

Елена Николаевна Белоусова<sup>1✉</sup>, Александр Анатольевич Белоусов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>1</sup>svobodalist571301858@mail.ru

<sup>2</sup>svoboda57130@mail.ru

## РЕАКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА АГРОЧЕРНОЗЕМОВ И ФЕРМЕНТОВ УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА НА ПРОЦЕСС ВНЕДРЕНИЯ БЕЗОТВАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ

*Цель исследований – оценить влияние процесса перехода на минимальные технологии обработки почвы на трансформацию органического вещества и участие в этих превращениях ферментов углеродного цикла. Исследования проведены на производственном опыте ООО «ОПХ «Дары Малиновки» Сухобузимского района в Красноярской лесостепи. Объект исследований – чернозем обыкновенный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый на красно-бурой глине. Схема опыта представлена следующими вариантами: 1. Отвальная (st); 2. Минимальная (дискование); 3. Плоскорезная (культивация). В сезоне 2017 г. почва вариантов опыта обрабатывалась по типу чистого раннего пара, а в 2018 г. на полевом стационаре был произведен посев яровой пшеницы сорта Новосибирская-31, в 2019 г. – ячменя сорта Ача. Результаты активности полифенолоксидазы продемонстрировали очень слабый уровень. Показано, что пероксидазная активность в большей степени откликнулась на механическое воздействие относительно полифенолоксидазы. Активность пероксидазы отличалась в статистически значимом превышении слоя 0–10 см относительно 10–20 см при отвальной обработке. Использование поверхностных рыхлений достоверно повышало активность в слое 10–20 см в сравнении с 0–10 см. Данные активности анализируемых ферментов свидетельствуют о благоприятных условиях для гумификации растительного материала и накопления гумусоподобных веществ. Данные условного коэффициента гумусонакопления показывают, что в фазу кущения яровых зерновых культур складывались условия, не благоприятствующие процессам новообразования легкоминерализуемых гумусовых веществ в почве всех вариантов опыта. Положительная динамика коэффициента была наиболее выражена при плоскорезном рыхлении в слое 0–10 см.*

**Ключевые слова:** ферменты, полифенолоксидаза, пероксидаза, коэффициент гумусонакопления, безотвальные способы обработки почвы, дифференциация слоев

**Для цитирования:** Белоусова Е.Н., Белоусов А.А. Реакция органического вещества агрочерноземов и ферментов углеродного цикла на процесс внедрения безотвальных систем обработки // Вестник КрасГАУ. 2023. № 10. С. 145–151. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-145-151.

Elena Nikolaevna Belousova<sup>1✉</sup>, Alexander Anatolyevich Belousov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>1</sup>svobodalist571301858@mail.ru

<sup>2</sup>svoboda57130@mail.ru

## REACTION OF ORGANIC MATTER OF AGROCHERNOZEMS AND CARBON CYCLE ENZYMES TO THE INTRODUCTION PROCESS OF WASTE-FREE PROCESSING SYSTEMS

*The purpose of research is to assess the impact of the transition to minimal soil tillage technologies on the transformation of organic matter and the participation of carbon cycle enzymes in these transformations. Research was carried out on the production experience of Dary Malinovka Production Enterprise LLC in the Sukhobuzimo District in the Krasnoyarsk forest-steppe. The object of research is ordinary chernozem with medium humus and medium thickness. heavy loamy on red-brown clay. The experimental*

design is represented by the following options: 1. Dump (st); 2. Minimum (disk); 3. Flat cutting (cultivation). In the 2017 season, the soil of the experimental variants was cultivated using the type of pure early fallow, and in 2018, spring wheat of the Novosibirskaya-31 variety was sown at the field station, and in 2019, barley of the Acha variety was sown. The results of polyphenol oxidase activity showed a very weak level. It was shown that peroxidase activity responded to a greater extent to mechanical stress relative to polyphenol oxidase. The activity of peroxidase differed in a statistically significant increase in the layer of 0–10 cm relative to 10–20 cm during dump treatment. The use of surface loosening significantly increased the activity in the layer of 10–20 cm compared to 0–10 cm. Data on the activity of the analyzed enzymes indicate favorable conditions for the humification of plant material and the accumulation of humus-like substances. Data from the conditional coefficient of humus accumulation show that during the tillering phase of spring grain crops, conditions developed that were not favorable to the processes of new formation of easily mineralizable humic substances in the soil of all experimental variants. The positive dynamics of the coefficient was most pronounced during flat-cut loosening in a layer of 0–10 cm.

