

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ВОДОРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА  
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

A.A. Belousov, E.N. Belousova

SEASONAL DYNAMICS OF WATER-SOLUBLE ORGANIC SUBSTANCE OF THE  
CHERNOZYOM LEACHED IN THE CONDITIONS OF SOIL-PROTECTIVE TECHNOLOGIES

**Белоусов А.А.** – канд. биол. наук, доц. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: svoboda57130@mail.ru

**Белоусова Е.Н.** – канд. биол. наук, доц. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: svobodalist571301858@mail.ru

**Belousov A.A.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: svoboda57130@mail.ru

**Belousova E.N.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: svobodalist571301858@mail.ru

Водорастворимые органические вещества (ВОВ) являются одним из самых активных компонентов органического вещества почвы. Слабая обеспеченность почв агроценозов подвижными формами органического вещества сельскохозяйственных предприятий Сибири обуславливает неблагоприятный водно-воздушный режим, пониженную биологическую активность и недостаток минеральных соединений. Дефицит имеющейся научной информации о влиянии безотвальных обработок на уровень и динамику ВОВ определяет актуальность данного исследования. Цель исследований – оценить параметры содержания водорастворимого органического вещества в черноземе выщелоченном при использовании различных технологий основной обработки. В задачи исследований входило: оценка динамики содержания водорастворимого органического вещества в условиях различных способов обработки почвы и сравнение исследуемых слоев 0–5 и 5–20 см по концентрации водорастворимого органического вещества. Исследование осуществлялось в условиях производственного опыта, заложенного в СПК «Шилинское» в Красноярской лесостепи, расположенной в пределах Чулымско-Енисейского денудационного плато юго-западной окраины Средней Сибири (56°37'с.ш. и 93°12'в.д) в 2013–2014 гг. на базе длительного опыта, заложенного в 2005 г. под руководством И.А. Куприна и д. с.-х. н.

Л.Р. Мукиной. Наблюдения проводились в зернопаровом звене севооборота со следующим чередованием: химический пар, яровая пшеница, озимая тритикале. Схема опыта состояла из следующих вариантов опыта (способов обработки): 1 – отвальной (st); 2 – минимальной (поверхностное рыхление); 3 – нулевой. Рассмотрены результаты наблюдений влияния способов основной обработки на содержание водорастворимых органических веществ чернозема выщелоченного. Использование поверхностного дискования определило наиболее стабильный ритм превращений органического вещества почвы. Наибольшей аккумуляцией водорастворимого органического вещества характеризовалась почва варианта с нулевой обработкой. Применяемые технологии обработки обусловили дифференциацию корнеобитаемой толщи по содержанию водорастворимого органического вещества. Однако эти различия не всегда были достоверными.

**Ключевые слова:** водорастворимое органическое вещество, почвозащитная технология.

Water-soluble Organic Substances (WSOS) are one of the most active components of organic substance of the soil. Weak supply of soils agrocenosis with mobile forms of organic substance of agricultural enterprises of Siberia causes adverse water-air mode, the lowered biological activity and the lack of mineral connections. The deficiency of

available scientific information on the influence of bailing on the level and WSOS dynamics defines the relevance of the study. The research objective was to estimate the parameters of the content of water-soluble organic substance in leached chernozom when using various technologies of the main processing. The research problems were the assessment of dynamics of the content of water-soluble organic substance in the conditions of various ways of processing of the soil and the comparison of the studied layers of 0–5 and 5–20 cm according to the concentration of water-soluble organic substance. The study was carried out in the conditions of production experience of trial establishment in APC "Shilinskoye" in Krasnoyarsk forest-steppe located within Chulymo-Yenisei denudation plateau in South-Western outskirts of Central Siberia (56°37' northern and 93°12' eastern longitude) on the basis of long experiment started in 2005 under the leadership of I.A. Kuprin and Dr. Agr. Sci. L.R. Mukina. The observations were made in corn bare fallow link of crop rotation with the following alternation: chemical fallow, spring-sown wheat, winter triticale. The scheme of the experiment consisted of the following options of the experiment (ways of processing): 1 – dump (st); 2 – minimum (superficial loosening); 3 – zero. The results of the supervision of the influence of the ways of the main processing on the content of water-soluble organic substances of lixivious chernozom were considered. The use of superficial disking defined the stablest rhythm of organic substance of the soil transformation. The greatest accumulation of water-soluble organic substance characterized the soil of option with zero processing. The applied technologies of processing caused differentiation of root thickness according to the content of water-soluble organic substance. However, these distinctions were not always reliable.

