

Александр Анатольевич Белоусов¹

¹Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹svoboda57130@mail.ru

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В СТРУКТУРНЫХ АГРЕГАТАХ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ МИНИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ

Цель работы – оценить биологическое качество структурных агрегатов чернозема выщелоченного в условиях минимизации обработки. Исследования проведены в Красноярском природном округе на земельных площадях СПК «Шилинское» Сухобузимского района (56°57' с.ш., 93°76' в.д.). Влияние способов обработки почвы на биологическое качество структурных агрегатов изучали в 2014 г. В пределах производственных посевов были выделены реперные участки площадью 500 м². С каждого из них отбирали почвенные образцы из слоев 0–5 и 5–20 см методом змейки. Объем выборки (n=15) рассчитывали исходя из определенной до проведения опыта величины варьирования почвенного плодородия. Объект исследований – чернозем выщелоченный многогумусный мощный легкоглинистый на коричневой глине. Размеры структурных агрегатов, отобранных для исследования: >10, 10–7, 7–5, 5–3, 3–2, 2–1 и <1 мм. Биологическое качество органического вещества характеризовалось максимальными значениями при использовании технологии поверхностного дискования, особенно в слое 0–5 см. Минимальная скорость минерализации в поверхностном слое выявлена в агрегатах размером 3–2 мм, а наибольшая – в агрегатах >10 мм. В 5–20 см слое максимальной скоростью минерализации отмечались агрегаты размером 10–7 и 3–2 мм, наименьшей – агрегаты <1 мм. Максимальный вклад в параметры биологического качества органического вещества чернозема выщелоченного вносит способ обработки. В слоях 0–5 см его влияние составляет более 80 %, в слое 5–20 см его доля снижается до 60 %. Размеры агрегатов с глубиной повышают степень своего участия в биохимических процессах.

Ключевые слова: биологическое качество органического вещества, структурные агрегаты почвы, минимизация обработки, органическое вещество, почвы

Для цитирования: Белоусов А.А. Оценка биологического качества органического вещества в структурных агрегатах чернозема выщелоченного в условиях минимизации обработки // Вестник КрасГАУ. 2022. № 4. С. 37–43. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-4-37-43.

Alexander Anatolievich Belousov¹

¹Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹svoboda57130@mail.ru

ORGANIC MATTER BIOLOGICAL QUALITY EVALUATION IN STRUCTURAL AGGREGATES OF LEACHED CHERNOZEM UNDER PROCESSING MINIMIZATION CONDITIONS

The purpose of the paper is to evaluate the biological quality of the structural aggregates of leached chernozem under conditions of minimizing processing. The studies were carried out in the Krasnoyarsk natural district on the land areas of the SEC Shilinskoye, Sukhobuzimsky District (56°57' N, 93°76' E). The influence of soil tillage methods on the biological quality of structural aggregates was studied in 2014. Reference plots with an area of 500 m² were identified within the production crops. Soil samples were taken from each of them from layers 0–5 and 5–20 cm using the snake method. The sample size (n=15) was calculated based on the soil fertility variation determined before the experiment. The object of research is a leached

multi-humus powerful light clayey chernozem on brown clay. The sizes of structural aggregates selected for the study: >10, 10-7, 7-5, 5-3, 3-2, 2-1 and <1 mm. The biological quality of organic matter was characterized by maximum values when using the surface disking technology, especially in the 0–5 cm layer. In the 5–20 cm layer, aggregates 10–7 and 3–2 mm in size were noted with the maximum rate of mineralization, while aggregates <1 mm were the lowest. The processing method makes the maximum contribution to the parameters of the biological quality of the organic matter of the leached chernozem. In layers of 0–5 cm, its influence is more than 80 %; in the layer of 5–20 cm, its share decreases to 60 %. The sizes of aggregates with depth increase the degree of their participation in biochemical processes.

Keywords: biological quality of organic matter, soil structural aggregates, minimization of tillage, organic matter, soils

For citation: Belousov A.A. Organic matter biological quality evaluation in structural aggregates of leaked chernozem under processing minimization conditions // Bulliten KrasSAU. 2022;(4): 37–43. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-4-37-43.

