

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ЧЕРНОЗЕМА

© 2017 г. Б. М. Когут

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2*

e-mail: kogutb@mail.ru

Изложены некоторые теоретические взгляды и основные результаты исследований классиков почвоведения В.В. Докучаева, И.В. Тюрина и М.М. Кононовой по органическому веществу черноземов. Приведены достижения ведущих сотрудников отдела биологии и биохимии почв Почвенного института им. В.В. Докучаева (Д.В. Хана, К.В. Дьяконовой, М.Ш. Шаймухаметова, Н.А. Титовой и др.) в области химического и физического фракционирования органического вещества и продуктов органо-минерального взаимодействия черноземных почв. Дан авторский вариант системы уровней содержания органического вещества в черноземах, состоящий из минимального, модалного, медианного, максимального и критического. Представлена конвергентная схема исследования продуктов органо-минерального взаимодействия почв, сочетающая в себе ситовой метод Саввинова в модификации Хана с методом гранулоденсиметрического фракционирования по Шаймухаметову–Травниковой, химического и биокинетического фракционирования. Приведены конкретные примеры использования данной схемы на черноземах в условиях длительных полевых экспериментов.

Ключевые слова: органическое вещество, гумус, химическое фракционирование, физическое фракционирование, чернозем

DOI: 10.19047/0136-1694-2017-90-39-55

В.В. Докучаев называл чернозем “царем почв” и, бесспорно, что такая оценка была связана с колоссальными запасами гумуса в его почвенном профиле. Он придавал большое значение гумусу как компоненту, исключительно важному для генетической диагностики почв, и как источнику плодородия. В.В. Докучаев составил свою карту изогумусовых полос черноземной зоны европейской части Российской империи на основе 250 определений гумуса в верхнем слое почв, взятых в одинаковых условиях рельефа (“на ровном месте”). Анализируя карту, он установил, что черноземная зона по содержанию гумуса распадается на пять полос, вытянутых с северо-востока на юго-запад: почвы средней полосы содержат

наивысшее количество гумуса. Кроме того, оно меняется по направлению с запада на восток. Черноземы юго-запада содержат органического вещества 4–5%, центральных районов – 7–10%, Заволжья – 10–16% ([Докучаев, 1952](#); [Чесняк и др., 1983](#)).

Результаты исследований по выяснению и установлению географических закономерностей гумусообразования, впервые отраженные в гениальном труде В.В. Докучаева “Русский чернозем” ([1952](#)), наиболее всестороннее и глубокое развитие получили в работах И.В. Тюрина ([1965](#)), прежде всего, с точки зрения оценки качественного состава гумуса. Для сравнительного изучения качества органического вещества типичных почв СССР И.В. Тюриным был предложен метод определения фракционно-группового состава гумуса, который в различных модификациях успешно используется до настоящего времени для решения генетических и классификационных задач почвоведения. Черноземы характеризуются максимальным относительным и абсолютным содержанием группы гуминовых кислот, в подзолистых почвах содержание фульвокислот в 2–3 раза и более превышает таковое гуминовых кислот ([Тюрин, 1965](#)).

Современные положения об углероднасыщающем пределе почв хорошо согласуются с тезисом И.В. Тюрина ([1937](#)): “при известных постоянных условиях в отношении поступления и разложения накопление органического вещества в почвах имеет предел, выше которого накопление невозможно”.

Впервые для черноземов была предложена система уровней содержания гумуса ([Когут, 1996](#)), включающая минимальные, модальные и максимальные его значения, которая впоследствии уточнялась и дополнялась ([Когут, 2012](#); [2015](#); [Когут, Семенов, 2015](#); [Семенов, Когут, 2015](#)). Для черноземов характерна следующая система уровней содержания органического вещества в верхнем слое:

а) минимальное содержание органического вещества устанавливается в почве, когда в нее не поступают растительные остатки, и она в течение длительного времени обрабатывается, что соответствует бесменному чистому пару ([Кёршенс, 1992](#));

б) модальное содержание органического вещества – это наиболее распространенный уровень содержания $C_{\text{орг}}$ в старопахотной почве определенного гранулометрического состава конкретной почвенно-климатической зоны (района) с присущей ей сложившейся типичной агроэкосистемой;

Таблица 1. Уровни содержания валового ($C_{орг}$) и активного (C_0) органического углерода в черноземных почвах, % от массы почвы ([Семенов и др., 2013](#))

Чернозем	Уровень					
	максимальный		медианный		минимальный	
	$C_{орг}$	C_0	$C_{орг}$	C_0	$C_{орг}$	C_0
Типичный тяжелосуглинистый	3.970	0.186	3.385	0.065	2.665	0.043
Выщелоченный тяжелосуглинистый	5.615	0.292	3.687	0.084	2.865	0.057

в) медианное содержание $C_{орг}$ характерно для почв в условиях севооборотов при внесении под сельскохозяйственные культуры оптимальных доз органических и минеральных удобрений;

г) максимальное содержание органического вещества свойственно почве в естественных условиях, когда растительная масса не отчуждается, что соответствует целине;

д) критическое содержание почвенного органического вещества устанавливается в результате эрозионных процессов, когда агрофизические свойства верхних горизонтов деградированных почв приближаются к таковым почвообразующей породы ([Кирюшин и др., 1993](#)).