**Keywords:** enzymes, polyphenol oxidase, peroxidase, humus accumulation coefficient, non-moldboard methods of soil cultivation, differentiation of layers

**For citation:** Belousova E.N., Belousov A.A. Reaction of organic matter of agrochernozeams and carbon cycle enzymes to the introduction process of waste-free processing systems // Bulliten KrasSAU. 2023;(10): 145–151. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-145-151.

**Введение.** Обработка почвы – один из важнейших факторов, определяющих физические и химические свойства агрогенных почв, приводящих к изменению структуры и функционирования почвенного микробного сообщества, влияющих на экологическое состояние и плодородие почвы [1–3]. Ее минимизация может служить перспективным приемом секвестрации органического углерода почвы [4]. Сокращение отрицательного влияния на почву, ее механического рыхления – важная проблема, стоящая перед современным земледелием. По мнению [5], как и другие звенья системы земледелия, она преследует две цели: повысить эффективное плодородие почвы и создать наиболее благоприятные условия для роста и развития растений. Известно, что агроценозы являются экосистемами с наиболее динамичным и неустойчивым балансом органического вещества [6]. По мнению [7], важно учитывать степень влияния минимизации на микробиологическую активность, от изменений которой зависит динамика органического вещества и в целом плодородие черноземных почв. Почвенные микроорганизмы и ферменты первыми реагируют на смену условий в почве, в том числе на параметры, определяющие процессы минерализации-гумификации [8, 9].

В связи со специфичностью условий почвообразования и особенностями агросвойств почв лесостепной зоны Красноярского края исследования, направленные на поиск закономерностей между активностью ферментов и направленно-

стью трансформаций органического вещества, особенно актуальны [10–12]. Диагностика этих корреляций, вероятно, позволит прогнозировать изменения в превращениях органического вещества агропочв. Особенно важным представляется диагностика этих изменений в условиях сезоннопромерзающих почв Сибирского региона при внедрении безотвальных технологий обработки почвы.

**Цель исследований** – оценить влияние процесса перехода на минимальные технологии обработки почвы на трансформацию органического вещества и участие в этих превращениях ферментов углеродного цикла.

**Объекты и методы.** Исследования проведены на производственном опыте ООО «ОПХ «Дары Малиновки» Сухобузимского района в Красноярской лесостепи. Объект исследований – чернозем обыкновенный среднегумусный среднемогучий тяжелосуглинистый на красно-бурой глине. Почва опыта в пахотном слое содержит 6,3–6,5 % гумуса, рН водной суспензии близок к нейтральному ( $pH_{H_2O} = 6,7$ ), подвижного фосфора – 295–320 мг/кг, обменного калия – 127–138 мг/кг. В границах производственных посевов заложены реперные участки прямоугольной формы общей площадью 1200 м<sup>2</sup> с учетной площадью 600 м<sup>2</sup>. В пределах каждого участка выделялись три делянки – повторности площадью 200 м<sup>2</sup>. Объем выборки был рассчитан исходя из уровня варьирования плодородия почвы по результатам рекогносцировочных посевов и состава

вил 12 индивидуальных пространственно-удаленных проб. Трижды за вегетационный сезон отбирались почвенные образцы из слоев 0–10, 10–20 см методом змейки. Схема опыта представлена следующими вариантами: 1 – отвальная (st); 2 – минимальная (дискование); 3 – плоскорезная (культивация).

Отвальную вспашку проводили плугом Gregoire Besson SPLM B9 на глубину 25–27 см, минимальную обработку (поверхностное дискование) – дискатором БДМ-Агро БДМ 6х4П и плоскорезную обработку (культивацию) культиватором Ярославич КБМ-10,8 ПС-4 на глубину 10–12 см. В вегетационный сезон 2017 г. почва

вариантов опыта обрабатывалась по типу чистого раннего пара, а в 2018 г. на полевом стационаре был произведен посев яровой пшеницы сорта Новосибирская-31, в 2019 г. – посев ячменя сорта Ача.

