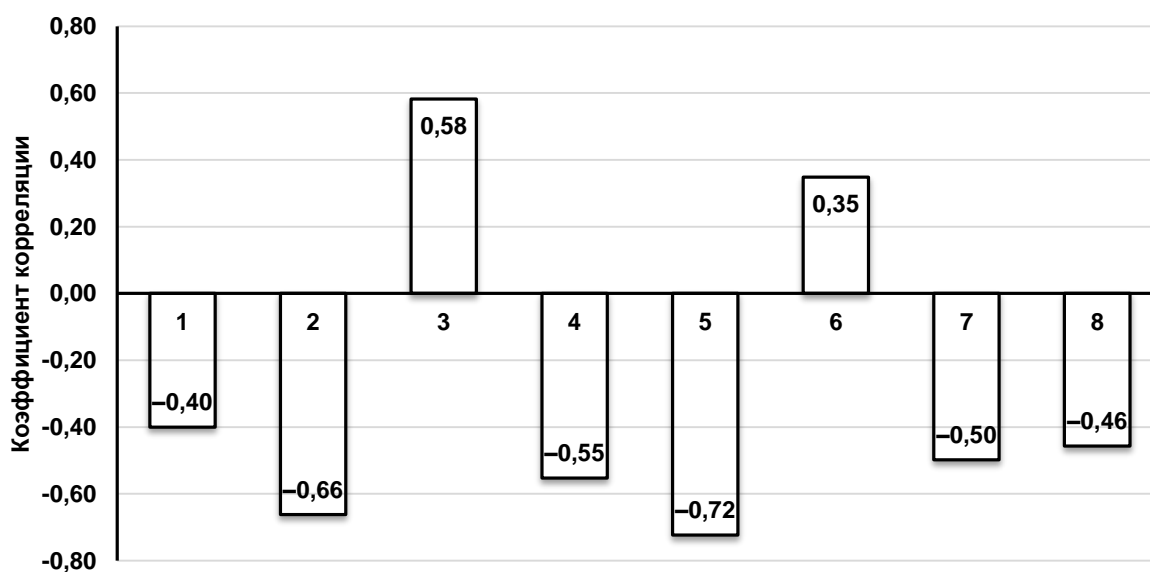


Рис. 4. Коэффициент корреляции между содержанием ЛОВ и различными показателями: 1 – актуальная кислотность; 2 – обменная кислотность; 3 – гидролитическая кислотность; 4 – сумма обменных оснований; 5 – содержание обменного кальция; 6 – емкость катионного обмена; 7 – степень насыщенности почв основаниями; 8 – содержание гумуса

Анализируя представленные данные, можно отметить, что содержание подвижного гумуса тесно связано с содержанием обменного кальция в почве, причем данная связь обратная: с увеличением содержания обменного кальция в почве гуминовые вещества переходят в малоподвижные гуматы кальция, и их подвижность снижается. С показателями почвенной кислотности, величинами суммы обменных оснований, емкостью катионного обмена, степенью насыщенности основаниями, а также с содержанием гумуса корреляционная связь характеризуется как средняя.

В таблице представлены некоторые параметры гумусного состояния анализируемых почвенных образцов. Для расчета использованы средние данные за три года. Показатели, за исключением запасов гумуса, рассчитаны для слоя 0–40 см.

Показатели	Варианты						
	1	2	3	5	12	13	15
Запас гумуса (в слое 1 м), т/га	440	457	380	368	417	427	405
Степень гумификации органического вещества, %	66,28	66,37	63,49	47,90	65,10	64,60	59,55
Содержание гумуса / тип	7,61 / гуматный	7,78 / гуматный	5,53 / гуматный	1,78 / фульватно-гуматный	7,14 / гуматный	6,56 / гуматный	3,87 / гуматный
Оптическая плотность гуминовых кислот E4 : E6	1,42	1,59	1,43	1,28	1,82	1,46	1,51
Негидролизуемый остаток	25% от содержания углерода в почве						

Установлено, что все параметры гумусного состояния соответствуют литературным данным для освоенных выщелоченных черноземов [1, 13]. Запасы гумуса в метровом слое варьировали в пределах от 368 т/га на варианте внесения двойной дозы минеральных удобрений по унавоженному фону (вариант 5) до 457 т/га на варианте внесения навоза (вариант 2).