Примерные содержания органического углерода в черноземных почвах, соответствующие максимальному, медианному и минимальному уровням, приведены в табл. 1.

В черноземе типичном (Курская область) уровень максимального содержания $C_{орг}$ превышает медианный и минимальный – в 1.2 и 1.5 раза, а в черноземе выщелоченном (Новосибирская область) – в 1.5 и 1.9 раза. Подобные уровни можно выделить и по содержанию активного органического вещества, определяемому по биокинетическому методу Семенова и др. ([2005](#), [2007](#)). В черноземе типичном медианным уровнем активного органического вещества можно считать 65 ± 15 мг/100 г ($1.9 \pm 0.4\%$ от $C_{орг}$), а в выщелоченном – 84 ± 16 мг/100 г ($2.3 \pm 0.4\%$ от $C_{орг}$). В пахотных почвах максимальный уровень содержания $C_{орг}$, близкий к целинному, можно достичь ежегодным внесением мелиоративных доз навоза и торфа, либо переводом этих почв в залежь ([Шарков, Данилова, 2010](#)). Модальное содержание гумуса для пахотных горизонтов типичных черноземов Курской области в основном находится в интервале 6–7%.

Вероятно, для большинства таксонов почв черноземного типа в качестве критического уровня содержания органического вещества следует признать 2% ([Кирюшин и др., 1993](#)).

М.М. Кононова ([1963](#)) отмечала, что, с одной стороны, “преобладание в составе гумуса черноземов гуминовых кислот сложной природы со слабовыраженными гидрофильными свойствами придает гумусу облик инертности”, а с другой, “... органическая часть почвы в процессе освоения и окультуривания, несомненно, меняется...”.

В 70–90 годы прошлого века в СССР и России в связи с активным исследованием агрогенной трансформации органического вещества черноземов особое внимание уделялось оценке его лабильной части.

В лаборатории органического вещества почв Почвенного института им. В.В. Докучаева предложен дифференцированный подход к оценке химически лабильной части почвенного органического вещества ([Органическое вещество..., 1987](#); [Оценка почв..., 1990](#); [Рекомендации..., 1984](#)). Рекомендовано лабильными в черноземах считать гумусовые вещества, извлекаемые непосредственно 0.1 н. раствором NaOH (подвижные по Тюрину), а в дерново-подзолистых почвах – экстрагируемые нейтральным раствором $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. Обоснованием данного предложения послужили детальные исследования состава и химической природы компонентов органического вещества почв, выделяемых с помощью различных химических экстрагентов. В качестве критериев химической лабильности гумусовых веществ использовали следующие: невысокий выход лабильных гумусовых веществ по сравнению с таковым общей массы экстрагируемых из почвенного образца гумусовых веществ, относительная упрощенность строения гуминовых кислот и фульвокислот, их обогащенность азотом, и в первую очередь легкогидролизуемыми формами, отзывчивость содержания и состава этих гумусовых веществ на различные агротехнические приемы.

Установлено ([Когут, 1996](#)), что средний элементный состав серых (черных, фракция 2) гуминовых кислот черноземов ([Орлов, 1974](#)) резко отличается от такового лабильных (бурых, фракция 1) гуминовых кислот этого типа почв (табл. 2). Лабильные гуминовые кислоты по сравнению с серыми гуминовыми кислотами характеризуются меньшей обуглероженностью и более обогащены водородом и азотом. Лабильные фульвокислоты ([Когут, 1996](#)) по

сравнению с фульвокислотами фракции 2 ([Орлов, 1974](#)) обладают теми же различиями.

М.М. Кононова и др. ([1949](#)), вероятно, впервые установили, что содержание подвижных гумусовых веществ на удобренной навозом делянке выше, чем таковое на неудобренном варианте черноземной почвы.

Обобщение материалов собственных экспериментальных исследований и литературных источников ([Когут, 1996](#); [Масютенко, 2012](#)) позволило выявить следующие закономерности агрогенной трансформации содержания, состава и природы лабильных гумусовых веществ черноземов:

1. Под влиянием длительного применения удобрений и гидротермических условий года достоверно изменяются содержание и состав лабильных гумусовых веществ. На их содержание гидротермические условия года влияют в большей степени, чем удобрения. При применении минеральных и органических удобрений, вызывающих увеличение содержания лабильных гумусовых веществ, происходит снижение содержания азота в препаратах лабильных ГК.

2. Дифференциация лабильных гумусовых веществ в пахотном слое при плоскорезной обработке по сравнению со вспашкой выражена более значительно, чем общего содержания гумуса. При плоскорезной обработке максимальная концентрация лабильных гумусовых веществ отмечается в слое 0–10 см и достоверно превосходит таковую при отвальной вспашке. Содержание азота в лабильных гуминовых кислотах при плоскорезной обработке в слое 0–10 см достоверно ниже, чем таковое при отвальной обработке.