Агрометеорологические условия 2017–2019 гг. оценивались следующими показателями (табл. 1). Так, накопление суммы активных температур было значительно выше среднеемноголетних значений, а количество осадков, напротив, существенно уступало норме. Это свидетельствовало о засушливости условий, формирующихся в годы наблюдений.

Таблица 1

**Метеорологические показатели в годы наблюдений**

Год	Месяц					Сумма показателей
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	
Средняя температура воздуха, °С						Сумма активных температур, °С
2017	11,0	20,3	19,5	16,8	8,5	2074
2018	8,1	20,5	18,6	18,3	10,1	2061
2019	9,0	18,7	19,5	18,8	9,9	2047
Норма (1980–2010 гг.)	8,7	15,2	17,6	14,8	8,8	1833
Осадки, мм						Сумма осадков, мм
2017	28,0	30,0	79,0	81,0	81,0	299,0
2018	29,0	29,0	33,0	21,0	58,0	170,0
2019	8,3	106,1	45,4	68,9	54,0	274,4
Норма (1980–2010 гг.)	50,0	61,0	95,0	78,0	48,0	332,0

Вторая половина лета первого года исследований (2017) характеризовалась значительным количеством осадков относительно 2018 г. Начало и середина вегетационного сезона 2018 г. по агрометеорологическим условиям складывались неблагоприятно. По количеству выпавших осадков анализируемый период существенно уступал норме, тогда как температура воздуха превышала средние многолетние значения. В июне 2019 г. осадков выпало на 65 % больше нормы.

Химические и физико-химические показатели получены по [13]. Ферментативную активность почвы определяли: пероксидазу и полифенолоксидазу – колориметрическим методом по Л.А. Карягиной, Н.А. Михайловской (1986) [14].

Статистический анализ данных проводили с использованием пакета программ MS Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Данные активности полифенолоксидазы показывали очень слабый уровень по шкале Д.Г. Звягинцева. Существенным элементом оценки биохимических реакций при изучении способов обработки является сравнение слоев почвы. Здесь значима информация о направленности процессов трансформации, чтобы понимать, как отразился тот или иной вариант технологии обработки на превращении соединений углерода. В период парования активность полифенолоксидазы в сравниваемых слоях отличалась в зависимости от способа механического воздействия (табл. 2).

Таблица 2

Активность полифенолоксидазы в слоях агрочерноземов, мг 1,4 бензохинона / 1 г / 30 мин  
( $t_{0,5} = 2,2$  (в июле, сентябре 2019 г. –  $t_{0,5} = 2,7$ ))

Вариант	Слой, см	тф	Июнь	тф	Июль	тф	Сентябрь
2017							
1. Отвальная вспашка (st)	0–10	–	–	<b>6,8</b>	5,3	1,3	3,3
	10–20	–	–		4,4		2,9
2. Минимальная обработка (дискование)	0–10	–	–	<b>–3,8</b>	4,9	<b>–8,2</b>	3,8
	10–20	–	–		5,8		5,6
3. Плоскорезная обработка (культивация)	0–10	–	–	0,8	5,1	<b>–7,6</b>	4,3
	10–20	–	–		5,1		6,4
2018							
1. Отвальная вспашка (st)	0–10	1,1	3,6	5,8	5,9	<b>10,8</b>	7,0
	10–20		3,2		4,6		4,9
2. Минимальная обработка (дискование)	0–10	<b>–2,3</b>	5,4	<b>–6,4</b>	4,7	–0,8	5,2
	10–20		5,9		6,4		5,5
3. Плоскорезная обработка (культивация)	0–10	0,5	4,9	–1,4	5,4	–1,6	5,6
	10–20		5,0		5,9		6,0
2019							
1. Отвальная вспашка (st)	0–20	–0,4	3,5	–0,1	2,7	–2	4,8
	20–40		3,6		2,6		5,5
2. Минимальная обработка (дискование)	0–20	–2,5	2,9	1,6	4,3	–0,3	4,8
	20–40		3,7		4,8		4,7
3. Плоскорезная обработка (культивация)	0–20	–0,6	3,3	–2	4,8	0,2	4,3
	20–40		3,4		5,5		4,2

Примечание: здесь и в таблице 3 жирным выделены достоверные различия между слоями.