**Keywords:** water-soluble organic substance, soil-protective technology.

**Введение.** Один из основоположников учения об органическом веществе почвы И.В. Тюрин [1], анализируя результаты исследований предложенной Т.С. Мальцевым минимальной системы обработки почвы, не нашел преимуществ в накоплении гумуса в сравнении с традиционной вспашкой. Водорастворимые органические вещества (ВОВ) являются одним из

самых активных компонентов органического вещества почвы. Слабая обеспеченность почв агроценозов подвижными формами органического вещества сельскохозяйственных предприятий Сибири обуславливает неблагоприятный водно-воздушный режим, пониженную биологическую активность и недостаток минеральных соединений. Дефицит имеющейся научной информации о влиянии безотвальной обработки на уровень и динамику ВОВ определяет актуальность данных исследований.

**Цель исследований:** оценить параметры содержания водорастворимого органического вещества в черноземе выщелоченном при использовании различных технологий основной обработки.

**Задачи исследований:**

1. Оценить динамику содержания водорастворимого органического вещества в условиях различных способов обработки почвы;
2. Сравнить исследуемые слои 0–5 и 5–20 см по концентрации водорастворимого органического вещества.

**Объекты и методы исследований.** Экспериментальные исследования проведены в Красноярском природном округе на земельных площадях СПК «Шилинское» Сухобузимского района (56° с.ш., 93° в.д.). Влияние технологий обработки почвы на содержание ВОВ осуществляли в 2013–2014 гг. на базе длительного опыта, заложенного в 2005 г. под руководством И.А. Куприна и д. с.-х. н. Л.Р. Мукиной. Наблюдения осуществлялись в зернопаровом звене севооборота со следующим чередованием: химический пар, яровая пшеница, озимая тритикале. Схема опыта состояла из следующих вариантов опыта (способов обработки): 1 – отвальной (st), 2 – минимальной (поверхностное рыхление), 3 – нулевой.

Отвальная обработка состояла из зяблевой вспашки на глубину 20–22 см и весенней культивации. Посев зерновых культур проводили комбинированным агрегатом – стерневой сеялкой СС-6 с одновременным припосевным внесением нитроаммофоски. Минимальную обработку почвы осуществляли с помощью посевного комплекса СКС-3,2 с дисковыми горизонтальными сошниками на глубину 4–5 см с одновременным внесением нитроаммофоски. Земельный массив, где применялась технология нуле-

вой обработки, находился в условиях химического пара. Здесь проводили трехкратную обработку баковой смесью из гербицидов «Топик» и «Ковбой», фунгицида «Альто Супер» и инсектицида «Карате». В третьей декаде августа была посеяна озимая тритикале комбинированным агрегатом СС-6 без предварительной подготовки почвы с механическим высевом семян.

В производственных посевах выделялись реперные участки площадью 500 м<sup>2</sup>. С каждого из них отбирали почвенные образцы из слоев 0–5 и 5–20 см. 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, характеризующийся высоким содержанием гумуса 8,9 %, близкой к нейтральной реакцией среды – 6,8, высокими значениями суммы обменных оснований и степенью насыщенности основаниями. Химические и физико-химические показатели получены по общепринятым прописям современных методов [2]. Подвижные гумусовые вещества экстрагировали обработкой навески почвы (5 г) дистиллированной водой в соотношении 1 : 5. Содержание углерода водорастворимого органического вещества ( $C_{H_2O}$ ) и содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ) определяли по И.В. Тюрину [3].

Статистический анализ данных проводили с использованием пакета программ MS Excel.