Введение. Особая роль в повышении эффективного плодородия пахотных почв отводится лабильной и трансформируемой части органического вещества почвы, так как она непосредственно участвует в обеспечении растений элементами питания и в процессах образования агрономически ценной структуры почвы, определяющей физические условия почвенного плодородия [1–4]. В настоящее время исследователи проявляют большой интерес к проблеме физической стабилизации органического углерода ($C_{орг}$) в почве, выявлению взаимосвязей между органическими компонентами почвы и агрегацией ее твердой фазы. Органическое вещество служит связующим материалом и ядром формирующихся агрегатов, а сами агрегаты считаются основным местом аккумуляции $C_{орг}$ в почве [4, 5]. Чрезвычайно важны также биологические функции органического вещества почвы. Поэтому наряду с физическими и химическими свойствами органического вещества следует рассматривать и его биологическое качество [6–10]. Основным критерием биологического качества органических веществ является эффективность их минерализации, которая оценивается по интенсивности образования $C-CO_2$.

Цель исследования – оценить биологическое качество почвенных агрегатов разного размера в слоях 0–5 и 5–20 см чернозема выщелоченного в условиях минимизации обработки.

Объекты и методы. Экспериментальные исследования проведены в Красноярском природном округе на земельных площадях СПК «Шилинское» Сухобузимского района. Влияние способов обработки почвы на биологическое качество структурных агрегатов изучали в 2014 г. В пределах производственных посевов были выделены реперные участки площадью 500 м². С

каждого из них отбирали почвенные образцы из слоев 0–5 и 5–20 см методом змейки. Объем выборки ($n = 15$) рассчитывали исходя из определенной до проведения опыта величины варьирования почвенного плодородия. Объект исследований – чернозем выщелоченный многогумусный мощный легкоголистый на коричневой глине. Рельеф участка выровнен, с микрозападинами. Почвенный покров опытного стационара характеризовался высоким содержанием гумуса (8,9 %), близкой к нейтральной величиной pH водной вытяжки (6,8), высокими значениями суммы обменных оснований (60 ммоль/100 г почвы) и степени насыщенности основаниями (99 %).

Схема полевого опыта представлена следующими вариантами: 1) отвальная вспашка; 2) минимальная обработка; 3) нулевая обработка (прямой посев). Отвальную основную обработку осуществляли на глубину 20–22 см, посев яровой пшеницы проводили комбинированным агрегатом – стерневой сеялкой СС-6 с одновременным припосевным внесением нитроаммофоски. Минимальную обработку почвы проводили дисковыми горизонтальными сошниками на глубину 4–5 см и посев яровой пшеницы с помощью посевного комплекса СК-3,2 с одновременным внесением нитроаммофоски. Нулевая технология заключалась в трехкратной обработке баковой смесью из гербицидов «Топик» и «Ковбой», фунгицида «Альто Супер» и инсектицида «Карате». Посев проводился комбинированным агрегатом СС-6 без предварительной подготовки почвы с механическим высевом семян. Оценка биологического качества органического вещества почвы осуществляли по В.М. Семенову [6]. Навески почв (50 г) каждой структурно-агрегатной фракции воздушно-сухой массы помещали в

специальные емкости, конструкция которых позволяет улавливать CO_2 щелочью при постоянном и естественном газообмене между почвой и атмосферой в течение инкубации. Добавляли по 20 мл дистиллированной воды и устанавливали приемники, содержащие 0,1 н. раствор NaOH . В начале опыта выделяющийся из почвы C-CO_2 учитывали с экспозицией 1 сутки, а впоследствии через каждые 1, 3 или 5 сут. Количество поглощаемого щелочью C-CO_2 определяли титрованием 0,2 н. HCl . Продолжительность инкубации – 10 сут (оперативная диагностика). Химические и физико-химические показатели определены по Л.А. Воробьевой [11]. Почвенные образцы, отобранные из слоев 0–5 и 5–20 см, просеивали при естественной влажности по методу Н.И. Саввинова. Размеры структурных агрегатов, отобранных для исследования: > 10, 10–7, 7–5, 5–3, 3–2, 2–1 и < 1 мм.

Повторность – трехкратная. Температура воздуха в течение всего периода наблюдений составляла 22 ± 1 °С. Устанавливали скорость продуцирования и кумулятивное количество (нарастающим итогом) выделившегося C-CO_2 в разные промежутки с начала инкубации. Статисти-

ческий анализ данных проводился с использованием пакета программ MS Excel.