Начало исследований по взаимодействию органических и минеральных компонентов почв было положено И.В. Тюриным, когда на основании обобщения экспериментальных материалов многих исследователей он предложил наиболее детальную классификацию возможных форм связи гумусовых веществ с минеральной частью почвы. Им выделены пять форм гумусовых веществ: в свободном или почти в свободном состоянии; в форме гуматов сильных оснований (с Ca, Na и Mg); “гуматов” и смешанных гелей с гидроксидами алюминия и железа; в форме комплексных органо-минеральных соединений (с Al, Fe, P, Si), а также в виде “аргилло-гуминов”, в которых гумусовые вещества прочно связаны с глиной ([Тюрин, 1937](#); [Титова и др., 1984](#)).

Таблица 2. Статистические характеристики элементного состава гуминовых кислот, фульвокислот и органического вещества легких фракций ($d < 1.8 \text{ г/см}^3$) черноземов, ат. %

Органическое вещество	Элемент	Статистический параметр			
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>V</i> , %	<i>tm</i>
Серые гуминовые кислоты*	C	75	42.5	5.1	0.5
	H	71	35.2		
	N	75	2.4		
	O		19.9		
	H/C		0.83		
	C/N		17.7		
	ω		+0.13		
Лабильные (бурые) гуминовые кислоты**	C	43	35.9	6.7	0.7
	H	42	41.0	4.1	0.5
	N	42	3.4	10.1	0.1
	O	42	19.8	7.5	0.5
	H/C	42	1.2		
	C/N	42	10.9		
	ω	42	-0.04		
Фульвокислоты 2*	C	25	30.9	9.2	1.2
	H		40.6		
	N		2.2		
	O		26.3		
	H/C		1.3		
	C/N		14.3		
	ω		+0.34		
Лабильные фульвокислоты**	C	8	27.6	7.0	1.6
	H	8	45.8	7.6	2.9
	N	8	2.7	25.3	0.6
	O	8	23.8	5.6	1.1
	H/C	8	1.7		
	C/N	8	11.1		
	ω	8	+0.07		
Органическое вещество легких фракций ($d < 1.8 \text{ г/см}^3$)**	C	33	38.2	8.3	1.1
	H	33	37.4	7.4	1.0
	N	33	1.8	14.2	0.1
	O	33	22.6	6.0	0.5
	H/C	33	1.0		
	C/N	33	21.2		
	ω	33	+0.20		

* Данные, обобщенные Д.С. Орловым (1974).

** Экспериментальные результаты автора и данные литературы, обобщенные Б.М. Когоумом (1996).

Примечание. *n* – объем выборки, *M* – среднее арифметическое, *V* – коэффициент вариации, *tm* – доверительный интервал.

Д.В. Хан ([1969](#)) предложил модификацию метода Саввинова (1931), заключающуюся в выделении водоустойчивых агрегатов не из почвы в целом, а из воздушно-сухих агрегатов определенной размерности. В таком случае появлялась возможность корректно сопоставлять органическое вещество фракций одной и той же размерности при сухом и мокром просеивании, а также сравнивать компоненты гумуса водоустойчивых и неводоустойчивых агрегатов. Например, из образцов семи таксонов почв черноземного типа им выделены воздушно-сухие агрегаты 3–1 мм, которые были подвергнуты мокрому просеиванию и изучены водоустойчивые агрегаты 3–1 мм и неводоустойчивая фракция <0.25 мм. Кроме того, из фракций, полученных после мокрого просеивания, выделяли ил размером <0.001 мм. Показано, что содержание гумуса в водоустойчивых агрегатах выше, чем таковое в неводоустойчивых структурных отдельностях. Ил, выделенный из структурных отдельностей, был более обогащен органическим веществом, чем структурные отдельности в целом. Илистые фракции водоустойчивых агрегатов 3–1 мм содержали больше гумуса, чем таковые неводоустойчивых структурных отдельностей <0.25 мм. Несомненно, что эти уникальные для того времени работы по оценке роли продуктов органо-минерального взаимодействия в формировании структуры черноземов были пионерными в данной области исследований.

М.Ш. Шаймухаметов, проанализировав динамику изменения содержания гумуса при систематическом внесении органических и минеральных удобрений в длительных классических полевых опытах Европы и России, выявил недостаточность обычных экстракционных методов для оценки агрономически важных функций органического вещества и направил усилия на усовершенствование приемов физического фракционирования почв ([Титова и др., 1984](#)).