Степень гумификации органического вещества оценивалась как доля гуминовых кислот от общего содержания всех органических веществ в почве и характеризовалась как высокая для всех анализируемых вариантов (более 40%) [6].

Важным показателем качества гумуса является его тип (отношение содержания углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот). Это безразмерная величина, которая определяется по результатам группового состава гумуса. По данным проведенных анализов гумус всех анализируемых вариантов был отнесен к гуматному типу (в составе гумуса преобладали гуминовые кислоты), кроме варианта внесения двойной дозы минеральных удобрений, гумус этого варианта был отнесен к фульватно-гуматному типу. Пониженная способность к ослаблению света и более широкое отношение E4 : E6 были характерными для почв фонового варианта и вариантов внесения дефеката (варианты 2, 12, 13 и 15). В почвах вариантов внесения минеральных удобрений совместно с навозом данное соотношение сужалось, что свидетельствовало о большей степени конденсированности данных гуминовых кислот, что, возможно, имело место в результате разрушения периферической части молекул в результате кислотного гидролиза под действием минеральных удобрений [9, 10]. Доля негидролизуемого остатка (гумина) составляла ¼ от общего содержания углерода в почве всех анализируемых вариантов опыта, что свидетельствует о том, что несмотря на значительные изменения в параметрах гумусного состояния в результате длительного использования удобрений и мелиоранта, прочно-удерживаемая на минеральной матрице часть гумуса остается неизменной.



## Выводы

Установлено, что по величине обменной кислотности почвы варианта внесения двойной дозы минеральных удобрений относятся к категории слабокислых, почвы остальных вариантов имеют кислотность, близкую к нейтральной. В 2021–2022 гг. значения кислотности были близкими, однако почвы известкованных вариантов относились к категории кислых, почвы известкованных вариантов – к категории слабокислых.

Максимальная величина гидролитической кислотности отмечена на варианте применения высоких доз минеральных удобрений на фоне навоза – 5,14–6,55 мг-экв/100 г почвы (очень сильноокислая и сильноокислая степени кислотности). Почвы вариантов, где вносили навоз, имели нейтральную, близкую к нейтральной и слабокислую степень кислотности. По всем вариантам опыта, кроме варианта внесения двойной дозы минеральных удобрений на фоне навоза, почва не нуждалась в известковании.

Максимальные показатели суммы обменных оснований отмечены на варианте совместного применения органических и минеральных удобрений при внесении навоза – 27,5–27,9 мг-экв/100 г почвы. Минимальные значения характерны для фонового варианта, а также для вариантов применения разных доз минеральных туков на фоне навоза – 24,5–25,7 мг-экв/100 г почвы.

Значения емкости катионного обмена варьировали от 25,8 до 31,6 мг-экв/100 г почвы, что позволяет отнести почвы опытного участка к средней категории. Высокое содержание обменного кальция отмечено в 2020–2021 гг. в почвах известкованных вариантов, минимальные значения – на фоновом варианте, а также на вариантах применения минеральных удобрений на фоне внесения органических. По степени насыщенности основаниями почвы изучаемых вариантов относятся к категории насыщенных основаниями.

Определено, что все изучаемые почвы относятся к малогумусным. Содержание гумуса составляло 4,26–4,56%, за исключением варианта применения минеральных удобрений на известкованном фоне – 3,77–3,81%. Максимальное содержание гумуса отмечено на варианте совместного внесения удобрений и навоза – 4,51% в среднем за три года, что на 0,31% выше, чем на контрольном варианте. Минимальное содержание гумуса характерно для варианта 15 – 3,79%, что на 0,71% ниже, чем на контроле.