При отвальной вспашке процесс окисления фенолов был достоверно интенсивнее в слое 0–10 см, а при безотвальных рыхлениях в слое 10–20 см. Аналогичная зависимость проявлялась и в сезоне 2018 г. Различия не всегда были статистически достоверны, однако тенденция сохранялась. В большей степени она прослеживалась в почве, обрабатываемой дискованием. К фазе полной спелости яровой пшеницы достоверно более высокая активность полифенолоксидазы наблюдалась в поверхностном слое, что, вероятно, указывало на лучшую аэрацию данного слоя. При плоскорезном рыхлении существенных отличий в полифенолоксидазной

активности не наблюдалось. В период вегетации ячменя (2019 г.) в целом сравниваемые слои демонстрировали равноценные параметры окисления. На уровень активности полифенолоксидазы могли оказывать влияние и корневые системы растений. По нашим наблюдениям, эта зависимость также прослеживалась, особенно в период вегетации яровой пшеницы, когда в середине лета нарастание ее корневой системы было максимальным.

Пероксидазная активность в большей степени откликнулась на механическое воздействие относительно полифенолоксидазы (табл. 3).

Таблица 3

Активность пероксидазы в слоях агрочерноземов, мг 1,4 бензохинона / 1 г / 30 мин  
( $t_{0,5} = 2,2$  (в июле, сентябре 2019 г. –  $t_{0,5} = 2,7$ ))

Вариант	Слой, см	тф	Июнь	тф	Июль	тф	Сентябрь
1	2	3	4	5	6	7	8
2017							
1. Отвальная вспашка (st)	0–10	–	–	<b>6,7</b>	6,8	–1,1	2,7
	10–20	–	–		5,5		2,9
2. Минимальная обработка (дискование)	0–10	–	–	<b>4,2</b>	5,9	–2,1	5,2
	10–20	–	–		5,4		5,6

1	2	3	4	5	6	7	8
3. Плоскорезная обработка (культивация)	0–10	–	–	<b>–4,6</b>	6,1	–7,7	3,5
	10–20	–	–		7,7		5,6
2018							
1. Отвальная вспашка (st)	0–10	1	3,1	<b>6,8</b>	6,8	<b>–2,9</b>	4,2
	10–20		3,1		5,5		4,8
2. Минимальная обработка (дискование)	0–10	<b>–5</b>	5,1	<b>–11,8</b>	3,1	<b>26,3</b>	7,5
	10–20		6,1		6,9		3,9
3. Плоскорезная обработка (культивация)	0–10	<b>–3,5</b>	5,7	<b>–9</b>	3,9	<b>–12,3</b>	3,7
	10–20		6,4		5		6,1
2019							
1. Отвальная вспашка (st)	0–20	2	5,5	1,3	5,8	–1,7	5,2
	20–40		4,8		5,8		6
2. Минимальная обработка (дискование)	0–20	<b>–11,4</b>	4,2	–1,1	6,2	1,4	5,1
	20–40		7,2		6,2		4,7
3. Плоскорезная обработка (культивация)	0–20	–0,7	6,5	–1,3	5,3	0,6	7
	20–40		6,8		6		6,9

Это проявлялось в статистически значимых различиях между сравниваемыми слоями. Примечательно, что активность пероксидазы отличалась в статистически значимом превышении слоя 0–10 см относительно 10–20 см при отвальной обработке и, наоборот, использование поверхностных рыхлений достоверно повышало активность в слое 10–20 см в сравнении с 0–10 см. В сезонах 2017–2018 гг. эта закономерность, очевидно, проявлялась в условиях плос-

корезного рыхления. Обозначенное свидетельствует об активизации минерализационных процессов, прежде всего в слое 10–20 см при плоскорезном рыхлении.

По данным условного коэффициента гумусонакопления в фазу кущения яровых зерновых культур, складывались условия, благоприятствующие процессам новообразования легкоминерализуемых гумусовых веществ в почве всех вариантов опыта (табл. 4).

Таблица 4

#### Условный коэффициент накопления гумуса в слоях почвы (2017–2019 гг.), %

Способ обработки	Слой почвы, см	Срок определения			Среднее
		Фаза кущения	Фаза цветения	Полная спелость	
Отвальная (st)	0–10	0,90	0,87	<b>1,27</b>	<b>1,01</b>
	10–20	0,88	0,86	0,98	0,91
Минимальная (дискование)	0–10	0,87	<b>1,01</b>	0,80	0,89
	10–20	0,74	<b>1,15</b>	<b>1,14</b>	<b>1,01</b>
Плоскорезная	0–10	0,72	<b>1,04</b>	<b>1,22</b>	0,99
	10–20	0,64	0,92	0,91	0,82

*Примечание:* жирным выделены случаи преобладания процессов новообразования гумусовых соединений над процессами минерализации.