Он предложил новый вариант гранулометрического фракционирования почв – выделение органо-минеральных фракций с помощью лабораторных центрифуг после обработки водных суспензий почв ультразвуком ([Шаймухаметов, Воронина, 1972](#)), разработал совместно с Н.А. Титовой и Л.С. Травниковой методики денсиметрического и гранулоденсиметрического фракционирования ([Шаймухаметов, Титова, 1984](#); [Шаймухаметов, Травникова, 1984](#)). Наиболее выигрышным для оценки агрогенной трансформации органического вещества черноземов оказался метод гранулоденсиметрического фракционирования, который “обеспечивает вычле-

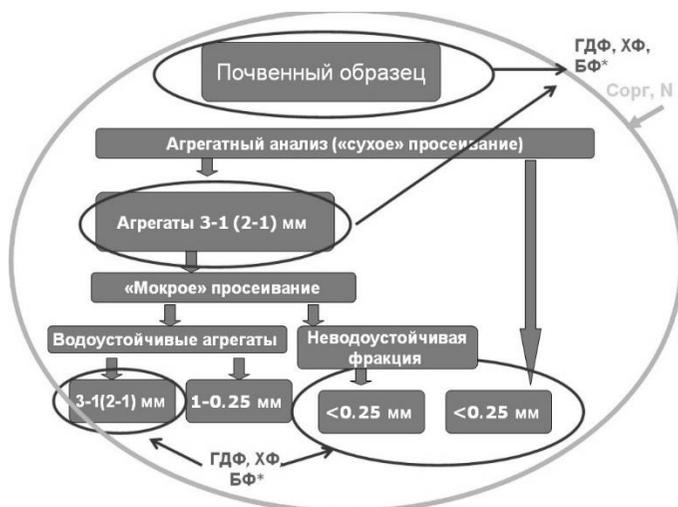


Рис. 1. Конвергентная схема исследования органического вещества почв (ГДФ – гранулоденсиметрическое фракционирование, ХФ – химическое фракционирование, БФ – биокинетическое фракционирование).

нение фракций гумуса, находящихся в тесной зависимости от приемов агротехники” (Шаймухаметов и др., 1984). Этот метод в дальнейшем был дополнен и модифицирован (Травникова, Артемьева, 2001; Артемьева, 2010; Травникова, 2012).

Для углубленной оценки роли компонентов органического вещества в формировании, преобразовании и трансформации структурного состояния черноземов нами предложена конвергентная схема (Когут и др., 2004) (рис. 1), сочетающая в себе ситовой метод Саввинова в модификации Хана (1969) с методом гранулоденсиметрического фракционирования по Шаймухаметову–Травниковой (1984).

Показано, что органическое вещество гранулоденсиметрических фракций агрегатов варианта с бесшумным чистым паром наименее обогащено азотом по сравнению с таковым тех же фракций в других вариантах опыта. С увеличением антропогенной нагрузки на типичный чернозем, в основном, обуглероженность илистых фракций агрегатов снижается (табл. 3).

В последующем ситовой метод Саввинова в модификации Хана (1969) сочетался с химическим (Когут и др., 2012) или био-

Таблица 3. Содержание органического С и N в гранулоденсиметрических фракциях водоустойчивых агрегатов размером 3–1 мм чернозема типичного, % ([Масютенко и др., 2008](#))

Вариант	Фракция	С фракции, % от			N фракции, % от			C N
		массы фракции	массы агрегатов	S _{орг} агрегатов	массы фракции	массы агрегатов	N _{орг} агрегатов	
Целинная степь	<1 мкм	9.23	1.78	33	0.95	0.18	40	9.7
	1–2 мкм	11.46	1.40	26	1.05	0.13	28	10.9
	1.8–2 г/см ³	2.95	0.71	13	0.27	0.06	14	11.0
	<1.8 г/см ³	32.92	1.61	30	2.13	0.10	23	15.4
	Остаток	0.07			0.02			
Пастбище	<1 мкм	8.18	1.39	28	0.87	0.15	33	9.4
	1–2 мкм	10.51	1.31	26	0.99	0.12	27	10.6
	1.8–2 г/см ³	8.73	0.16	3	0.85	0.04	10	10.2
	<1.8 г/см ³	31.90	1.68	34	2.28	0.07	15	13.9
	Остаток	0.18			0.04			
Севооборот (> 20 лет)	<1 мкм	6.01	1.22	32	0.62	0.13	38	9.6
	1–2 мкм	8.53	1.18	31	0.79	0.11	33	10.7
	1.8–2 г/см ³	5.52	0.10	3	0.48	0.01	3	11.4
	<1.8 г/см ³	38.60	1.11	29	2.34	0.07	20	16.5
	Остаток	0.13			0.03			
Бесменный чистый пар (57 лет)	<1 мкм	6.56	1.52	40	0.64	0.15	52	10.1
	1–2 мкм	9.64	1.05	27	0.78	0.08	30	12.3
	1.8–2 г/см ³	4.13	0.08	2	0.34	0.01	2	12.0
	<1.8 г/см ³	43.27	0.65	17	1.87	0.03	10	23.2
	Остаток	0.13			0.03			

кинетическим фракционированием ([Семенов, Когут, 2015](#)) (табл. 4). Подобный подход к исследованию органического вещества водоустойчивых агрегатов почв использовал Yamashita et al. ([2006](#)).