Результаты и их обсуждение. Свое внимание сосредоточили на одном из основных критериев биологического качества органического вещества почвы – интенсивности образования C-CO_2 . В предложенном В.М. Семеновым и др. [6] методе оценки первые 1–2 недели измерений являются оперативной диагностикой качества органического вещества. Авторы утверждают, что скорость продуцирования углекислого газа разными структурными отдельностями почвы на протяжении их инкубации дает представление о доступности почвенным микроорганизмам физически защищенного органического вещества. Причем кумулятивное его количество свидетельствует о запасах в почве потенциально минерализуемого органического вещества. Информация, представленная на рисунке 1, демонстрирует наиболее высокую обогащенность легкоминерализуемым органическим веществом верхнего 0–5 см слоя почвы в условиях минимальной обработки. Здесь же наблюдались более достоверные различия между фракциями агрегатов по уровню продукции C-CO_2 .

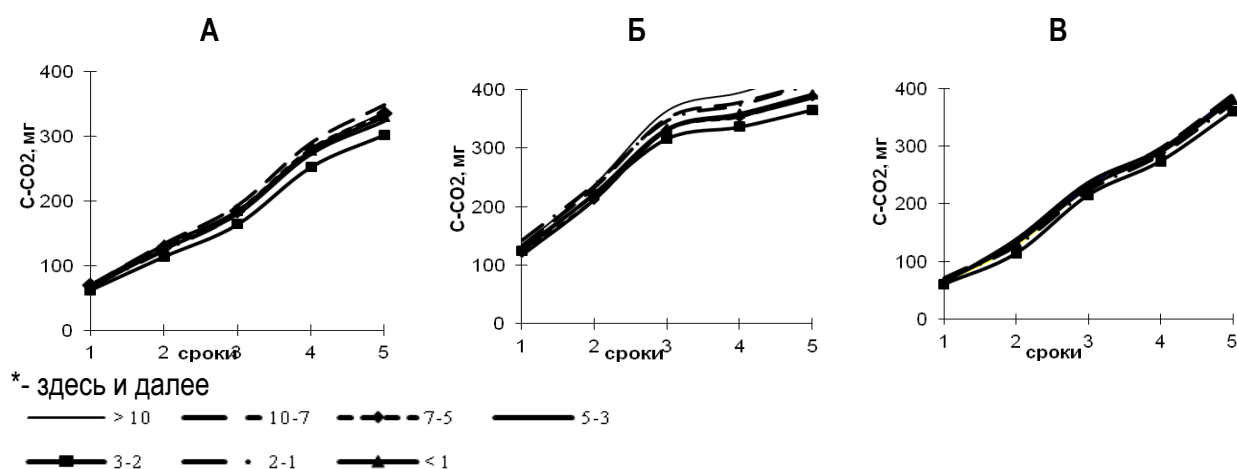


Рис. 1. Динамика кумулятивного продуцирования C-CO_2 структурными агрегатами в слое 0–5 см при отвальной (А), минимальной (Б) и нулевой (В) обработках (сроки – дни экспериментов)

При прямом посеве в верхнем слое сосредоточивались растительные остатки с широким отношением C:N , содержащие в том числе и растворимые фракции лигнина, целлюлозы и полифенолов [3]. Как следствие, скорость продуцирования в почве данного варианта проходила медленней. Весьма вероятно, что физическое предохранение органического вещества в

макроагрегатах обеспечивалось уменьшением диффузии кислорода внутрь педа, пространственным разделением мест обитания микроорганизмов и микрофауны [4]. Оценивая минерализационную способность структурных фракций на разных фонах обработки, выделим основные закономерности (табл. 1).

Таблица 1

Интенсивность продуцирования CO₂ структурными агрегатами в слое 0–5 см, мг/100 г

Размер агрегатов, мм	Отвальная					Минимальная					Нулевая				
	Срок инкубации, сут														
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
>10	63	61	55	99	59	–	105	127	31	36	61	72	100	63	92
10-7	70	63	59	97	59	133	99	119	22	33	70	62	99	65	94
7-5	70	58	57	96	55	121	91	118	23	35	63	64	101	60	93
5-3	67	58	55	93	50	117	95	119	24	31	62	75	99	57	89
3-2	61	51	51	89	50	125	95	109	21	29	60	54	101	59	87
2-1	67	56	57	97	55	142	96	109	26	36	68	59	97	62	90
<1	70	61	53	93	53	126	95	111	26	32	65	67	97	61	91
НСР ₀₅	*	7	*	*	*	8	5	*	*	*	*	*	*	*	*

* p > 0,05.