Однако следует отметить, что наиболее низкие значения коэффициента в этот период обнаруживались в условиях плоскорезного рыхления. Последующая динамика свидетельствовала о возможности плоскорезной обработки стимулировать условия для накопления новообразованных гумусовых молекул во второй половине ве-

гетационного периода. При этом в структуре легкоминерализуемых органических соединений, переходящих в щелочной гидролизат, заметную долю составляли фульвокислоты. Подобное в своих исследованиях отмечали [10, 11, 15]. По мнению авторов, это свидетельствовало как о большей «оборачиваемости» углерода за счет

активизации процессов трансформации, так и об изменении качества гумуса. Помимо того, существенное влияние на этот процесс могли оказать засушливые погодные условия, предшествующие фазе кущения яровых зерновых (см. табл. 1), и повышенная каталитическая активность почвы. Очевидно, атомарный кислород при разложении перекиси водорода оказывал влияние на гетеротрофный синтез органических соединений. Результатом данных превращений стало увеличение коэффициента гумусонакопления к фазе цветения на безотвальных фонах в сравнении с отвальной вспашкой агрочерноземов. К фазе полной спелости происходило относительное выравнивание показателя в почве исследуемых вариантов обработки.

### Заключение

1. Результаты активности полифенолоксидазы продемонстрировали очень слабый уровень активности. При отвальной вспашке процесс окисления фенолов был достоверно интенсивнее в слое 0–10 см, а при безотвальных рыхлениях в слое 10–20 см.

2. Пероксидазная активность в большей степени откликнулась на механическое воздействие относительно полифенолоксидазы. Активность пероксидазы отличалась в статистически значимом превышении слоя 0–10 см относительно 10–20 см при отвальной обработке. Использование поверхностного рыхления дисковыми орудиями достоверно повышало активность в слое 10–20 см в сравнении с 0–10 см. Данные активности анализируемых ферментов свидетельствуют о благоприятных условиях для гумификации растительного материала и накопления гумусоподобных веществ.

### Список источников

1. Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии – основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 5–8.
2. Зинченко М.К., Зинченко С.И. Ферментативный потенциал агроландшафтов серой лесной почвы Владимирского ополья // Успехи современного естествознания. 2015. № 1. С. 1319–1323.
3. Зинченко М.К., Зинченко С.И. Ферментативная активность серой лесной почвы при

4. Кудеяров В.Н. Влияние удобрений и системы земледелия на секвестрацию углерода в почвах // Агрохимия. 2022. № 12. С. 79–96.
5. Коржов С.И. Влияние обработки почвы на биологические процессы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2010. № 3 (26). С. 14–17.
6. Керженцев А.С. Функциональная экология. М.: Наука, 2006. 259 с.
7. Технология прямого посева и микробиологическая активность чернозема выщелоченного / С.Д. Гилев [и др.] // Земледелие. 2015. № 3. С. 28–30.
8. Влияние сельскохозяйственных культур на ферментативную активность черноземов Ростовской области при использовании различных агротехнологий / Т.В. Минникова [и др.] // Агрохимия. 2020. № 10. С. 20–27.
9. Биологическая активность чернозема обыкновенного через 5 лет после прекращения агрогенной обработки / А.С. Собина [и др.] // Агрохимия. 2022. № 1. С. 22–26.
10. Белоусов А.А., Белоусова Е.Н. Динамика содержания органического вещества черноземов в условиях минимизации обработки в Красноярской лесостепи // Агрохимия. 2020. № 3. С. 24–30.
11. Белоусова Е.Н., Белоусов А.А. Влияние технологий обработки на разнокачественность почвенных слоев по содержанию подвижного органического вещества // Проблемы агрохимии и экологии. 2022. № 1. С. 10–15.
12. Белоусова Е.Н., Белоусов А.А. Влияние почвозащитных технологий на содержание подвижного органического вещества и ферментативную активность почвы // Агрохимия. 2022. № 5. С. 30–37.
13. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
14. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.
15. Михновская А.Д., Кириченко Т.П., Панченко В.Ф. Микробиологические процессы трансформации органического вещества при разных системах обработки чернозема типичного // Почвоведение. 1992. № 8. С. 58–65.