Анализ табл. 4 показал, что в случае некосимой степи водоустойчивые агрегаты формируются в условиях избытка органического вещества и накапливают его максимально возможное количество, в том числе C_{лгв} в составе агрегатов. При возделывании озимой пшеницы образование водоустойчивых агрегатов происходит на фоне недостатка поступления свежего органического материала и сопровождается активными процессами его разложения, поэтому формируются только наиболее устойчивые к физико-химическим и биологическим воздействиям структуры, что и отражается в наблю-

Таблица 4. Содержание органического углерода лабильных гумусовых веществ ($C_{лгв}$) в водоустойчивых агрегатах типичного чернозема (Когут и др., 2012)

Вариант опыта	Размер агрегатов	$C_{лгв}$, % от	
		массы структурных отдельных	$C_{орг}$ структурных отдельных
Некосимая степь	3–1	1.16	23
	1–0.5	1.15	26
	0.5–0.25	0.92	21
	< 0.25	0.93	25
Бессменный пар (56 лет)	3–1	0.41	13
	1–0.5	0.57	17
	0.5–0.25	0.50	16
	< 0.25	0.55	20
Озимая пшеница (39 лет)	3–1	0.75	19
	1–0.5	0.70	18
	0.5–0.25	0.59	15
	< 0.25	0.46	13
Бессменный пар (39 лет)	3–1	0.50	16
	1–0.5	0.47	16
	0.5–0.25	0.39	14
	< 0.25	0.43	15

даемой зависимости между размерами водоустойчивых агрегатов и содержанием в них лабильной фракции органического вещества. Подобного не было в вариантах бессменного пара. Если исходить, из того что лабильную фракцию слагают свежобразованные, легкотрансформируемые гумусовые вещества, то в вариантах бессменного пара, где нет поступлений растительных остатков, этих веществ не должно быть совсем, или они должны присутствовать в незначительном количестве. Однако содержание $C_{лгв}$ в этих вариантах было достаточно большим: 0.39–0.57% от массы отдельных (14–20% от $C_{орг}$). Не отмечено никакой взаимосвязи между размерами агрегатов и содержанием в них $C_{лгв}$. Наблюдаемые факты можно объяснить тем, что помимо свежобразованных гумусовых веществ, вытяжкой 0.1 н. NaOH из черноземов извлекаются другие, предположительно деградированные, относительно простые гумусовые вещества, разрушающиеся и потерявшие связь с кальцием, R_2O_3 или илистой фракцией, вследствие чего ставшими

доступными щелочной вытяжке ([Когут, 1996](#)). Другим объяснением, может служить то, что 0.1 н. NaOH вытяжка всегда растворяет небольшую часть почвенных гумусовых веществ других фракций, связанных с кальцием, оксидами, илом и т.п. Таким образом, извлечение части консервативных гумусовых веществ, вносит ошибку в определение содержания лабильных гумусовых веществ в почве.

Разработана комплексно-конвергентная методология, которая базируется на фундаментальных концептуально-теоретических взглядах о составе, строении, свойствах и функциях почвенного органического вещества и системе аналитических (физических, химических и биологических) методов его изучения ([Когут, Семенов, 2015](#); [Семенов, Когут, 2015](#)). С целью оценки влияния различных агротехнологий на трансформацию органического вещества почв с последующей выработкой регулирующих мероприятий по оптимизации питания сельскохозяйственных культур и секвестрации органического углерода предлагается следующий алгоритм исследования:

1. Определение содержания органического углерода почвы конкретного участка и отнесение ее к одному из количественных уровней в предложенной системе предельных уровней содержания органического вещества почв.

2. Установление величин трансформируемого, активного, медленного и пассивного пулов почвенного органического вещества.

3. Определение содержания и состава химически лабильных, физически подвижных и биологически минерализуемых органических и гумусовых веществ в структурно-агрегатных, гранулометрических и денсиметрических фракциях почв.

4. Выявление количественных индексов, отражающих долю химически лабильных, физически подвижных и биологически активных фракций в валовом органическом веществе почв и их связи с другими показателями плодородия и продуктивностью растений.

На современном этапе развития химии гумуса более актуальным становится вопрос: что вкладывается в понятие “протогуминовые вещества” и/или что они собой представляют, а не есть ли гуминовые вещества или их нет? Черноземы в этом смысле являются уникальным природным объектом, на котором в перспективе

возможно решение поставленной проблемы. В качестве поисковой схемы для этой цели может быть использован рис. 1.