Агроклиматические условия в период активной вегетации сельскохозяйственных культур в 2013 г. отличались температурой воздуха ниже нормы в начале и конце вегетационного сезона. Осадков выпало 367 мм, что превысило средние многолетние значения. Избыточно влажными оказались май, июнь и сентябрь. Следующий сезон (2014 г.) характеризовался большим накоплением тепла и приближался к норме. Исключение составили майский и сентябрьский периоды наблюдений. Количество осадков колебалось в широком диапазоне с тенденцией к превышению средней многолетней нормы. На протяжении большинства месяцев теплого периода увлажнение было несколько повышенное относительно средней многолетней нормы, но ниже, чем в предыдущий сезон. Максимальное количество осадков выпало лишь в июле – 89 мм. Такое сочетание тепла и влаги обуславливало достаточное увлажнение в течение периода вегетации полевых культур. Согласно Г.Т. Селянинову, величина гидротермического коэффициента за июль – август составила 1,3.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Нашими исследованиями установлены следующие особенности сезонной динамики ВОВ (табл. 1).

Таблица 1

**Динамика содержания водорастворимого органического вещества в вариантах опыта, мг С/100 г (2013 г.)**

Вариант	Май		Июнь		Октябрь	
	0–5 см	5–20 см	0–5 см	5–20 см	0–5 см	5–20 см
1. Отвальная (st)	$\frac{36,7}{0,8}$	$\frac{40,0}{0,8}$	$\frac{18,2}{0,4}$	$\frac{22,5}{0,5}$	$\frac{13,9}{0,3}$	$\frac{16,1}{0,3}$
2. Минимальная	$\frac{25,1}{0,5}$	$\frac{23,1}{0,5}$	$\frac{35,7}{0,7}$	$\frac{33,3}{0,7}$	$\frac{22,2}{0,5}$	$\frac{22,2}{0,5}$
3. Нулевая	$\frac{55,9^*}{1,6}$	$\frac{46,2}{1,2}$	$\frac{69,3}{2,0}$	$\frac{45,0}{1,2}$	$\frac{55,1}{1,6}$	$\frac{52,0}{1,4}$
НСР <sub>05</sub>	7,8	5,6	7,6	4,7	6,1	5,4

Здесь и далее – числитель: в мг С /100 г почвы; знаменатель:  $C_{H_2O} / C_{орг}$ , %; НСР – для числителя.

В весенний период 2013 г., оцениваемый неблагоприятными гидротермическими условия-

ми, обнаружено неравноценное распределение  $C_{H_2O}$  в корнеобитаемом слое почвы изучаемых

вариантов. Вероятно, это обусловлено разноразличными темпами разложения растительного материала, поступившего в почву в предшествующий вегетационный сезон. Использование почвозащитных обработок почвы способствовало тенденции увеличения водорастворимых соединений в течение периода весна–осень. Применение классического плуга вызывало противоположную динамику водорастворимых компонентов. Максимальное поступление  $C_{H_2O}$  на протяжении всего срока наблюдений было найдено в почве, обрабатываемой по нулевой технологии. Аналогичными оценками характеризовался и подсеменной слой (5–20 см). Вероятной причиной такой аккумуляции могла стать консервация органического вещества в условиях ненарушенного сложения данного слоя, его «физической защищенностью». На значительное повышение ВОВ оказывали влияние органические соединения, продуцируемые и просачивающиеся растворы из слоя 0–5 см, покрытого мульчей, что является технологической особенностью этого вида обработки.

Иной ход изменений  $C_{H_2O}$  в вегетационный период 2014 г. указывает на его тесную зависимость от целого ряда внешних факторов, опре-

деляющих процессы трансформации органических соединений почвы.

Доля водорастворимого органического углерода от общего содержания его в почве служит критерием степени подвижности органических соединений. Согласно оценочной шкале [4], уровень доли водорастворимых органических соединений соответствовал «высокому» в почве, обрабатываемой по нулевой технологии. При использовании отвальной вспашки и минимальной технологии доля характеризовалась уровнем «выше среднего». Это свидетельствует как о повышении уровня лабильности органического углерода, так и об увеличении лизиса клеток растительных тканей.

Начало вегетационного периода 2014 г. характеризовалось практически тождественным содержанием  $C_{H_2O}$  в слое почвы 0–5 см сравниваемых вариантов (табл. 2). Тем не менее просматривалась тенденция к увеличению легкогидролизуемых соединений углерода при использовании почвозащитных обработок. В нижележащем 5–20 см слое существенное увеличение  $C_{H_2O}$  наблюдалось в почве, обрабатываемой дисковыми орудиями.

