

**Содержание минерального азота в черноземе обыкновенном при внесении гуминовых удобрений под подсолнечник в Ростовской области**

**Халецкая Галина Юрьевна<sup>1</sup>, Полиенко Елена Александровна<sup>1</sup>,  
Безуглова Ольга Степановна<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», Ростовская область, Аксайский район, пос. Рассвет, ул. Институтская, 1, Россия, 89885390351, e-mail: [14142135galina@gmail.com](mailto:14142135galina@gmail.com)*

*<sup>2</sup> Академия биологии и медицины им. Д.И. Ивановского, Ростов-на-Дону, Россия, e-mail: [lola314@mail.ru](mailto:lola314@mail.ru)*

**Аннотация**

Проведены исследования, направленные на оценку содержания минерального азота и уреазной активности в черноземе обыкновенном карбонатном при внесении гуминовых удобрений в почву. Гуминовые удобрения – гумат калия торфяной и леонардит, активированный микробиологическим препаратом. Опыт был заложен 2023–2024 годах, на стационаре ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» в Приазовской зоне Ростовской области. Исследования охватили два контрастных по погодным условиям вегетационных периода: с избыточным увлажнением в начале сезона и последующим дефицитом осадков (2023) и экстремально засушливый, и жаркий (2024), что позволило оценить влияние изучаемых гуматов на азотный режим чернозёма в широком диапазоне гидротермического стресса. Установлено, что влияние гуминовых удобрений на азотный режим носит опосредованный характер и зависит от погодных условий года и прежде всего режима увлажнения. В благоприятных или умеренно стрессовых условиях они выступают как активаторы биологических процессов, повышающие эффективность использования почвенных ресурсов и минеральных удобрений. В условиях экстремальной засухи их роль смещается в сторону поддержания почвенного плодородия и

устойчивости агроэкосистемы за счёт улучшения физико-химических свойств почвы. Это делает применение гуминовых удобрений, и в частности, на основе леонардита, стратегически важным.

**Ключевые слова:** гуминовые удобрения; леонардит; минеральные удобрения; подсолнечник; чернозем обыкновенный карбонатный; микробиологический препарат.

## **Content of mineral nitrogen in ordinary chernozem when applying humic fertilizers under sunflower in the Rostov region**

Khaletskaya Galina Yuryevna<sup>1</sup>, Polienko Elena Aleksandrovna<sup>1</sup>, Bezuglova Olga Stepanovna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Rostov Agrarian Scientific Center", Rostov Region, Aksaysky District, Rassvet Settlement, Institutskaya Street, 1, Russia, 89885390351, e-mail: 14142135galina@gmail.com

<sup>2</sup> D.I. Ivanovsky Academy of Biology and Medicine, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: lola314@mail.ru

### **Abstract**

Research was conducted to assess the mineral nitrogen content and urease activity in ordinary carbonate chernozem soil (Haplic Chernozem) following the application of humic fertilizers. The humic fertilizers used were potassium humate from peat and leonardite activated by a microbiological preparation. The experiment was conducted in 2023–2024 at the Rostov Agrarian Research Center in the Azov zone of the Rostov Region. The study covered two growing seasons with contrasting weather conditions: one with excess moisture at the beginning of the season and subsequent precipitation deficit (2023) and an extremely dry and hot season (2024). This allowed for an assessment of the effects of humic substances on the nitrogen regime of chernozem soil under varying hydrothermal stresses. It was established that the effect of humic fertilizers on the nitrogen regime is indirect and largely determined by the weather conditions of the year, primarily the moisture regime. Under favorable or moderately stressful conditions, they act as activators of biological processes, increasing the efficiency of soil resource and mineral fertilizer use. Under extreme drought conditions, their role shifts toward maintaining soil fertility and the stability of the agroecosystem by

improving the soil's physicochemical properties. This makes the use of humic fertilizers, and particularly those based on leonardite, strategically important.

**Keywords:** humic fertilizers, leonardite, mineral fertilizers, sunflower, calcareous ordinary chernozem, microbial preparation.

## Введение

Применение минеральных удобрений остается необходимым условием для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и удовлетворения растущих потребностей в продуктах питания. В то же время их избыточное внесение в рамках интенсивных агротехнологий создает значительную угрозу для окружающей среды, что формирует комплексную проблему для устойчивого развития. Решение дилеммы возможно введением в агротехнологии элементов биологического земледелия – гуминовых удобрений и препаратов. Гуматы, при внесении их в почву, служат катализатором биохимической активности. Они стимулируют развитие и метаболизм почвенной микрофлоры, поскольку содержащиеся в них органические соединения являются для микроорганизмов доступным источником энергии и необходимых элементов питания (Александрова, 1972). Балластные гуматы, к каковым относятся бурый уголь и леонардит в нативном состоянии или удобрения из них с низкой степенью очистки, характеризуются также потенциалом восстановления деградированных почв и пролонгированным действием.

При фолитарном использовании очищенных гуминовых препаратов механизм их влияния на продуктивность растений иной. Растения, обработанные гуминовыми препаратами, своими корневыми выделениями стимулируют рост определенных групп микроорганизмов ризосферной зоны (Хомяков, 2009). Рост популяции почвенных микроорганизмов напрямую усиливает её ферментативную активность. Это приводит к мобилизации питательных веществ, повышая их доступность для растений, что в итоге положительно сказывается на урожайности (Безуглова и др., 2016). Действуя как биостимуляторы и адаптогены, гуминовые вещества активируют метаболизм растений на клеточном уровне. Это стимулирует ростовые процессы и усиливает способность культур усваивать питательные элементы, включая

те, что поступают из минеральных удобрений. Так, например переход труднорастворимых фосфатов в подвижные формы, вероятнее всего, идет через стимулирование растениями микробиологической активности корневыми выделениями (Дубинина, Безуглова, 2022).

Наиболее активные продуценты фосфатазы в почвах прежде всего бактерии и актиномицеты (Котелев, 1964), и именно эти группы микроорганизмов демонстрируют наибольшее увеличение численности при использовании гуминового препарата на фоне недостатка подвижных соединений фосфора в почве (Безуглова и др., 2015). Численность актиномицетов и бактерий, поглощающих органический и минеральный азот в ризосферной зоне, влияет и на такой показатель почвы, как нитратный азот, способствуя его росту (Карташев, 2024). Данный эффект был неоднократно подтверждён в ходе лабораторных и полевых исследований с использованием различных гуминовых препаратов на широком спектре сельскохозяйственных растений (Безуглова, 2019).

### **Объекты и методы исследования**

В работе изучался азотный режим чернозема обыкновенного карбонатного. Данный подтип черноземов (по Классификации почв России миграционно-сегрегационный чернозем (Классификация..., 2004) характеризуется существенным запасом гумуса – 325–330 т/га в слое А+В. Содержание гумуса в пахотном слое около 4,1%, что позволяет отнести эти почвы к среднегумусированному виду. Агрохимические показатели свидетельствуют о высоком валовом содержании основных элементов (N, P, K). Однако в доступных формах фосфор находится в дефиците, почвы богаты калием и азотом, но динамика легкогидролизуемого азота неустойчива и зависит от условий увлажнения, что может лимитировать урожай. Почва имеет слабощелочную реакцию (рН 7,8–8,0), обусловленную присутствием карбонатов кальция (Безуглова, Хырхырова, 2008).

Исследуемая культура – раннеспелый гибрид подсолнечника первого поколения «Кречет», созданный в рамках селекционной программы ООО «Актив Агро» (группа компаний «Щёлково Агрохим»). В условиях Ростовской области период от всходов до созревания занимает около 100–105 дней. Гибрид формирует растения высотой 170–180 см. Вес 1000 штук семян составляет около 54–60 г, а масличность – на уровне 49,5–52,0% (Сорта и

гибриды..., 2025). Перспективы выращивания подсолнечника в Ростовской области на ближайшие годы выглядят сложными и высокорискованными, но не безнадежными. Успех будет сильно зависеть от адаптации к меняющемуся в сторону аридизации климату. Получение стабильных и высоких урожаев подсолнечника, важнейшей для России масличной культуры, в значительной степени определяется регулированием азотного питания, что особенно актуально для Ростовской области. Объясняется такая зависимость исключительно высокой потребностью культуры в питательных веществах: вынос азота подсолнечником в 1,5–2 раза выше по сравнению с зерновыми культурами (Щетинина, 2021).