Благодарность. Работа проведена за счет финансовых средств Российского научного фонда (проект № 14-26-00079).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артемова З.С.* Органическое вещество и гранулометрическая система почвы. М.: ГЕОС, 2010. 240 с.
2. *Докучаев В.В.* Русский чернозем: Отчет Вольн. экон. об-ва. СПб., 1883. М.: Сельхозгиз, 1952.
3. *Кёршенс М.* Значение содержания гумуса для плодородия почв и круговорота азота // Почвоведение. 1992. № 10. С. 122–131.
4. *Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Орлов Д.С., Титлянова А.А., Фокин А.Д.* Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. М.: Изд-во МСХА, 1993. 99 с.
5. *Когут Б.М.* [Оценка содержания гумуса в пахотных почвах](#) России // Почвоведение. 2012. № 9. С. 944-952.
6. *Когут Б.М.* [Оценка уровней эродированности черноземов по относительной степени их гумусированности](#) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2015. Вып. 78. С. 59-69.
7. *Когут Б.М.* Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании. Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. М., 1996. 48 с.
8. *Когут Б.М., Масютенко Н.П., Шульц Э., Киселева О.В., Дубовик Е.В., Сысуев С.А.* Органическое вещество агрегатов черноземов // Агроэкологическая оптимизация земледелия. Сб. докл. Международ. научно-практ. конф., посвященной 75-летию Россельхозакадемии и 100-летию со дня рождения С.С. Соболева. Курск, 2004. С. 418–420.
9. *Когут Б.М., Семенов В.М.* Конвергентная методология исследования почвенного органического вещества земель сельскохозяйственного назначения // Современные методы исследований почв и почвенного покрова. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2015. С. 51–64.
10. *Когут Б.М., Сысуев С.А., Холодов В.А.* [Водопрочность и лабильные гумусовые вещества типичного чернозема при разном землепользовании](#) // Почвоведение. 2012. № 5. С. 555–561.
11. *Кононова М.М.* Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 314 с.
12. *Кононова М.М., Панкова Н.А., Бельчикова Н.П.* Изменения в содержании и составе органического вещества при окультуривании почв // Почвоведение. 1949. № 1. С. 28–37.

13. *Масютенко Н.П.* Трансформация органического вещества в черноземных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства. М.: Россельхозакадемия, 2012. 150 с.
14. *Масютенко Н.П., Козут Б.М., Шульц Э., Киселева О.В., Дубовик Е.В.* Влияние систем использования земли на содержание органического углерода и азота в гранулоденсиметрических фракциях агрегатов чернозема типичного // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. Сб. докл. Междунар. научно-практической конференции, Курск, 2008. С. 561–566.
15. Органическое вещество пахотных почв // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1987. 173 с.
16. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. 333 с.
17. Оценка почв по содержанию и качеству гумуса для производственных моделей почвенного плодородия. М.: Агропромиздат, 1990. 28 с.
18. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. 1984. 96 с.
19. *Семенов В.М., Иванникова Л.А., Кузнецова Т.В.* Лабораторная диагностика биологического качества органического вещества почвы // Методы исследований органического вещества почвы. Владимир, 2005. С. 214–230.
20. *Семенов В.М., Иванникова Л.А., Кузнецова Т.В., Семенова Н.А., Ходжаева А.К.* [Биокинетическая индикация минерализуемого пула органического вещества почвы](#) // Почвоведение. 2007. № 11. С. 1352–1361.
21. *Семенов В.М., Козут Б.М.* Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
22. *Семенов В.М., Козут Б.М., Лукин С.М., Шарков И.Н., Русакова И.В., Тулина А.С., Лазарев В.И.* [Оценка обеспеченности почв активным органическим веществом по результатам длительных полевых опытов](#) // Агрохимия. 2013. № 3. С. 19–31.
23. *Титова Н.А., Травникова Л.С., Шаймухаметов М.Ш.* [Развитие исследований по взаимодействию органических и минеральных компонентов почв](#) // Почвоведение. 1995. № 5. С. 639–646.
24. *Травникова Л.С.* Органо-минеральные взаимодействия: роль в процессах формирования почв, их плодородия и устойчивости к деградации. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2012. 296 с.
25. *Травникова Л.С., Артемьева З.С.* Физическое фракционирование органического вещества почв с целью изучения его устойчивости к биодegradации // Экология и почвы. Избр. лекции 10-й Всерос. школы. Т. IV. Пушкино, 2001. С. 337–346.
26. *Тюрин И.В.* Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе. М.–Л.: Сельхозгиз, 1937. 287 с.
27. *Тюрин И.В.* Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. 320 с.

28. Хан Д.В. Органо-минеральные соединения и структура почвы. М.: Наука, 1969. 142 с.
29. Чесняк Г.Я., Гаврилюк Ф.Я., Крупеников И.А., Лактионов Н.И., Шилихина И.И. Гумусовое состояние черноземов // Русский чернозем 100 лет после Докучаева. М.: Наука, 1983. Ч. 2. С. 186–198.
30. Шаймухаметов М.Ш., Воронина К.А. Методика фракционирования органо-глинных комплексов с помощью лабораторных центрифуг // Почвоведение. 1972. № 8. С. 134–138.
31. Шаймухаметов М.Ш., Титова Н.А. Методика гранулометрического и денсиметрического фракционирования почв // Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв. М., 1984. С. 59–95.
32. Шаймухаметов М.Ш., Титова Н.А., Травникова Л.С., Лабенец Е.М. Применение физических методов фракционирования для характеристики органического вещества почв // Почвоведение. 1984. № 8. С. 131–141.
33. Шаймухаметов М.Ш., Травникова Л.С. Способ извлечения из почвы поглощающего комплекса // Авторское свидетельство №1185238. Госком. СССР по делам изобретений и открытий. Заявка №3732977. Приоритет изобретения 30.03.1984.
34. Шарков И.Н., Данилова А.А. [Влияние агротехнических приемов на изменение содержания гумуса в пахотных почвах](#) // Агрохимия. 2010. № 12. С. 72–81.
35. Yamashita T., Flessa A., Bettina J., Helfrich M., Ludwig B. Organic matter in density fractions of water-stable aggregates in silty soils: Effect of land use // Soil Biol. Biochem. 2006. V. 38. P. 3222–3234.