В среднем за три года выделение лабильного органического вещества составило на контроле 31,65%, на фоне – 30,70%, на варианте 3 – 42,43%, на варианте 5 – 32,94%, на варианте 12 – 20,40%, на варианте 13 – 20,09%, на варианте 15 – 40,14%. Можно сделать вывод о том, что применение кальциевого мелиоранта совместно с навозом способствует консервации гумуса, формированию менее подвижных его форм. Данный факт подтверждается тесной отрицательной корреляционной связью между содержанием обменного кальция и количеством лабильного органического вещества.

Рассчитано, что запасы гумуса в метровом слое варьировали от 368 т/га на варианте внесения двойной дозы минеральных удобрений по унавоженному фону (вариант 5) до 457 т/га на варианте внесения навоза (вариант 2). Степень гумификации органического вещества характеризовалась как высокая на всех анализируемых вариантах (более 40%). Выявлен гуматный тип гумуса почв всех анализируемых вариантов, кроме варианта внесения двойной дозы минеральных удобрений, гумус которого отнесен к фульватно-гуматному типу. Доля гумина составляла  $\frac{1}{4}$  от общего содержания углерода в почве.

Таким образом, внесение кальциевого мелиоранта (навоза) не только улучшает показатели почвенной кислотности, степени насыщенности почв основаниями и др., но и снижает образование подвижных форм гумуса, препятствуя тем самым его вымыванию за пределы почвенных горизонтов.

**Список источников**

1. Артемьева З.С., Кириллова Н.П. Роль продуктов органо-минерального взаимодействия в структурообразовании и гумусообразовании основных типов почв центра Русской равнины // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2017. № 90. С. 73–95. DOI: 10.19047/0136-1694-2017-90-73-95.
2. Бруевич О.М. Влияние сельскохозяйственного использования на лабильные гумусовые вещества дерново-подзолистой почвы: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.13. Москва, 2011. 17 с.
3. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв: монография. Москва: ГЕОС, 2006. 400 с.
4. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А., Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению: учебное пособие. Москва: Агроконсалт, 2002. 280 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебное пособие. 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Калужский А.Г., Масыutenko Н.П., Масыutenko М.Н. Пространственная изменчивость содержания и состава лабильных гумусовых веществ в черноземе типичном в зависимости от экспозиции склона, агрогенных факторов и связь их с микробной биомассой // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4. С. 36–40.
7. Когут Б.М. Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 1998. № 7. С. 794–802.
8. Мамонтов В.Г., Артемьева З.С., Лазарев В.И. и др. Сравнительная характеристика свойств целинного, пахотного и залежного чернозема типичного Курской области // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2020. № 101. С. 182–201. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-101-182-201.
9. Мамонтов В.Г., Афанасьев Р.А., Родионова Л.П., Быканова О.М. К вопросу о лабильном органическом веществе почв // Плодородие. 2008. № 2(41). С. 20–22.
10. Мамонтов В.Г., Афанасьев Р.А., Соколовская Е.Л. Лабильные гумусовые вещества – особая группа органических соединений чернозема обыкновенного // Плодородие. 2018. № 5(104). С. 15–19.
11. Мязин Н.Г., Кожокина А.Н. Калийный режим и агрохимические свойства чернозема выщелоченного при многолетнем применении удобрений под сахарную свеклу // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 4-2(47). С. 26–33.
12. Окоркова Л.А., Семин И.В. Влияние различных систем удобрения на изменение некоторых физико-химических свойств серой лесной почвы // Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии: сборник докладов международной научно-практической конференции ФГБНУ «Владимирский НИИСХ» (Суздаль, 29 – 30 июня 2015 г.). Суздаль: Прес-Старто, 2015. С. 276–281.
13. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926.
14. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. Москва: Изд-во Московского гос. ун-та, 1974. 333 с.
15. Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Исупова Ю.А. Влияние длительного применения удобрений на физико-химические и агрохимические свойства почвы, урожайность и качество сои // Плодородие. 2013. № 1(70). С. 26–28.
16. Saljnikov E., Cakmak D., Rahimgdieva S. Soil organic matter stability as affected by land management in steppe ecosystem // In book: Soil Processes and Current Trends in Quality Assessment. Ch. 10. Publisher: Intech Open Access Publisher, 2013. Pp. 269–310.
17. Wander M. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function // In F. Magdoff, & R. Weil (Eds.). Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. Ch. 3. Boca Raton, FL: CRC Press, 2004. Pp. 67–102. DOI: 10.1201/9780203496374.ch3.