### **Гуминовые удобрения**

В опыте использовали для сравнения два гуминовых удобрения. Гумат калия — высококонцентрированное удобрение на основе торфа, очищенное от балластных веществ, содержит гуминовые кислоты и фульвокислоты, аминокислоты и сахара, а также микроэлементы (Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, Co) в хелатной форме. Удобрение за счет физиологической активности обеспечивает комплексный эффект: повышает всхожесть семян, способствует развитию мощной корневой системы, усиливает устойчивость растений к стрессам (засуха, морозы, болезни) (Андреев, 2020).

Леонардит — это ископаемое вещество, образующееся при длительном окислении и выветривании бурого угля (лигнита). Он имеет вид мягкого воскообразного минералоида темно-коричневого или черного цвета с характерным блеском. По своей сути это концентрат гуминовых веществ, где доля гуминовых кислот может достигать 80%. В отличие от обычной органики (компоста, навоза), леонардит не является удобрением в прямом смысле, а работает как почвоулучшающая добавка длительного действия, которая со временем полностью разлагается. Его применение способствует структурированию грунта, повышает его влагоёмкость, стимулирует развитие растений, а также за счёт темного цвета усиливает прогревание почвы солнцем (Коровушкин и др., 2019).

В рамках исследования был также задействован микробиологический препарат на основе консорциума полезных микроорганизмов. В его состав входят фотосинтетические и молочнокислые бактерии, дрожжи,

актиномицеты и ферментирующие грибы. Применение такого препарата направлено на обогащение почвенного микробиома, что способствует улучшению структуры и повышению плодородия почвы. В результате активизируется развитие растений, повышается их продуктивность и улучшаются качественные показатели зерна (Слащинин, 2019).

Использование его совместно с леонардитом запускает мощный синергетический эффект восстановления почвенного плодородия. Леонардит, улучшая физические свойства и химический баланс почвы, подготавливает благоприятную основу для деятельности микрофлоры (Петров, Чеботарь, 2011). Полезные бактерии, попадая в такую среду, проявляют максимальную эффективность, активно переводя питательные элементы в доступную для растений форму и производя натуральные стимуляторы роста. Этот тандем естественным образом повышает доступность питания, усиливает корневое развитие и иммунитет растений, что напрямую сказывается на увеличении урожая (Пронько и др., 2020).

Полевые исследования проводили в течение 2023 и 2024 годов на участке после озимой пшеницы. Опыт состоял из 12 экспериментальных вариантов, размещенных на делянках площадью 20 м<sup>2</sup> каждая, в трех повторностях по рендомизированной схеме.

Варианты опыта включали:

1. Контроль (без внесения минеральных удобрений – МУ)
2. Гумат калия (без внесения МУ)
3. Леонардит (без внесения МУ)
4. Леонардит совместно с микробиологическим препаратом (МП) (без внесения МУ)
5. Фон 1 Контроль (МУ Азофоска из расчета 100 кг/га, что соответствует N<sub>16</sub>P<sub>16</sub>K<sub>16</sub>)
6. Фон 1 + Гумат калия
7. Фон 1 + Леонардит
8. Фон 1 + Леонардит + МП
9. Фон 2 Контроль (Азофоска – 200 кг/га, N<sub>32</sub>P<sub>32</sub>K<sub>32</sub>)

10. Фон 2 + Гумат калия
11. Фон 2 + Леонардит
12. Фон 2 + Леонардит + МП.

Гумат калия применяли однократно до появления всходов в виде рабочего раствора (3 л/га). Леонардит вносили в твердой форме одновременно с минеральным удобрением в дозировке 100 кг/га. Микробиологический препарат использовали вместе с леонардитом в количестве 5% от массы леонардита. Минеральные удобрения вносили при посеве.

Почвенный мониторинг выполняли четырежды за вегетационный период: до внесения удобрений, через один и два месяца после их применения, а также перед уборкой урожая подсолнечника.

Обменный аммоний определяли по методу ЦИНАО (ГОСТ 26489-85).

Определение нитратов проводилось ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86). Активность уреазы определяли по методу В.Ф. Купревича (1951) в модификации (Наими, 2019). Математическая обработка результатов и анализ экспериментального материала проведены методами вариационно-статистического и дисперсионного анализов (Доспехов, 1985).

### **Погодно-климатические условия**

Приазовская природно-сельскохозяйственная зона, расположенная на юго-западе Ростовской области, характеризуется суммой активных температур выше 10°C приблизительно 3400°C. Среднегодовая температура воздуха здесь достигает 9,2°C, с январским минимумом около -5,3°C и июльским максимумом +23,8°C. Годовое количество осадков варьирует в пределах 450–500 мм, однако в летний период наблюдается дефицит влаги, что подтверждается данными исследований.

В течение вегетационных периодов 2023 и 2024 годов, в которые проводились полевые опыты, отмечены существенные отклонения метеорологических показателей от средних многолетних значений (табл. 1).

*Таблица 1— Погодно-климатические условия в период вегетации подсолнечника (2023–2024 гг.)*

Показатели	апрель	май	июнь	июль	август	За период апрель – август
Средние многолетние						
средняя температура	9,0	16,4	20,0	22,9	22,1	18,1
сумма активных температур	270,0	507,4	601,0	709,9	685,1	2773,4
сумма осадков	36	43	61	51	36	227,0
ГТК	1,3	0,8	1,0	0,7	0,5	0,8
2023 год						
средняя температура	11,3	15,4	19,9	23,2	24,8	18,9
сумма активных температур	338,0	476,4	598,0	720,2	767,8	2900,4
сумма осадков	84,2	84,4	32,8	52,4	40	293,8
ГТК	2,5	1,8	0,5	0,7	0,5	1,0
2024 год						
средняя температура	16,2	15,6	24,0	27,3	24,7	21,6
сумма активных температур	487,0	482,6	720,0	845,3	766,7	3301,6
сумма осадков	7,4	3	18,4	17,2	10,2	56,2
ГТК	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2

В 2023 году в период вегетации подсолнечника наблюдалось неоднородное распределение осадков. В апреле и мае их сумма значительно превысила многолетнюю норму (84,2 и 84,4 мм против 36 и 43 мм соответственно), что отразилось на высоких значениях гидротермического коэффициента (ГТК) — 2,5 и 1,8. Однако в июне количество осадков резко сократилось (32,8 мм против 61 мм в норме), создав условия умеренной почвенной засухи в критический период развития подсолнечника. Температурный режим был близок к среднемноголетним значениям, с незначительным превышением в

апреле и августе. Сумма активных температур за период апрель — август составила 2900,4 °С, что на 127 °С выше нормы.

В 2024 году отмечались экстремально засушливые и жаркие условия. Количество осадков за весь вегетационный период было катастрофически низким — всего 56,2 мм, что в 4 раза меньше среднемноголетнего показателя (227 мм). Наибольший дефицит осадков наблюдался в мае (3 мм) и августе (10,2 мм). Температурный фон был значительно повышен: средняя температура за период апрель — август составила 21,6 °С, что на 3,5 °С выше нормы, а сумма активных температур достигла 3301,6 °С (на 528,2 °С выше нормы). Гидротермический коэффициент не превышал 0,3 в любой из месяцев, а в среднем за период составил 0,2, что соответствует критерию сильной засухи.

Проведённые исследования охватили два контрастных по погодным условиям вегетационных периода: с избыточным увлажнением в начале сезона и последующим дефицитом осадков (2023 г.) и экстремально засушливый, и жаркий (2024 г.). Такие условия позволяют оценить влияние изучаемых гуматов на азотный режим чернозёма в широком диапазоне гидротермического стресса, что повышает репрезентативность полученных результатов.