THE ORGANIC MATTER OF CHERNOZEM

B. M. Kogut

*V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
per. Pyzhevskii 7, Moscow, 119017 Russia*

Theories and points of view of soil science classics, such as V. V. Dokuchaev, I. V. Turin and M. M. Kononva on chernozem organic matter are reviewed in this work. The achievements of the leading researches of soil biology and biochemistry of Dokuchaev Soil Science Institute (D. V. Khan, M. Sh. Shaimuhammetov, N. A. Titova etc.) in the investigation of chemical and physical functioning of organic matter and the products of organo-mineral interaction of chernozemic soils. The author variant of level system for organic matter content in chernozem is presented in the work. The level system consists of minimal, median, maximal and critical levels. The convergent scheme of the investigation of the organo-mineral interactions of soils is presented. This scheme combines the Savvinov sieve method in modification of Khan and granulo-densimetric

fractionation functioning by Shaimuhammetov-Travnikova, chemical and biokinetic fractionation. The particular examples of the application of this scheme on chernozems in conditions of long-term experiments is presented.

Keywords: organic matter, humus, chemical fractionation, physical fractionation, chernozem

REFERENCE

1. Artemyeva Z.S. *Organic matter and granulometric soil system*, Moscow: GEOS Publ., 2010, 240 p. (in Russian)
2. Dokuchaev V.V. *Russian Black Earth: Report Vol. econ. Society*. St. Petersburg, 1883. Moscow, Sel'khozgiz Publ., 1952. (in Russian)
3. Korshens M. The value of humus content for soil fertility and the nitrogen cycle, *Pochvovedenie*, 1992, № 10, pp. 122–131. (in Russian)
4. Kiryushin V.I., Ganzhara N.F., Kaurichev I.S., Orlov D.S., Titlyanova A.A., Fokin A.D. *The concept of optimizing the regime of organic matter of soils in agrolandscapes*. Moscow: MSHA Publishing House, 1993, 99 p. (in Russian)
5. Kogut B.M. Estimation of humus content in arable soils in Russia, *Pochvovedenie*, 2012, No. 9, pp. 944–952. (in Russian)
6. Kogut B.M. Kogut B.M. Estimate of chernozem erodibility level according to the humification degree, *Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*, 2015, Vol. 78, pp. e50–e58.
7. Kogut B.M. *Transformation of the humus state of chernozems during their agricultural use*. Author's abstract. dis. ... of Dr. s.-h. sciences. Soil. Institute of V.V. Dokuchaev. Moscow, 1996, 48 pp. (in Russian)
8. Kogut B.M., Masyutenko N.P., Shultz E., Kiseleva O.V., Dubovik E.V., Sysuev S.A. Organic matter of aggregates of chernozems, *Agroecological optimization of agriculture*. Sat. doc. International. scientific and practical work. devoted to the 75th anniversary of the Russian Academy of Agricultural Sciences and the 100th anniversary of the birth of SS. Sobolev, Kursk, 2004, pp. 418–420. (in Russian)
9. Kogut B.M., Semenov V.M. Convergent methodology for the study of soil organic matter in agricultural lands, *Modern methods of soil and soil cover research*. Moscow, Soil. Institute of V.V. Dokuchaeva Publ., 2015, pp. 51–64. (in Russian)
10. Kogut BM, Sysuev SA, Kholodov VA Water resistance and labile humus substances of typical chernozem under different land use, *Pochvovedenie*, 2012, No. 5, pp. 555–561. (in Russian)
11. Kononova M.M. Organic matter of the soil. Its nature, properties and methods of study. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1963. 314 p. (in Russian)
12. Kononova M.M., Pankova N.A., Belchikova N.P. Changes in the content and composition of organic matter in the cultivation of soils, *Pochvovedenie*, 1949, No. 1, pp. 28–37. (in Russian)