References

1. *Bajbekov R.F.* Prirodopodobnye tehnologii – osnova stabil'nogo razvitiya zemledeliya // *Zemledelie*. 2018. № 2. S. 5–8.
2. *Zinchenko M.K., Zinchenko S.I.* Fermentativnyj potencial agrolandshaftov seroj lesnoj pochvy Vladimirskogo opol'ya // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2015. № 1. S. 1319–1323.
3. *Zinchenko M.K., Zinchenko S.I.* Fermentativnaya aktivnost' seroj lesnoj pochvy pri razlichnyh priemah osnovnoj obrabotki // *Dostizhenie nauki i tehniki APK*. 2021. T. 35, № 4. S. 17.
4. *Kudeyarov V.N.* Vliyanie udobrenij i sistemy zemledeliya na sekvestraciyu ugleroda v pochvah // *Agrohimiya*. 2022. № 12. S. 79–96.
5. *Korzhev S.I.* Vliyanie obrabotki pochvy na biologicheskie processy // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2010. № 3 (26). S. 14–17.
6. *Kerzhencev A.S.* Funkcional'naya `ekologiya. M.: Nauka, 2006. 259 s.
7. Tehnologiya pryamogo poseva i mikrobiologicheskaya aktivnost' chernozema vyschelochnennogo / *S.D. Gilev* [i dr.] // *Zemledelie*. 2015. № 3. S. 28–30.
8. Vliyanie sel'skohozyajstvennyh kul'tur na fermentativnuyu aktivnost' chernozemov Rostovskoj oblasti pri ispol'zovanii razlichnyh agrotehnologij / *T.V. Minnikova* [i dr.] // *Agrohimiya*. 2020. № 10. S. 20–27.
9. Biologicheskaya aktivnost' chernozema obyknovennogo cherez 5 let posle prekrascheniya agrogennoj obrabotki / *A.S. Sobina* [i dr.] // *Agrohimiya*. 2022. № 1. S. 22–26.
10. *Belousov A.A., Belousova E.N.* Dinamika sodержaniya organicheskogo veschestva chernozemov v usloviyah minimizacii obrabotki v Krasnojarskoj lesostepi // *Agrohimiya*. 2020. № 3. S. 24–30.
11. *Belousova E.N., Belousov A.A.* Vliyanie tehnologij obrabotki na raznokachestvennost' pochvennyh sloev po sodержaniyu podvizhnogo organicheskogo veschestva // *Problemy agrohimii i `ekologii*. 2022. № 1. S. 10–15.
12. *Belousova E.N., Belousov A.A.* Vliyanie pochvozaschitnyh tehnologij na sodержanie podvizhnogo organicheskogo veschestva i fermentativnuyu aktivnost' pochvy // *Agrohimiya*. 2022. № 5. S. 30–37.
13. *Vorob'eva L.A.* Teoriya i praktika himicheskogo analiza pochv. M.: GEOS, 2006. 400 s.
14. *Haziev F.H.* Metody pochvennoj `enzimologii. M.: Nauka, 2005. 252 s.
15. *Mihnovskaya A.D., Kirichenko T.P., Panchenko V.F.* Mikrobiologicheskie processy transformacii organicheskogo veschestva pri raznyh sistemah obrabotki chernozema tipichnogo // *Pochvovedenie*. 1992. № 8. S. 58–65.

Статья принята к публикации 26.04.2023 / The article accepted for publication 26.04.2023.

Информация об авторах:

**Елена Николаевна Белоусова**<sup>1</sup>, доцент кафедры почвоведения и агрохимии, кандидат биологических наук, доцент

**Александр Анатольевич Белоусов**<sup>2</sup>, доцент кафедры почвоведения и агрохимии, кандидат биологических наук, доцент

Information about the authors:

**Elena Nikolaevna Belousova**<sup>1</sup>, Associate Professor of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Candidate of Biological Sciences, Docent

**Alexander Anatolyevich Belousov**<sup>2</sup>, Associate Professor of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Candidate of Biological Sciences, Docent