### **Результаты и обсуждение**

Исследование динамики минерального азота и активности уреазы в обыкновенном чернозёме под посевами подсолнечника за 2023 год выявило определённые закономерности в зависимости от применяемых агроприёмов. Уреаза, катализирующая разложение мочевины на аммоний и CO<sub>2</sub>, служит индикатором превращения органического азота в доступные для растений минеральные формы. Соответственно, её активность напрямую влияет на пополнение пула минерального азота в почве (Калашников, 2020; Хазиев, 2015).

Проведённые в 2023 году исследования выявили чёткую зависимость динамики минерального азота (рис. 1) и активности уреазы (рис. 2) от уровня минерального фона и применения гуминовых удобрений. В начальный период вегетации (отбор 1) содержание минерального азота, варьируя от 3,79 до 7,86 мг/кг, во всех вариантах было относительно низким и сравнительно

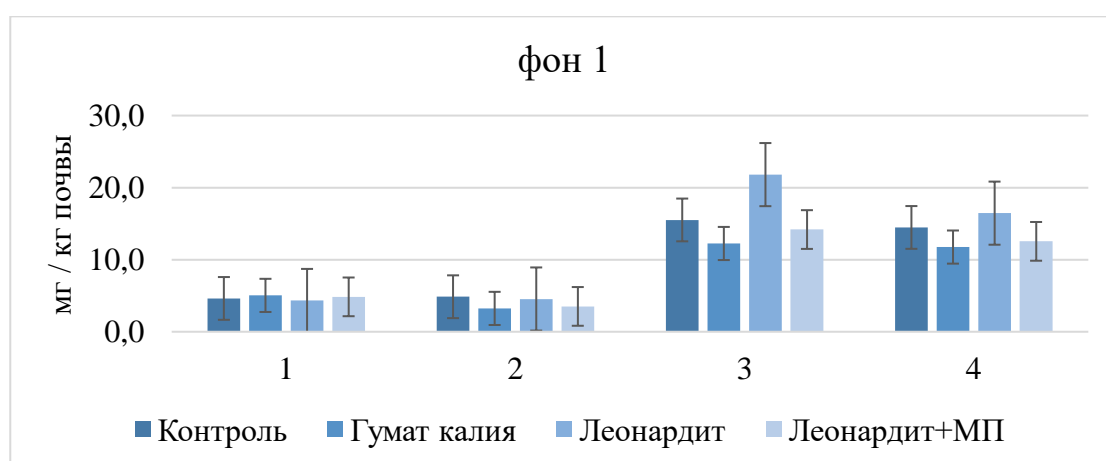
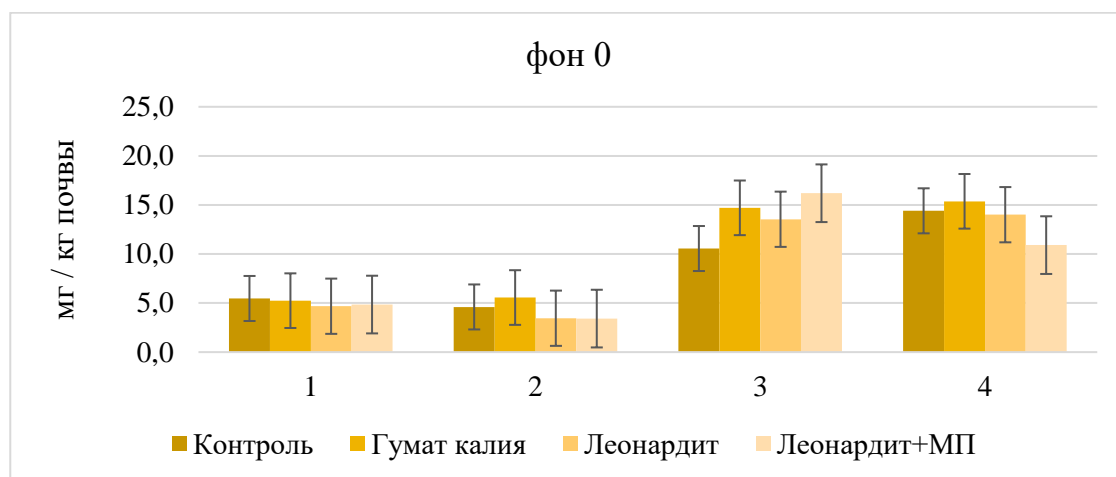
однородным, что соответствовало фоновым значениям до внесения удобрений. Однако уже через месяц после их применения (отбор 2) проявилось дифференцирующее влияние как минеральных, так и гуминовых удобрений. На фоне без минеральных удобрений (фон 0) применение гуминовых удобрений не приводило к существенному росту содержания азота, а в некоторых случаях (варианты с леонардитом) даже наблюдалось его снижение относительно контроля. Это свидетельствует о том, что в отсутствие доступного минерального азота гуминовые вещества не являются его прямым источником, а их основное действие связано с мобилизацией почвенных ресурсов, что, учитывая количество и качественный состав гумуса в чернозёме обыкновенном, могло не получить необходимого развития.

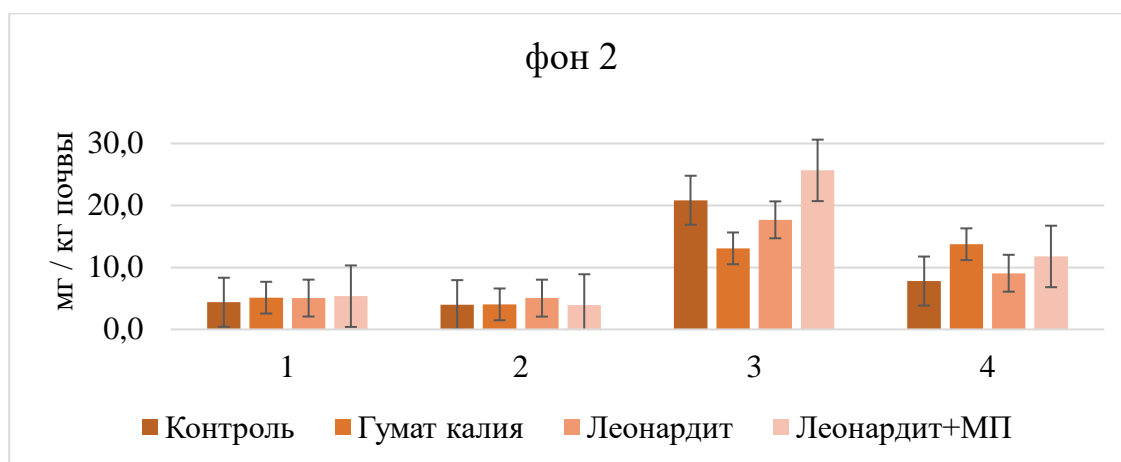
На фоне стартовой дозы минерального удобрения (фон 1,  $N_{16}P_{16}K_{16}$ ) динамика азота стала более выраженной. К третьему отбору (через два месяца после внесения) во всех вариантах, включая контроль, отмечалось увеличение содержания минерального азота. Однако максимальные значения на этом фоне были зафиксированы в вариантах с леонардитом (до 26,48 мг/кг) и особенно с его комбинацией с микробиологическим препаратом. Это указывает на способность леонардита усиливать мобилизацию и снижать потери вносимого минерального азота, возможно, за счёт улучшения условий для нитрификации и защиты от вымывания в период избыточного увлажнения начала сезона.

Наиболее показательной была динамика на фоне повышенной дозы минерального питания (фон 2,  $N_{32}P_{32}K_{32}$ ). Здесь во втором отборе содержание азота в контроле было минимальным, что могло быть связано с быстрой иммобилизацией или начальным активным потреблением. Однако в третьем отборе произошёл резкий всплеск содержания минерального азота, достигший максимума именно в варианте «Леонардит + МП» (37,28 мг/кг). Этот результат демонстрирует синергетический эффект совместного применения высокой дозы минеральных удобрений, гуминового вещества и полезной микрофлоры. Леонардит, улучшая физико-химические свойства почвы, создал благоприятные условия для работы микроорганизмов, которые, в свою очередь, активизировали процессы трансформации азота, повышая его доступность в критическую фазу развития подсолнечника.