Использование поверхностного дискования обусловило существенные отличия между агрегатами по интенсивности продуцирования углекислоты в начальные периоды инкубации. На наш взгляд, это связано с размерами агрегатов и, соответственно, с уровнем пространственной недостижимости разлагаемого субстрата микроорганизмами. Например, минимальное кумулятивное количество выделяющегося C-CO₂ выявлено в агрегатах размером 3-2 мм, а наибольшее в агрегатах >10 мм. Вероятно, между крупными отдельностями локализовывались более крупные поры и органическое вещество, находящееся на периферии таких агрегатов, становилось легкодоступным для диффузии

кислорода, что приводило к усилению процессов окисления. В агрегатах 2-1 и <1 мм скорость минерализации была выше, чем 3-2 мм, что обусловлено большей удельной поверхностью первых, а следовательно, повышенной адсорбцией микроорганизмов. На фоне применения отвальной и нулевой обработок структурные агрегаты почвы существенно не отличались по скорости продуцирования углекислого газа.

Анализ степени влияния исследуемых факторов (ПСВ – показатель силы влияния) на минерализационную активность почвы показал, что статистически значимый вклад вносил способ обработки почвы (табл. 2).

Таблица 2

Оценка вклада факторов в изменение биологического качества органического вещества чернозема выщелоченного, 0–5 см

Факторы	ПСВ, %
1. Варианты (размер агрегатов)	2
2. Способ обработки	92
3. Взаимодействие	1
4. Ошибка	5

По нашему мнению, обработка существенно преобразовывала качественный состав органического вещества структурных педов вне зависимости от их размера. Вероятно, технология неглубокого дискования с оставлением стерни на поверхности способствовала, с одной стороны, обогащению почвы кислородом, с другой –

концентрированию лабильного органического вещества в периферийной части агрегатов. В слое 5–20 мы наблюдали существенные различия в интенсивности продуцирования углекислого газа в сравниваемых технологиях обработки (рис. 2).

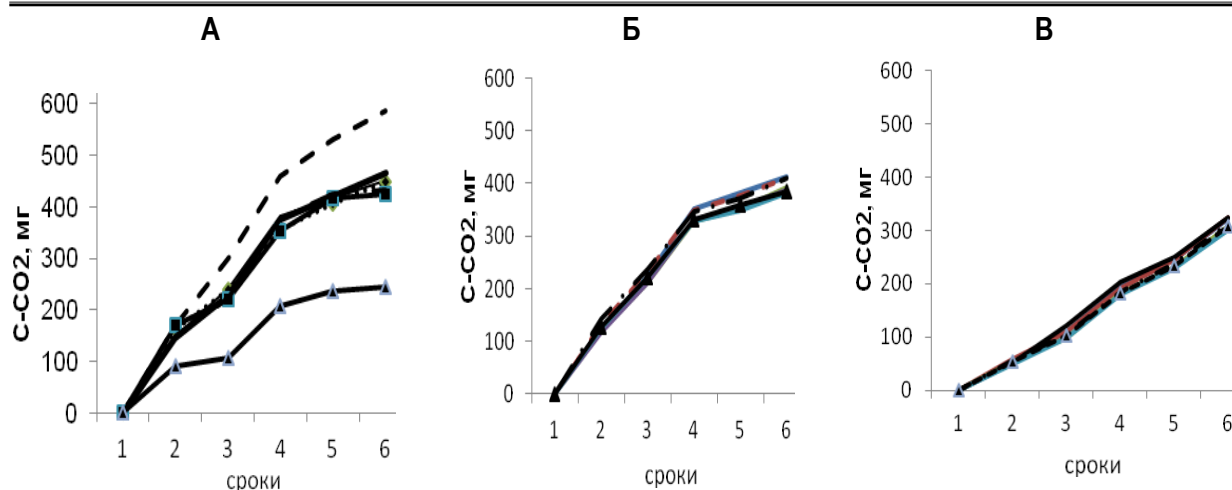


Рис. 2. Динамика кумулятивного продуцирования $C-CO_2$ структурными агрегатами в слое 5–20 см при отвальной (А), минимальной (Б) и нулевой (В) обработках (сроки – дни экспериментов)

Интенсивность образования углекислого газа была максимальна в структурных агрегатах при использовании отвальной обработки. При использовании минимальных обработок параметры биологического качества органического ве-

щества между структурными агрегатами не имели существенных различий, тогда как применение отвального плуга существенно влияло на их минерализационную активность (табл. 3).