Таблица 2

**Динамика содержания водорастворимого органического вещества в вариантах опыта, мг С/100 г (2014 г.)**

Вариант	Июнь		Июль		Сентябрь	
	0–5 см	5–20 см	0–5 см	5–20 см	0–5 см	5–20 см
1. Отвальная (st)	<u>20,9</u> 0,4	<u>23,9</u> 0,5	<u>15,3</u> 0,3	<u>34,4</u> 0,7	<u>31,7</u> 0,7	<u>25,8</u> 0,5
2. Минимальная	<u>25,0</u> 0,5	<u>65,3</u> 1,5	<u>23,6</u> 0,5	<u>32,3</u> 0,7	<u>30,2</u> 0,6	<u>34,2</u> 0,8
3. Нулевая	<u>26,9</u> 0,8	<u>22,4</u> 0,6	<u>13,7</u> 0,4	<u>13,7</u> 0,4	<u>11,8</u> 0,4	<u>24,5</u> 0,6
НСР <sub>05</sub>	p > 0,05	18,5	6,6	4,3	2,3	4,8

В середине лета, в период высоких положительных температур, отмечался существенный спад  $C_{H_2O}$  в 0–5 см слое необрабатываемой почвы и условиях отвальной обработки. Поверхностное дискование почвы не приводило к сокращению концентрации водорастворимых компонентов. В слое 5–20 см проявилось суще-

ственное накопление  $C_{H_2O}$  в почве варианта с отвальной вспашкой, который наравне с поверхностным слоем второго варианта значительно превосходил по аккумуляции слой почвы, где использовалась нулевая технология (p < 0,05).

Осенью, после уборки озимой тритикале, в варианте с нулевой обработкой в слое 0–5 см

содержание  $C_{H_2O}$  было существенно меньше, чем в почве, обрабатываемой отвально и минимальным способом. В последних, напротив, отмечался существенный всплеск аккумуляции  $C_{H_2O}$  в поверхностном слое. Невысокие значения  $C_{H_2O}$  в условиях нулевой обработки связаны с формированием уплотненной подсеменной прослойки почвы с повышенной долей трудно-разлагаемых углеводов на фоне полного отсутствия перемешивания почвы в течение летнего сезона. Наибольшей аккумуляцией водорастворимого органического вещества характеризовалась почва варианта с минимальной обработкой.

При оценке доли ВОВ от содержания органического вещества в сезоне 2014 г. становится очевидно, что она была значительно меньше, чем годом ранее. Прежде всего, это касается варианта с нулевой обработкой. По-видимому, с уменьшением степени увлажнения и улучшением условий аэрации ускоряются процессы пре-

вращения органических остатков. Представленная информация согласуется с данными [5]. Согласно материалам автора [5], удельная скорость освобождения углерода из разлагающейся мортмассы в агроценозах лесостепной зоны в десятки раз превышает скорость минерализации гумуса в почве. Поэтому черноземные почвы, вовлеченные в сельскохозяйственный оборот, обедняются, прежде всего, наиболее лабильными и подвижными компонентами органического вещества.

Немаловажной информацией для понимания эффекта влияния почвозащитных технологий на структуру органических соединений является сравнение почвенных слоев по содержанию  $C_{H_2O}$ . Экспериментальные данные демонстрировали отсутствие различий между слоями по содержанию  $C_{H_2O}$  в первый год исследований в недостаточно теплый и достаточно влажный период весны и осени (табл. 3).

Таблица 3

**Достоверность различий ( $t_f$ ) по содержанию водорастворимого органического вещества между слоями 0–5 и 5–20 см ( $t_r = 2,1$ )**

Вариант	2013 г.		
	Май	Июнь	Октябрь
1. Отвальная (st)	1,7	<b>3,6</b>	1,1
2. Минимальная	1,0	0,9	0,0
3. Нулевая	1,2	<b>3,6*</b>	0,7
2014 г.			
	Июнь	Июль	Сентябрь
1. Отвальная (st)	1,5	<b>10,4</b>	<b>3,6</b>
2. Минимальная	<b>3,6</b>	<b>2,9</b>	<b>2,6</b>
3. Нулевая	0,9	0,0	<b>6,2</b>

Примечание: жирным выделены достоверные различия.