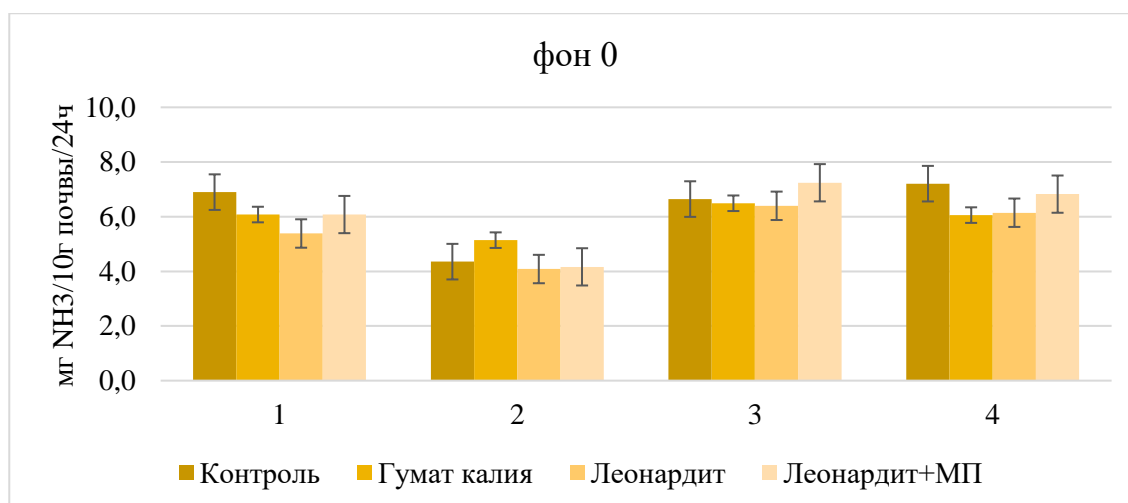
Гумат калия на обоих минеральных фонах не показал столь выраженного положительного влияния на накопление азота, а в некоторых случаях его значения уступали контролю, что может быть связано с более активным потреблением азота подсолнечником, обусловленным его стимуляцией гуминовым удобрением.

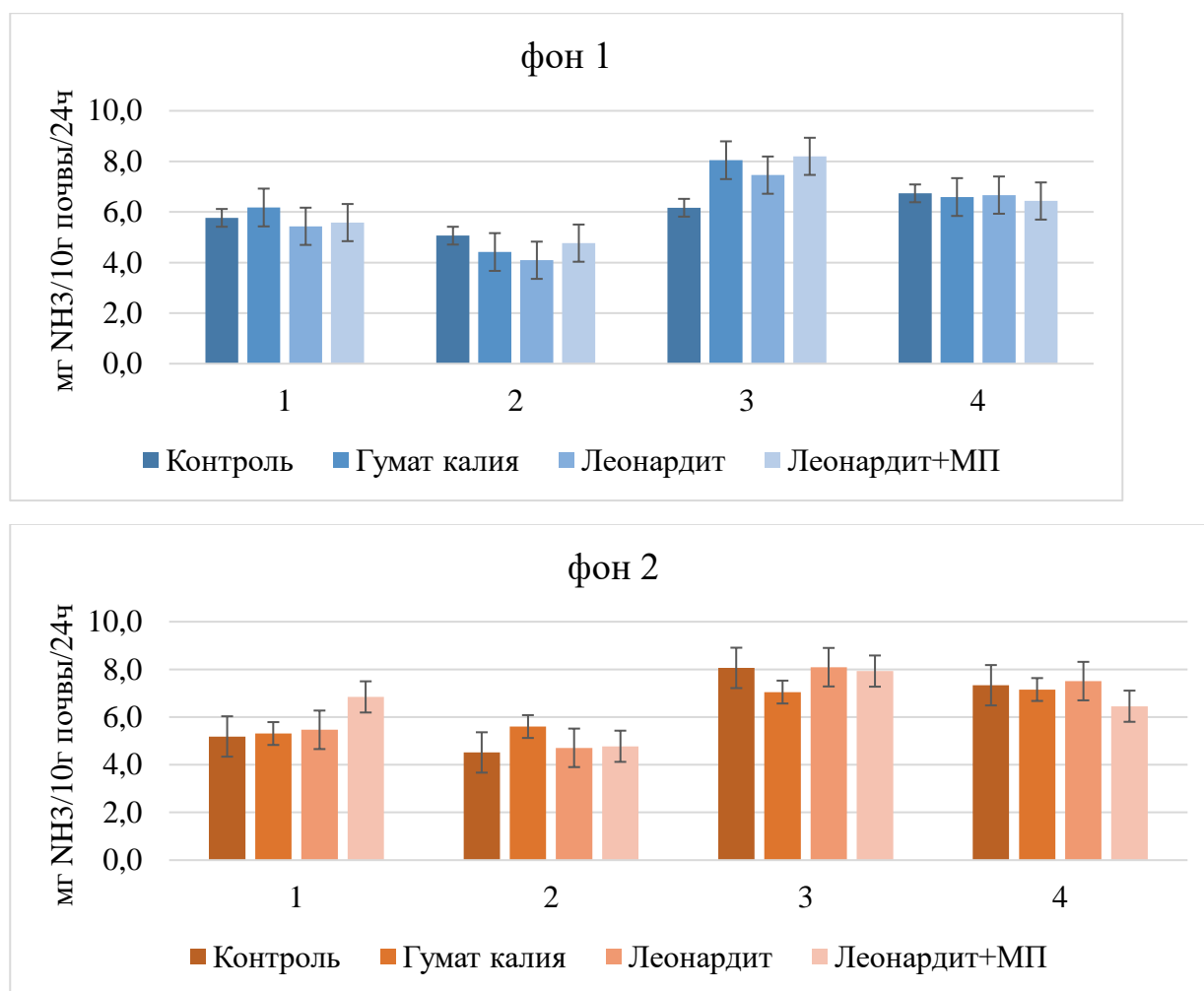
Активность уреазы в 2023 году также реагировала на применяемые агроприёмы, выступая индикатором биохимического состояния почвы. На фоне 0 активность фермента оставалась на умеренном уровне во все сроки наблюдений, и влияние гуминовых удобрений было незначительным. На минеральных фонах (1 и 2) общий уровень активности уреазы был выше. Ключевая закономерность заключалась в том, что варианты с леонардитом, особенно в сочетании с микробиологическим препаратом, как правило, поддерживали более высокую активность уреазы в середине вегетации (отборы 2 и 3) по сравнению с контролем и вариантом с гуматом калия.





*Рис. 1. Влияние гуминовых удобрений на содержание минерального азота в черноземе обыкновенном карбонатном под подсолнечником в 2023 году. Сроки отбора: 1 – до внесения удобрений; 2 – через месяц после внесения минеральных и гуминовых удобрений; 3 – через два месяца; 4 – до уборки подсолнечника.*





*Рис. 2. Влияние гуминовых удобрений на активность уреазы в черноземе обыкновенном карбонатном под подсолнечником в 2023 году. Сроки отбора: 1 – до внесения удобрений; 2 – через месяц после внесения минеральных и гуминовых удобрений; 3 – через два месяца; 4 – до уборки подсолнечника.*

Это прямо указывает на стимулирующее влияние комплекса гуминовых кислот леонардита на ферментативную активность почвенной микробиоты, ответственной за гидролиз мочевины и родственных соединений. На фоне 2 в варианте «Леонардит+МП» была зафиксирована максимальная за сезон активность уреазы (9,73 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы/24 ч), что коррелирует с пиком содержания минерального азота в этом же варианте.