**References**

1. Artemyeva Z.S., Kirillova N.P. Rol' produktov organo-mineral'nogo vzaimodejstviya v strukturoobrazovanii i gumusoobrazovanii osnovnykh tipov pochv Tsentra Russkoj ravniny [The role of organic and mineralogical interaction products in the structure forming and humus forming of the basic types of soils in the center of Russian plain]. *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva = Dokuchaev Soil Bulletin*. 2017;90:73-95. DOI: 10.19047/0136-1694-2017-90-73-95. (In Russ.).
2. Bruevich O.M. Vliyaniye sel'skokhozyajstvennogo ispol'zovaniya na labil'nye gumusovye veshchestva dernovo-podzolistoj pochvy [Influence of agricultural use on labile humic substances of soddy-podzolic soil]: avtoreferat dissertatsii ... kandidata biologicheskikh nauk: 03.02.13 = Author's Abstract of Candidate Dissertation in Biological Sciences: 03.02.13. Moscow; 2011. 24 p. (In Russ.).
3. Vorobieva L.A. Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv: monografiya [Theory and practice of chemical analysis of soils: monograph]. Moscow: GEOS; 2006. 400 p. (In Russ.).
4. Ganzhara N.F., Borisov B.A., Baibekov R.F. Praktikum po pochvovedeniyu: uchebnoe posobie [Workshop on soil science: study guide]. Moscow: Agrokonsul; 2002. 280 p. (In Russ.).
5. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnoe posobie. 5-e izd., dop. i pererab. [Field-plot Technique (with the Basics of Statistical Processing of Results of Research and Experiments): study guide. 5<sup>th</sup> ed., revised and enlarged]. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).
6. Kaluzhski A.G., Masyutenko N.P., Masyutenko M.N. Prostranstvennaya izmenchivost' soderzhaniya i sostava labil'nykh gumusovykh veshchestv v chernozeme tipichnom v zavisimosti ot ekspozitsii sklona, agroennykh faktorov i svyaz' ikh s mikrobnoj biomasoj [Spatial variability of the content and composition of labile humic substances in typical chernozem depending on slope exposure, agrogenic factors and their relationship with microbial biomass]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skokhozyajstvennoj akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2013;4:36-40. (In Russ.).