Прогрев приземного слоя воздуха и высыхание почвы обусловили смещение активности процессов трансформации молодых гумусовых веществ в середине лета в подсеменную толщу отвально обрабатываемого варианта. Тогда как надсеменная прослойка необрабатываемой почвы оценивалась достоверно более высокими концентрациями водорастворимого углерода.

Значимая дифференциация слоев по количеству  $C_{H_2O}$  отмечалась в условиях применения минимальной технологии на протяжении всего периода наблюдений 2014 г. Достоверная аккумуляция ВОВ сосредоточивалась в слое 5–20 см. Одной из причин агрогенного обеднения пахотных почв потенциально-минерализуемыми компонентами органического вещества, по мнению [6], является сокращение доли крупных фракций почвенных агрегатов. В ходе прове-

денных нами наблюдений выявлено уменьшение крупно-комковатых отдельностей в почве, обрабатываемой отвально, и существенное накопление их в условиях отказа от механического воздействия [7]. Вероятно, определяющим фактором накопления водорастворимых гумусовых компонентов является агрегатная конструкция корнеобитаемого слоя.

### Выводы

1. Использование поверхностного дискования определило наиболее стабильный ритм превращений органического вещества почвы. Наибольшей аккумуляцией водорастворимого органического вещества характеризовалась почва варианта с нулевой обработкой.

2. Применяемые технологии обработки обусловили дифференциацию корнеобитаемой толщи по содержанию водорастворимого органического вещества. Однако эти различия не всегда были достоверными.

### Литература

1. *Тюрин И.В.* Из результатов работы бригады АН СССР по изучению системы обработки почв по способу Т.С. Мальцева на Шадринской опытной станции // Почвоведение. – 1957. – № 8. – С. 1–11.
2. *Агрохимические методы исследования почв.* – М.: Наука, 1975. – 656 с.
3. *Воробьева Л.А.* Теория и практика химического анализа почв. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.
4. *Орлов Д.С., Бирюкова О.Н.* Система показателей гумусного состояния почв // Методы исследований органического вещества почвы / Россельхозакадемия, ГНУ ВНИП-ТИОУ. – М., 2005. – С. 135–147.
5. *Чупрова В.В.* Состояние и функционирование черноземов Средней Сибири // Почвы

6. *Семенов В.М., Тулина А.С.* Сравнительная характеристика минерализуемого пула органического вещества в почвах природных и сельскохозяйственных экосистем // Агрохимия. – 2011. – № 12. – С. 53–63.
7. *Белоусова Е.Н., Белоусов А.А.* Агрофизические свойства чернозема выщелоченного в условиях нулевой технологии // Агрофизика. – 2017. – № 1. – С. 1–10.

### Literatura

1. *Tjurin I.V.* Iz rezul'tatov raboty brigady AN SSSR po izucheniju sistemy obrabotki pochv po sposobu T.S. Mal'ceva na Shadrinskoj opytnoj stancii // Pochvovedenie. – 1957. – № 8. – S. 1–11.
2. *Agrohimicheskie metody issledovanija pochv.* – M.: Nauka, 1975. – 656 s.
3. *Vorob'eva L.A.* Teorija i praktika himicheskogo analiza pochv. – M.: GEOS, 2006. – 400 s.
4. *Orlov D.S., Birjukova O.N.* Sistema pokazatelej gumusnogo sostojanija pochv // Metody issledovanij organicheskogo veshhestva pochvy / Rossel'hoz akademija, GNU VNIPTIOU. – M., 2005. – S. 135–147.
5. *Chuprova V.V.* Sostojanie i funkcionirovanie chernozemov Srednej Sibiri // Pochvy Sibiri / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2003. – S. 11–14.
6. *Semenov V.M., Tulina A.S.* Sravnitel'naja harakteristika mineralizuemogo pula organicheskogo veshhestva v pochvah prirodnyh i sel'skhozozajstvennyh jekosistem // Agrohimiya. – 2011. – № 12. – S. 53–63.
7. *Belousova E.N., Belousov A.A.* Agrofizicheskie svojstva chernozema vyshhelochennogo v uslovijah nulevoj tehnologii // Agrofizika. – 2017. – № 1. – S. 1–10.