Оценка эффективности гуматов по результатам 2023 года позволяет сделать следующие выводы. Гумат калия не оказал статистически значимого и однозначно положительного влияния ни на динамику минерального азота, ни

на активность уреазы в изученных условиях. Его эффект был нестабильным и варьировал в зависимости от срока отбора и фона питания. В противоположность этому, леонардит проявил себя как высокоэффективное средство регуляции азотного режима. Его основная ценность заключалась в способности усиливать и пролонгировать действие минеральных удобрений, предотвращая пиковые потери и обеспечивая выброс доступного азота в период максимальной потребности растений. Сочетание леонардита с микробиологическим препаратом привело к возникновению синергетического эффекта, выразившегося в значительном увеличении как содержания минерального азота, так и активности основного фермента азотного обмена – уреазы. Таким образом, в условиях неравномерного увлажнения 2023 года наиболее эффективной стратегией оптимизации азотного питания подсолнечника оказалось сочетанное применение умеренных или повышенных доз минеральных удобрений с леонардитом и инокуляцией почвы микробным консорциумом.

Для оценки взаимосвязи между содержанием минерального азота и активностью уреазы был проведён корреляционный анализ данных, полученных в течение вегетационного периода 2023 года. Обработка данных проводилась методом корреляционного анализа с вычислением коэффициента корреляции Пирсона ( $r$ ) в соответствии с общепринятыми статистическими методами (Доспехов, 1985).

Расчёт показал наличие умеренной положительной корреляции между изучаемыми параметрами: коэффициент корреляции составил  $r = 0,62$  ( $p < 0,05$ ). Это свидетельствует о том, что повышение активности уреазы в почве сопряжено с увеличением содержания минерального азота, доступного для растений. Наибольшая теснота связи наблюдалась в фазу активной вегетации подсолнечника (отборы 2 и 3), когда микробиологическая и ферментативная активность почвы достигала максимума. Данная закономерность согласуется с известной ролью уреазы в гидролизе азотсодержащих органических соединений и последующей мобилизации аммония в почвенном растворе (Купревич, 1951; Наими, 2019). В условиях применения гуминовых препаратов, особенно леонардита в сочетании с микробным консорциумом, корреляция становилась более выраженной, что подчёркивает

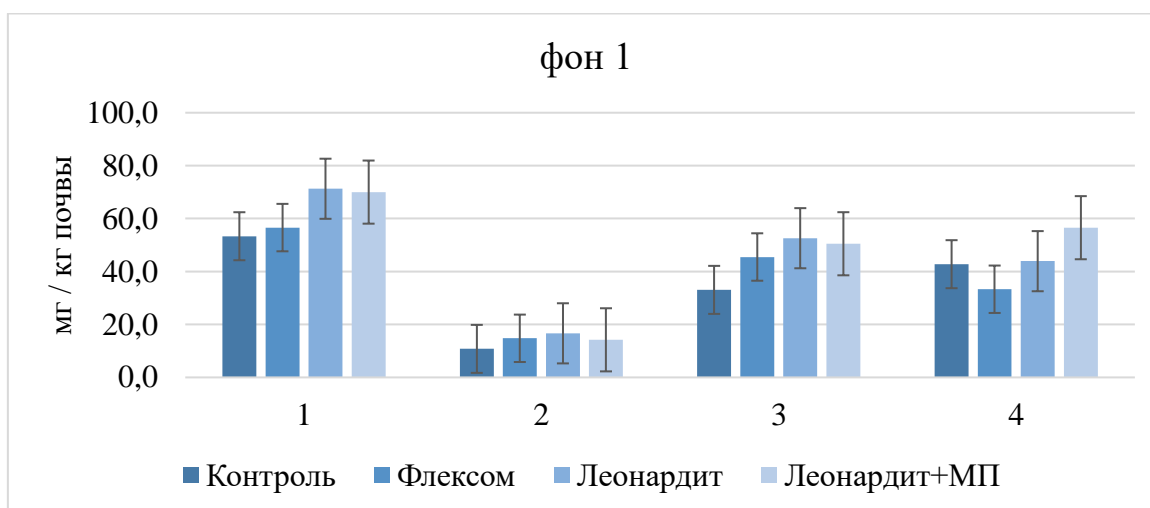
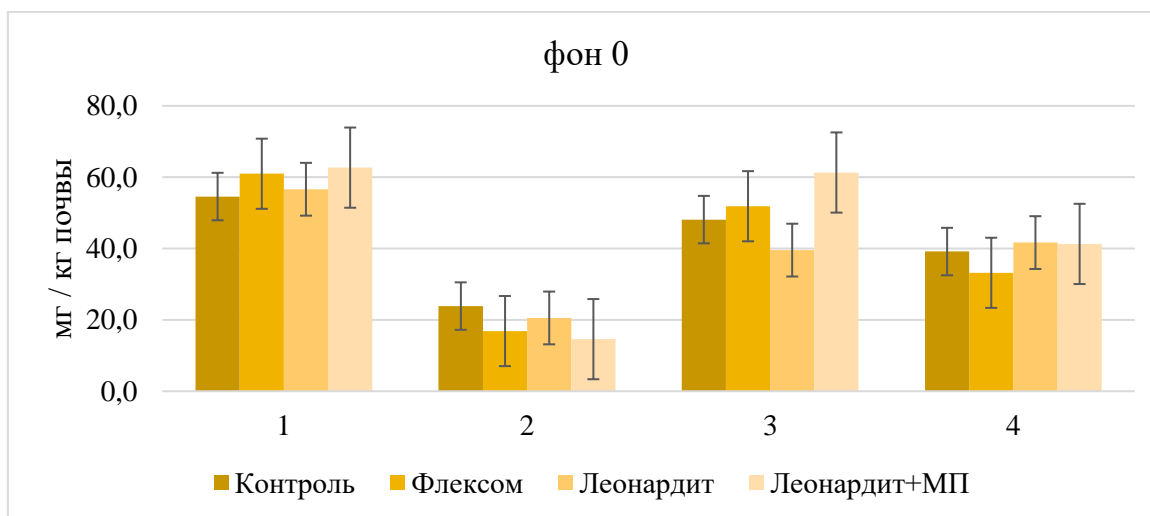
синергетический эффект от совместного использования органических и биологических средств в регуляции азотного режима.

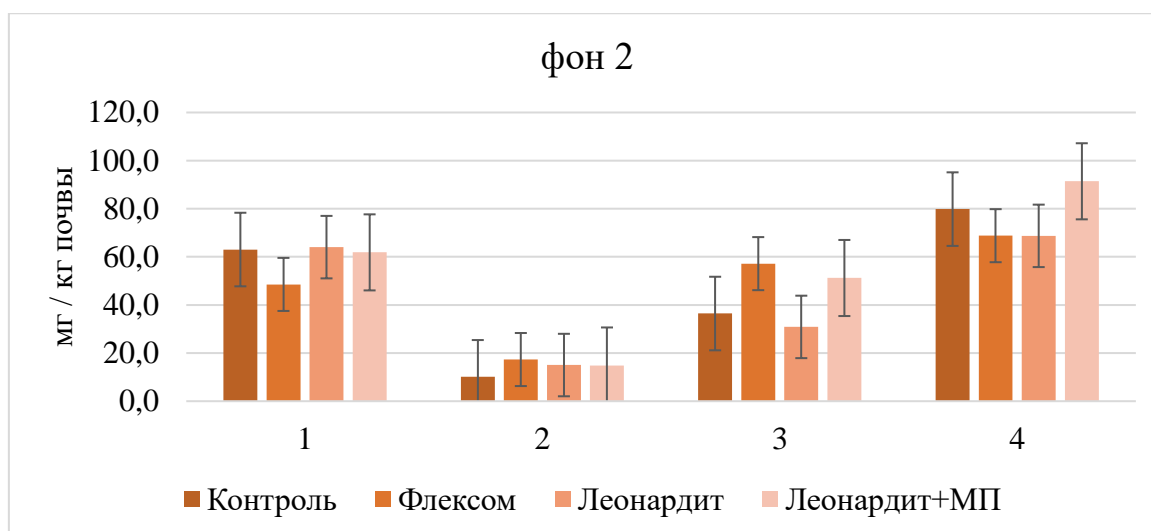
Полученные результаты подтверждают, что активность уреазы может служить биохимическим индикатором интенсивности трансформации азота в почве. Умеренная (а не сильная) корреляция ( $r = 0,62$ ) указывает на то, что на содержание минерального азота также влияют и другие факторы, такие как погодные условия, исходный запас питательных элементов в почве, а также прямое внесение минеральных удобрений. Однако устойчивая положительная связь подчёркивает важность стимуляции ферментативной активности для оптимизации азотного питания подсолнечника, особенно в условиях дефицита влаги и повышенных температур, характерных для Ростовской области.