7. Kogut B.M. Transformatsiya gumusovogo sostoyaniya chernozemov pri ikh sel'skokhozyajstvennom ispol'zovanii [Transformation of humus status in cultivated chernozems]. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 1998;7:794-802. (In Russ.).
8. Mamontov V.G., Artemyeva Z.S., Lazarev V.I. et al. Sravnitel'naya kharakteristika svoystv tselinnogo, pakhotnogo i zalezhnogo chernozema tipichnogo Kurskoj oblasti [Comparative characteristics of the properties of halpic chernozem of the Kursk region of different land use]. *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva = Dokuchaev Soil Bulletin*. 2020;101:182-201. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-101-182-201. (In Russ.).
9. Mamontov V.G., Afanasiev R.A., Rodionova L.P., Bykanova O.M. K voprosu o labil'nom organicheskom veshchestve pochv [On the issue of labile soil organic matter]. *Plodorodie = Soil Fertility*. 2008;2(41):20-22. (In Russ.).
10. Mamontov V.G., Afanasyev R.A., Sokolovskaya E.L. Labil'nyye gumusovyye veshchestva – osobaya gruppa organicheskikh soedinenij chernozema obyknovennogo [Labile humic substances – a special group of organic compounds of ordinary chernozem]. *Plodorodie = Soil Fertility*. 2018;5(104):15-19. (In Russ.).
11. Myazin N.G., Kozhokina A.N. Kalijnyj rezhim i agrokhimicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo pri mnogoletnem primenenii udobrenij pod sakharnuyu sveklu [Potassium status and agrochemical properties of leached chernozem under long-term application of fertilizers for sugar beet]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2015;4-2(47):26-33. (In Russ.).
12. Okorkova L.A., Semin I.V. Vliyaniye razlichnykh sistem udobreniya na izmeneniye nekotorykh fiziko-khimicheskikh svoystv seroj lesnoj pochvy. Innovatsionnyye tekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledelii: sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU "Vladimirskij NIISKH" (Suzdal', 29-30 iyunya 2015 g.) [Influence of various fertilizer systems on changes in some physical and chemical properties of gray forest soil. Innovative technologies in adaptive landscape agriculture: collection of reports of the International Research-to-Practice Conference of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Vladimir Research Institute of Agriculture" (Suzdal, June 29-30, 2015)]. Suzdal: PresSto; 2015:276-281. (In Russ.).
13. Orlov D.S., Biryukova O.N., Rozanova M.S. Dopolnitel'nye pokazateli gumusnogo sostoyaniya pochv i ikh geneticheskikh gorizontov [Additional indicators of the humus status of soils and their genetic horizons]. *Pochvovedenie = Eurasian Soil Science*. 2004;(8):918-926. (In Russ.).
14. Orlov D.S. Gumusovyye kisloty pochv [Soil humic acids]. Moscow: Moscow State University Press; 1974. 333 p. (In Russ.).
15. Sheudzhen A.Kh., Onishchenko L.M., Isupova Yu.A. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobrenij na fiziko-khimicheskie i agrokhimicheskie svoystva pochvy, urozhaynost' i kachestvo soi [Effect of the long-term application of fertilizers on the physicochemical and agrochemical properties of soil and the yield and quality of soybean]. *Plodorodie = Soil Fertility*. 2013;1(70):26-28. (In Russ.).
16. Saljnikov E., Cakmak D., Rahimgdieva S. Soil organic matter stability as affected by land management in steppe ecosystem. In book: *Soil Processes and Current Trends in Quality Assessment*. Ch. 10. Publisher: Intech Open Access Publisher; 2013:269-310.
17. Wander M. Soil organic matter fractions and their relevance to soil function. In F. Magdoff, & R. Weil (Eds.). *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*. Ch. 3. Boca Raton, FL: CRC Press; 2004:67-102. DOI: 10.1201/9780203496374.ch3.

#### Информация об авторах

Е.С. Гасанова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [upravlenieorp@mail.ru](mailto:upravlenieorp@mail.ru).

А.В. Малявская – аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [angelina.malyavskaya@mail.ru](mailto:angelina.malyavskaya@mail.ru).

К.Е. Стекольников – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [soil@agrochem.vsau.ru](mailto:soil@agrochem.vsau.ru).

Н.Г. Мязин – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», [agrohimi@agronomy.vsau.ru](mailto:agrohimi@agronomy.vsau.ru).

#### Information about the authors

E.S. Gasanova, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [upravlenieorp@mail.ru](mailto:upravlenieorp@mail.ru).

A.V. Malyavskaya, Postgraduate Student, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [angelina.malyavskaya@mail.ru](mailto:angelina.malyavskaya@mail.ru)

K.E. Stekolnikov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [soil@agrochem.vsau.ru](mailto:soil@agrochem.vsau.ru).

N.G. Myazin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, [agrohimi@agronomy.vsau.ru](mailto:agrohimi@agronomy.vsau.ru).

Статья поступила в редакцию 25.04.2023; одобрена после рецензирования 28.05.2023; принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 25.04.2023; approved after reviewing 28.05.2023; accepted for publication 16.06.2023.

© Гасанова Е.С., Малявская А.В., Стекольников К.Е., Мязин Н.Г., 2023