Таблица 3

Интенсивность продуцирования CO_2 структурными агрегатами в слое 5–20 см, мг/100 г

Размер агрегатов, мм	Отвальная					Минимальная					Нулевая				
	Срок, сут														
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
>10	150	91	141	35	35	–	105	127	30	30	51	59	83	53	77
10-7	169	131	160	73	56	133	99	118	27	33	58	51	83	54	78
7-5	162	77	115	52	42	121	91	118	22	41	53	46	84	50	77
5-3	145	83	148	45	45	117	95	119	24	34	52	68	83	48	74
3-2	170	51	131	63	8	125	95	108	20	33	50	47	84	49	72
2-1	150	73	155	47	9	142	96	109	26	37	56	49	80	52	75
<1	91	16	101	28	7	126	95	111	26	26	54	49	80	51	75
НСП ₀₅	18	23	34	27	15	10	6	*	*	5	*	6	*	*	*

* $p > 0,05$.

Выявлено, что наибольшей скоростью минерализации отмечались агрегаты размером 10-7 и 3-2 мм, наименьшей – агрегаты <1 мм. По аналогии с почвенным слоем 0–5 см анализ степени влияния исследуемых факторов на ми-

нерализационную активность почвы слоя 5–20 см показал значимый вклад «способа обработки почвы» в параметры биологического качества органического качества (табл. 4).

**Оценка вклада факторов в изменение биологического качества органического вещества
чернозема выщелоченного, 5–20 см (июль 2014 г.)**

Факторы	ПСВ, %
1. Варианты (размер агрегатов)	10
2. Способ обработки	64
3. Взаимодействие	16
4. Ошибка	10

Таким образом, в слоях 0–5 см влияние «способа обработки почвы» составляло более 80 %, а на глубине 5–20 доля воздействия фактора снижалась до 60 %. Размеры агрегатов, напротив, с глубиной повышали степень своего участия в биохимических процессах.

Заключение

1. В условиях минимальной обработки структурные агрегаты чернозема выщелоченного в целом демонстрируют высокое биологическое качество органического вещества изученных слоев почвы по данным оперативной диагностики.

2. Наибольшей скоростью минерализации органического вещества в условиях минимальной обработки характеризовался поверхностный слой почвы.

3. Максимальная интенсивность образования углекислоты выявлена в структурных фракциях почвы на разных фонах обработках в агрегатах размером 10-7 и 7-5 мм.

Список источников

1. Белоусов А.А., Белоусова Е.Н. Влияние структурного состава почвы и агрохимикатов на содержание С микробной биомассы // Вестник Бурятской сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2013. № 2(31). С. 25–31.
2. Белоусов А.А., Белоусова Е.Н. Сезонная динамика водорастворимого органического вещества чернозема выщелоченного в условиях почвозащитных технологий // Вестник КрасГАСУ. 2017. № 9(132). С. 134–139.
3. Чупрова В.В., Белоусов А.А., Едимечев Ю.Ф. Влияние агрогенных воздействий на трансформацию легкоминерализуемого органического вещества в черноземах Крас-

ноярской лесостепи // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2005. № 1(155). С. 3–8.