Таким образом, применение гуминовых препаратов, в частности леонардита, способствует не только прямому повышению содержания минерального азота, но и активации ключевого фермента азотного обмена, что в комплексе обеспечивает более эффективное использование питательных элементов сельскохозяйственными культурами.

В 2024 году, в отличие от 2023 года, начальное содержание минерального азота (отбор 1) было существенно выше (31,4–92,84 мг/кг), что могло быть связано с меньшими потерями азота из-за отсутствия промывного режима в предшествующий засушливый период и особенностями минерализации органического вещества (рис. 3). Однако через месяц после внесения удобрений (отбор 2) во всех вариантах наблюдалось резкое снижение содержания минерального азота (до 10,13–23,88 мг/кг). Это характерно для условий сильного влагодефицита, когда процессы мобилизации азота подавляются, а его доступность для растений лимитирована. К отбору 3 (через два месяца) в большинстве вариантов отмечался заметный рост содержания азота, особенно на фоне минерального питания, что, вероятно, связано с активизацией процессов нитрификации при временном улучшении условий увлажнения или адаптацией микробиоты. Перед уборкой (отбор 4) динамика была разнонаправленной, с очень высокими значениями на отдельных вариантах (например, контроль на фоне 2–124,26 мг/кг), что может указывать на незавершённость цикла азота и его накопление в почве из-за угнетения роста растений и слабого выноса в условиях засухи.

Минеральные удобрения (фон 1 и 2) в экстремальных условиях не обеспечивали стабильно высокого уровня доступного азота в течение всей вегетации, демонстрируя низкую эффективность в условиях дефицита влаги.





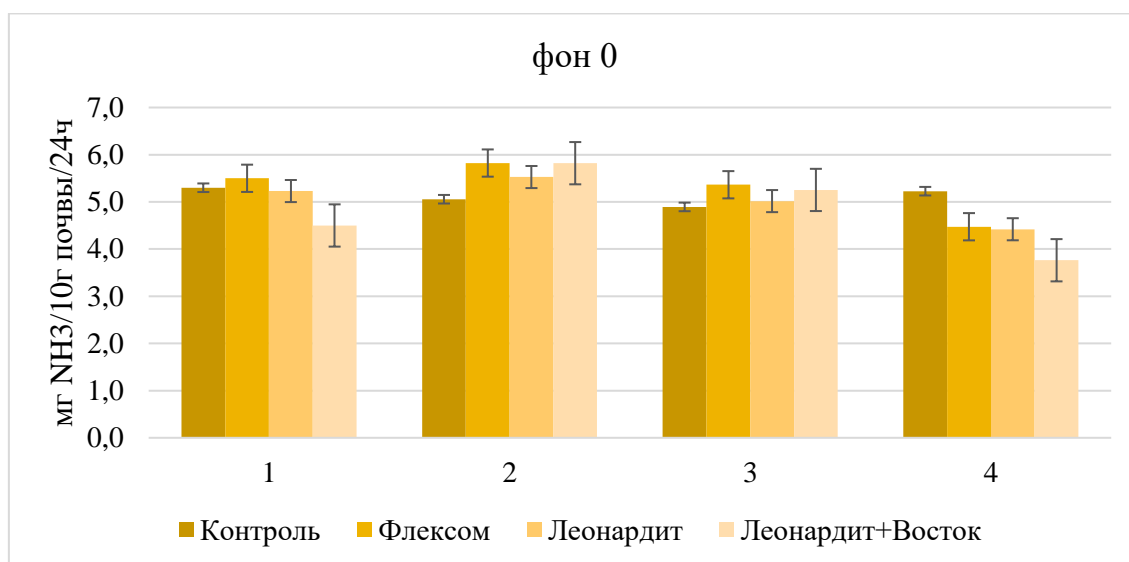
*Рис. 3. Влияние гуминовых удобрений на содержание минерального азота в черноземе обыкновенном карбонатном под подсолнечником в 2024 году. Сроки отбора: 1 – до внесения удобрений; 2 – через месяц после внесения минеральных и гуминовых удобрений; 3 – через два месяца; 4 – до уборки подсолнечника.*

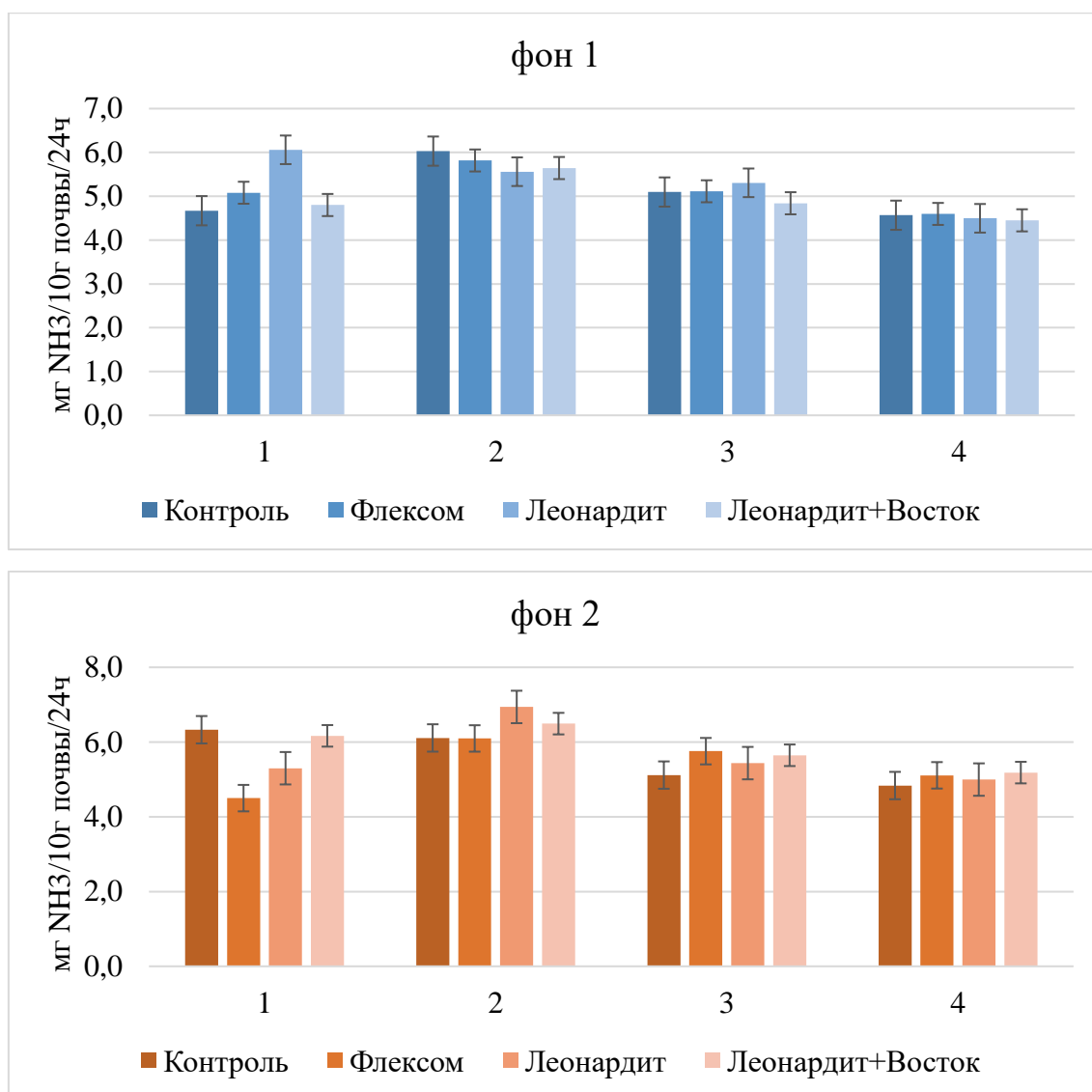
Гумат калия и, в особенности, леонардит, способствовали поддержанию более высокого содержания минерального азота в середине и конце вегетации по сравнению с контролем на аналогичных фонах питания. Комбинация леонардита с микробиологическим препаратом показала наиболее стабильные и часто максимальные значения азота в отборах 3 и 4, особенно на фоне 2 (до 145,81 мг/кг). Это свидетельствует о том, что гуминовые и биологические препараты смягчали стрессовое воздействие засухи на азотный режим почвы.