13. Masyutenko N.P. *Transformation of organic matter in the Chernozem soils of the Central Chernozem Region and the system of its reproduction*, Moscow, Rosselkhozakademiya Publ., 2012, 150 p. (in Russian)
14. Masyutenko N.P., Kogut B.M., Shultz E., Kiseleva O.V., Dubovik E.V. Influence of land use systems on the content of organic carbon and nitrogen in granulodensimetric fractions of aggregates of typical chernozem, *Intensification, resource saving and soil protection in adaptive landscape systems of agriculture*. Sat. doc. Intern. Scientific and Practical Conference, Kursk, 2008, pp. 561–566. (in Russian)
15. Organic matter of arable soils, *Tr. Soil. Institute for them. V.V. Dokuchaev*, 1987, 173 p. (in Russian)
16. Orlov D.S. *Humic acids of soils*, Moscow: Publ. Mosk. Univ., 1974, 333 p.
17. *Estimation of soils by content and quality of humus for production models of soil fertility*, Moscow: Agropromizdat Publ., 1990, 28 p. (in Russian)
18. *Recommendations for studying the balance and transformation of organic matter in agricultural use and intensive cultivation of soils*. Moscow, Soil. Institute of. V.V. Dokuchaev Publ., 1984, 96 p. (in Russian)
19. Semenov V.M., Ivannikova L.A., Kuznetsova T.V. Laboratory Diagnostics of the Biological Quality of Organic Soil Substance, *Methods of Investigating the Organic Substance of Soil*, Vladimir, 2005, pp. 214–230. (in Russian)
20. Semenov V.M., Ivannikova L.A., Kuznetsova T.V., Semenova N.A., Khodzhaeva A.K. Biokinetic indication of a mineralized pool of soil organic matter, *Pochvovedenie*, 2007, No. 11, pp. 1352–1361. (in Russian)
21. Semenov V.M., Kogut B.M. *Soil organic matter*. Moscow: GEOS Publ., 2015, 233 p. (in Russian)
22. Semenov V.M., Kogut B.M., Lukin S.M., Sharkov I.N., Rusakova I.V., Tulina A.S., Lazarev V.I. Evaluation of the provision of soils with an active organic matter based on the results of long field experiments, *Agrochemistry*, 2013, No. 3, pp. 19–31. (in Russian)
23. Titova N.A., Travnikova L.S., Shaymukhametov M.Sh. Development of research on the interaction of organic and mineral components of soils, *Pochvovedenie*, 1995, No. 5, pp. 639–646. (in Russian)
24. Travnikova L.S. *Organo-mineral interactions: a role in processes of soil formation, their fertility and resistance to degradation*, Moscow, Soil. Institute of. V.V. Dokuchaeva Publ., 2012. 296 p. (in Russian)
25. Travnikova L.S., Artemyeva Z.S. Physical fractionation of soil organic matter with the aim of studying its resistance to biodegradation, *Ecology and Soils*. Fav. lectures of the 10th Vseros. school. T. IY. Pushchino, 2001, pp. 337–346. (in Russian)
26. Tyurin I.V. *Organic matter of soils and its role in soil formation and fertility. The doctrine of soil humus*. Moscow–Leningrad, Sel'khozizh Publ., 1937. 287 p. (in Russian)
27. Tyurin I.V. *Organic matter of the soil and its role in fertility*, Moscow, Nauka Publ., 1965, 320 c.

28. Khan D.V. *Organo-mineral compounds and soil structure*, Moscow: Nauka Publ., 1969, 142 p. (in Russian)
29. Chesnjak G.Ya., Gavrilyuk FY, Krupenikov IA, Laktionov NI, Shilikhina I.I. Humus condition of chernozem, *Russian chernozem 100 years after Dokuchaev*, Moscow, Nauka Publ., 1983, Part 2, pp. 186–198. (in Russian)
30. Shaimukhametov M.Sh., Voronina K.A. Method of fractionation of organo-clay complexes by means of laboratory centrifuges, *Pochvovedenie*, 1972, No. 8, pp. 134–138. (in Russian)
31. Shaimukhametov M.Sh., Titova N.A. Methodology of granulometric and densimetric fractionation of soils, *Recommendations for studying the balance and transformation of organic matter in agricultural use and intensive cultivation of soils*, Moscow, 1984, pp. 59–95. (in Russian)
32. Shaimukhametov M.Sh., Titova N.A., Travnikova L.S., Labenets E.M. Application of physical methods of fractionation for characterizing the organic matter of soils, *Pochvovedenie*, 1984, No. 8, pp. 131–141. (in Russian)
33. Shaimukhametov M.Sh., Travnikova L.S. *Method of extracting the absorbing complex from the soil*, Author's certificate No. 1185238. Goskom. USSR on inventions and discoveries. Application No. 3732977. Priority of invention 30.03.1984. (in Russian)
34. Sharkov I.N., Danilova A.A. Influence of agrotechnical methods on the change of humus content in arable soils, *Agrochemistry*, 2010, No. 12, pp. 72–81. (in Russian)
35. Yamashita T., Flessa A., Bettina J., Helfrich M., Ludwig B. Organic matter in density fractions of water-stable aggregates in silty soils: Effect of land use, *Soil Biol. Biochem.*, 2006, V. 38, pp. 3222–3234.

Ссылки для цитирования

Когут Б.М. Органическое вещество чернозема // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2017. Вып. 90. С. 39-57. doi: 10.19047/0136-1694-2017-90-39-55

Kogut B. M. The Organic Matter of Chernozem, *Bulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva*, 2017, Vol. 90, pp. 39-57. doi: 10.19047/0136-1694-2017-90-39-55