4. Семенов В.М., Иванникова Л.А., Семенова Н.А. и др. Минерализация органического вещества в разных по размеру агрегатных фракциях почвы // Почвоведение. 2010. № 2. С. 157–165.
5. Семенова В.М., Лебедева Т.Н., Паутова Н.Б. и др. Взаимосвязь размера агрегатов, содержания дисперсного органического вещества и разложения растительных остатков в почве // Почвоведение. 2020. № 4. С. 430–443.
6. Семенов В.М., Иванникова Л.А., Кузнецова Т.В. Лабораторная диагностика биологического качества органического вещества почвы // Методы исследований органического вещества почв. Владимир: ВНИПТИОУ, 2005. С. 214–230.
7. Semenov V.M., Zhuravlev N.S., Tulina A.S. Mineralization of organic matter in gray forest soil and typical chernozem with degraded structure due to physical impacts // Eurasian Soil Science. 2015. Т. 48. № 10. Р. 1136–1148.
8. Семенов В.М., Козут Б.М., Зинякова Н.Б. и др. Биологически активное органическое вещество в почвах европейской части России // Почвоведение. 2018. № 4. С. 457–472.
9. Семенов В.М., Лебедева Т.Н., Паутова Н.Б. Дисперсное органическое вещество в необрабатываемых и пахотных почвах // Почвоведение. 2019. № 4. С. 440–450.
10. Семенов В.М., Паутова Н.Б., Лебедева Т.Н. и др. Разложение растительных остатков и формирование активного органического вещества в почве инкубационных экспериментов // Почвоведение. 2019. № 10. С. 1172–1184.
11. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.

References

1. Belousov A.A., Belousova E.N. Vliyaniye struktural'nogo sostava pochvy i agrokhimikatov na soderzhanie S mikrobnoy biomassy // Vestnik Buryatskoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. 2013. № 2(31). S. 25–31.
2. Belousov A.A., Belousova E.N. Sezonnaya dinamika vodorastvorimogo organicheskogo veschestva chernozema vyschelochennogo v usloviyah pochvozaschitnyh tehnologij // Vestnik KrasGAU. 2017. № 9(132). S. 134–139.
3. Chuprova V.V., Belousov A.A., Edimeichev Yu.F. Vliyaniye agrogennyh vozdeystvij na transformaciju legkomineralizuemogo organicheskogo veschestva v chernozemah Krasnojarskoj lesostepi // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2005. № 1(155). S. 3–8.
4. Semenov V.M., Ivannikova L.A., Semenova N.A. i dr. Mineralizaciya organicheskogo veschestva v raznyh po razmeru agregatnyh frakcijah pochvy // Pochvovedenie. 2010. № 2. S. 157–165.
5. Semenova V.M., Lebedeva T.N., Pautova N.B. i dr. Vzaimosvyaz' razmera agregatov, soderzhaniya dispersnogo organicheskogo veschestva i razlozheniya rastitel'nyh ostatkov v pochve // Pochvovedenie. 2020. № 4. S. 430–443.
6. Semenov V.M., Ivannikova L.A., Kuzneceva T.V. Laboratornaya diagnostika biologicheskogo kachestva organicheskogo veschestva pochvy // Metody issledovanij organicheskogo veschestva pochv. Vladimir: VNIPTIOU, 2005. S. 214–230.
7. Semenov V.M., Zhuravlev N.S., Tulina A.S. Mineralization of organic matter in gray forest soil and typical chernozem with degraded structure due to physical impacts // Eurasian Soil Science. 2015. T. 48. № 10. P. 1136–1148.
8. Semenov V.M., Kogut B.M., Zinyakova N.B. i dr. Biologicheski aktivnoe organicheskoe veschestvo v pochvah evropejskoj chasti Rossii // Pochvovedenie. 2018. № 4. S. 457–472.
9. Semenov V.M., Lebedeva T.N., Pautova N.B. Dispersnoe organicheskoe veschestvo v neobrabatyvaemyh i pahotnyh pochvah // Pochvovedenie. 2019. № 4. S. 440–450.
10. Semenov V.M., Pautova N.B., Lebedeva T.N. i dr. Razlozhenie rastitel'nyh ostatkov i formirovanie aktivnogo organicheskogo veschestva v pochve inkubacionnyh `eksperimentov // Pochvovedenie. 2019. № 10. S. 1172–1184.
11. Vorob'eva L.A. Teoriya i praktika himicheskogo analiza pochv. M.: GEOS, 2006. 400 s.

Статья принята к публикации 03.02.2022 / The article accepted for publication 03.02.2022.

Информация об авторах:

Александр Анатольевич Белоусов, доцент кафедры почвоведения и агрохимии, кандидат биологических наук, доцент

Information about the authors:

Alexander Anatolievich Belousov¹, Associate Professor at the Department of Soil Science and Agrochemistry, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