Активность уреазы в 2024 году варьировала в более узком диапазоне (2,92–7,98 мг NH<sub>3</sub>/10 г почвы/24 ч) по сравнению с 2023 годом и не демонстрировала выраженного сезонного максимума (рис. 4). Наиболее высокая активность, как правило, регистрировалась во втором отборе (через месяц после внесения), затем она снижалась. Это согласуется с известным угнетающим действием длительной засухи и высоких температур на ферментативную активность почв (Купревич, 1951; Наими, 2019).

Чёткой стимуляции активности уреазы под действием гуминовых препаратов в условиях 2024 года не выявлено. Значения активности в вариантах с леонардитом, гуматом калия и их комбинациями были сопоставимы с контролем или незначительно его превышали. Это указывает на то, что в экстремально засушливый год основной лимитирующий фактор для ферментативных процессов – дефицит влаги, который не мог быть полностью компенсирован применением изучаемых гуминовых удобрений.

Корреляционный анализ показал отсутствие статистически значимой линейной корреляции между изучаемыми параметрами: коэффициент корреляции составил  $r = 0,18$  ( $p > 0,05$ ), что кардинально отличается от результата, полученного в 2023 году ( $r = 0,62$ ), и свидетельствует о разрыве связи между ферментативной активностью и пулом минерального азота в условиях экстремальной засухи. Низкая корреляция объясняется тем, что в засушливый период динамика минерального азота в большей степени определялась абиотическими факторами (отсутствие вымывания, слабый вынос растениями, возможные процессы поверхностной иммобилизации или накопления), а не биологической трансформацией, катализируемой уреазой. Активность же самого фермента была существенно подавлена дефицитом почвенной влаги, что является известным ограничивающим фактором для микробиологических и биохимических процессов (Наими, 2019).





*Рис. 4. Влияние гуминовых удобрений на активность уреазы в черноземе обыкновенном карбонатном под подсолнечником в 2024 году. Сроки отбора: 1 – до внесения удобрений; 2 – через месяц после внесения минеральных и гуминовых удобрений; 3 – через два месяца; 4 – до уборки подсолнечника.*

Экстремально засушливые условия 2024 года оказали доминирующее влияние на азотный режим и ферментативную активность почвы, нивелировав ожидаемое положительное действие минеральных и частично гуминовых удобрений.

Однако несмотря на подавление ферментативной активности, применение леонардита, особенно в сочетании с микробиологическим препаратом, способствовало поддержанию более высокого содержания минерального

азота в почве в критические периоды, демонстрируя роль гуминовых веществ в улучшении влагоудерживающей способности и стабилизации почвенной среды.

Отсутствие значимой корреляции между минеральным азотом и активностью уреазы ( $r = 0,18$ ) является диагностическим признаком глубокого дисбаланса в азотном цикле, вызванного гидротермическим стрессом. Это указывает на то, что в экстремально засушливые годы традиционные биохимические индикаторы (такие как активность уреазы) могут терять свою прогностическую силу для оценки доступности азота.

Полученные результаты подчёркивают необходимость разработки и применения агроприёмов, направленных на сохранение почвенной влаги и повышение устойчивости агроэкосистемы в целом, для обеспечения эффективного азотного питания растений в условиях возрастающей аридизации климата Ростовской области.

## **Заключение**

Обобщение результатов исследований 2023 и 2024 годов позволяет сделать вывод о существенном влиянии гидротермических условий вегетационного периода на характер воздействия гуминовых удобрений на азотный режим и ферментативную активность чернозёма обыкновенного карбонатного под посевами подсолнечника. В умеренно напряжённых условиях 2023 года, характеризовавшихся неравномерным распределением осадков, гуминовые удобрения, в особенности леонардит, проявили себя как эффективные биостимуляторы. Их применение способствовало стабилизации динамики минерального азота в почве, повышению доступности элементов питания из минеральных удобрений и активизации процессов биохимической трансформации, что подтверждалось умеренной положительной корреляцией между содержанием минерального азота и активностью уреазы ( $r = 0,62$ ). В таких условиях гуминовые удобрения реализовали свой потенциал за счёт стимуляции почвенной микрофлоры и метаболизма растений, выступая фактором оптимизации азотного питания.

В экстремально засушливый 2024 год доминирующее влияние дефицита влаги коренным образом изменило механизм действия гуминовых

удобрений. Прямое биостимулирующее воздействие на ферментативную активность (в частности, уреазу) было нивелировано, о чём свидетельствует отсутствие статистически значимой корреляции между изучаемыми показателями ( $r = 0,18$ ). Однако в этих стрессовых условиях проявилась иная, не менее важная функция гуматов, особенно леонардита, — адаптивная и почвозащитная. За счёт улучшения физических свойств почвы, в первую очередь влагоудерживающей способности и структуры, они способствовали поддержанию более высокого уровня минерального азота в критические периоды вегетации по сравнению с контролем. Таким образом, в засушливый год гуминовые удобрения действовали прежде всего как стабилизаторы почвенной среды и факторы, смягчающие последствия гидротермического стресса.

Таким образом, влияние гуминовых удобрений на азотный режим носит опосредованный характер и зависит от фона увлажнения. В благоприятных или умеренно стрессовых условиях они выступают как активаторы биологических процессов, повышающие эффективность использования ресурсов. В условиях экстремальной засухи их роль смещается в сторону поддержания почвенного плодородия и устойчивости агроэкосистемы за счёт улучшения физико-химических свойств почвы. Это делает применение гуминовых удобрений, и в частности, леонардита, стратегически важным адаптивным приёмом для обеспечения устойчивости земледелия в Ростовской области в условиях возрастающей сухости климата.

## Список литературы

Александрова И.В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов// Органическое вещество целинных и освоенных почв. М.,1972. С.31–68.

Андреев В. А. Гумат калия жидкий торфяной: лекарство против стресса // Российский аграрный портал, 2020.

Безуглова О.С., Полиенко Е.А., Горовцов А.В., Лыхман В.А. Применение гуминового удобрения ВЮ-Доп на черноземе обыкновенном под озимую пшеницу // Теоретическая и прикладная экология. 2015, №1. С. 89–95.

Безуглова О.С., Полиенко Е.А., Горовцов А.В. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) //Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2016. №4. С. 10–13.

Безуглова О.С., Хырхырова М.М. Почвы Ростовской области. – Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2008. – 352 с.

Безуглова О. С., Полиенко Е. А., Горовцов А. В., Лыхман В. А. Влияние гуминовых препаратов на почвы и растения. Ростов-на-Дону – Таганрог: Южный федеральный университет, 2019. – 154 с.

ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО / Москва: Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. 1986. 5 с.

ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом / Москва: Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов. 1986. 8 с.

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Дубинина М.Н., Безуглова О.С. Влияние гуминового препарата на фракционно-групповой состав фосфатов в черноземе обыкновенном карбонатном //Известия ВУЗОВ. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2022. № 1. – С. 38–48. DOI: 10.18522/1026-2237-2022-1-38-48.

Карташев С.С. Влияние гуминовых препаратов на свойства чернозёма обыкновенного карбонатного при возделывании гороха посевного в Ростовской области: автореферат дисс. ... к.б.н. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2024. 24.с.

Калашников Р.П., Семенова Е.А., Фокин С.А., Захарова Е.Б. Влияние минеральных удобрений на ферментативную активность чернозёмовидной почвы под посевами кукурузы //Дальневосточный аграрный вестник. – 2020. – №. 3 (55). – С. 26–34.

Классификации и диагностике почв России /Авторы и составители: Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

Коровушкин А.А., Нефедова С.А., Якунин Ю.В., Баручев Р.В. Эффективность использования не модифицированных микропористых гуминовых кислот из леонардита в рационе карпов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2019. Вып. №3(43). С. 59–63.

Котелев В.В. Роль микроорганизмов в разложении органических фосфатов и передвижении фосфора в почве: автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: Институт микробиологии Академии наук СССР, 1964. 26 с.

Купревич В.Ф. Биологическая активность почвы и методы ее определения // Докл. АН СССР, 1951. Т. 79. № 5. С.863–866.

Наими О.И. О методе определения активности уреазы в почве // Высокие технологии и инновации в науке. Сборник избранных статей Международной научной конференции. 2019. С. 17–20.

Петров В. Б., Чеботарь В. К. Микробиологические препараты – базовый элемент современных интенсивных агротехнологий растениеводства // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. – С. 11–15.

Пронько В. В., Пронько Н. А., Рухович О. В., Беличенко М. В., Романенков В. А., Ярошенко Т. М., Климова Н. Ф., Журавлев Д. Ю. Влияние удобрений на плодородие орошаемых темно-каштановых почв Поволжья и продуктивность сельскохозяйственных культур // Агрехимия. 2020. № 6. – С. 53–63.

Слащинин Ю.И. Биопрепарат «ВОСТОК-ЭМ1»: теория и практика. 6-е издание, переработанное и дополненное. Владивосток. 2009. 31 с.

Сорта и гибриды зернобобовых, масличных и зерновых культур. Каталог 2025/26 // Щелково Агрехим, 2025. Электронный ресурс: [https://betaren.ru/upload/medialibrary/fc0/gnalrlfwq30ftdyqyahol03c57z5n1kp/semena\\_2025.pdf](https://betaren.ru/upload/medialibrary/fc0/gnalrlfwq30ftdyqyahol03c57z5n1kp/semena_2025.pdf)

Хазиев Ф.Х. Функциональная роль ферментов в почвенных процессах // Вестник Академии Наук РБ. 2015. Т. 20. № 2(78). – С. 14–24.

Хомяков Ю.В. Роль корневых выделений растений в формировании биохимических свойств корнеобитаемой среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2009. – 22 с.

Щетинина Д. Г. Особенности питания и удобрения подсолнечника влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян подсолнечника // Молодые аграрии Ставрополя: сборник студенческих научных трудов по материалам 86-й научно-практической конференции. Ставрополь: АГРУС Ставропольского государственного аграрного университета, 2021. – С. 167–168.

## References

- Aleksandrova, I.V. On the physiological activity of humic substances and microbial metabolism products // Organic matter of virgin and cultivated soils. Moscow, 1972. P. 31–68.
- Andreev, V. Liquid peat potassium humate: a medicine against stress // Russian Agrarian Portal, 2020. Electronic resource: <https://agroportal-ziz.ru/articles/gumat-kaliya-zhidkiy-torfyanoy-lekarstvo-protiv-stressa>.
- Bezuglova, O.S., Polienko, E.A., Gorovtsov, A.V. Humic preparations as stimulators of plant and microorganism growth (review) // Izvestia of the Orenburg State Agrarian University, 2016. No. 4. P. 10–13.
- Bezuglova, O.S., Khyrkhryrova, M.M. Soils of the Rostov Region. – Textbook. Rostov-on-Don: Publishing House of Southern Federal University, 2008. – 352 p.
- Bezuglova O. S., Polienko E. A., Gorovtsov A. V., Lykhman V. A. Influence of humic preparations on soils and plants. Rostov-on-Don - Taganrog: Southern Federal University, 2019. – 154 p.
- Pronko N. A., Pronko O. V., Rukhovich V. V. [et al.]. Effect of fertilizers on the fertility of irrigated dark chestnut soils of the Volga region and the productivity of agricultural crops // Agrokimiya. 2020. No. 6. – P. 53–63.
- GOST 26489-85 Soils. Determination of exchangeable ammonium by the TSINAO method / Moscow: Order of the "Badge of Honor" Publishing House of Standards. 1986. 5 p.
- GOST 26951-86 Soils. Determination of nitrates by ionometric method / Moscow: Order of the "Badge of Honor" Publishing House of Standards. 1986. 8 p.
- Dospekhov B.A. Methodology of field experiment (with basics of statistical processing). 5th ed., suppl. and rev. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
- Kalashnikov R.P., Semenova E.A., Fokin S.A., Zakharova E.B. "The Effect of Mineral Fertilizers on the Enzymatic Activity of Chernozem-Like Soils under Corn Crops" // Far Eastern Agrarian Bulletin. 2020. No. 3 (55). – Pp. 26–34.
- Classification and Diagnostics of Soils of Russia / Authors and compilers: Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. Smolensk: Oykumena, 2004. 342 p.

Korovushkin, A.A., Nefedova, S.A., Yakunin, Yu.V., Baruchev, R.V. Efficiency of using non-modified microporous humic acids from leonardite in the diet of carps // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, 2019. Issue No. 3(43). – P. 59–63.

Kuprevich, V.F. Biological activity of soil and methods of its determination // Dokl. AN SSSR, 1951. Vol. 79. No. 5. P. 863–866.

Naimi, O.I. On the method for determining urease activity in soil // High Technologies and Innovations in Science. Collection of selected articles of the International Scientific Conference. 2019. P. 17-20.

Petrov, V. B. Microbial preparations - a basic element of modern intensive agrotechnologies in crop production / V. B. Petrov, V. K. Chebotar // Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex. – 2011. – No. 8. – P. 11-15.

Slashchinin, Yu.I. Biopreparation "VOSTOK-EM1": theory and practice. 6th edition revised and supplemented. Vladivostok. 2009. 31 p.

Varieties and hybrids of leguminous, oilseed and cereal crops. Catalog 2025/26 // Shchelkovo Agrokhim, 2025. Electronic resource: [https://betaren.ru/upload/medialibrary/fc0/gnalrlfwq30ftdyqyaxol03c57z5n1kp/semena\\_2025.pdf](https://betaren.ru/upload/medialibrary/fc0/gnalrlfwq30ftdyqyaxol03c57z5n1kp/semena_2025.pdf)

Khaziev F.Kh. Functional role of enzymes in soil processes // Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Belarus. – 2015. – Vol. 20. - No. 2(78). – Pp. 14-24.

Shchetinina, D. G. Features of nutrition and fertilization of sunflower influence of mineral fertilizers on the yield and quality of sunflower seeds / D. G. Shchetinina // Young Agriculturists of Stavropol Krai: collection of student scientific works based on the materials of the 86th scientific-practical conference. Stavropol: AGRUS of the Stavropol State Agrarian University, 2021. – P. 167-168.

Научное электронное периодическое издание ЮФУ «Живые и биокосные системы», № 54, 2025 г.

Статья поступила в редакцию 9 декабря 2025 г.

Поступила после доработки 16 декабря 2025 г.

Принята к печати 23 декабря 2025 г.

Received 9, December, 2025

Revised 16, December, 2025

Accepted 23, December, 2025

Халецкая Г. Ю., Полиенко Е. А., Безуглова О. С., Содержание минерального азота в черноземе обыкновенном при внесении гуминовых удобрений под подсолнечник в Ростовской области // «Живые и биокосные системы». – 2025. – № 54; URL: <https://jbks.ru/archive/issue-54/article-9>; DOI: 10.18522/2308-9709-2025-54-9