

На правах рукописи

Сысуев Станислав Александрович

**СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
АГРЕГАТОВ ЧЕРНОЗЕМОВ**

Специальность 03.00.27- почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва-2005

Работа выполнена в лаборатории биологии и биохимии почв ГНУ Почвенного института им. В. В. Докучаева РАСХН.

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук
Когут Б. М.

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Бондарев А. Г.
кандидат биологических наук
Милановский Е. Ю

Ведущая организация: Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв
от эрозии РАСХН (г. Курск)

Защита диссертации состоится «2» июня 2005 г. в 11 часов на заседании диссертационного совета Д.006.053.01 при Почвенном институте им. В. В. Докучаева по адресу 119017 Москва, Пыжевский переулок, 7.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Почвенного института им. В. В. Докучаева РАСХН

Автореферат разослан «2» мая 2005 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просим направлять по адресу

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор с.-х. наук



И. Н. Любимова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы Структурное состояние почв тяжелого гранулометрического состава является одним из основных факторов определяющих их водный, воздушный и питательный режимы. Со структурой почвы тесно связана структура порового пространства. Благоприятное соотношение пор обеспечивает оптимальные условия водного, воздушного и питательного режимов почв. Именно через структуру почв можно управлять пористостью и физическими свойствами почв, а также протекающими в них процессами.

Механическая прочность и водопрочность почвенных агрегатов определяют устойчивость сложения во времени, а также устойчивость к деградации их физических свойств.

Имеющиеся в литературе данные о связи между содержанием гумуса и структурным состоянием черноземов крайне неоднозначны (Хан, 1969). В то же время в многочисленных исследованиях (Гумматов, Пачепский, 1991; Кирюшин, Ганжара, Кауричев, Орлов, Титлянова, Фокин, 1993; Кузнецова, 1998; Шинкарев, Перепелкина, 1997; Шеин, Милановский, 2003) показано неодинаковое влияние различных групп гумусовых веществ на структурное состояние почвы.

Наряду с теоретическими аспектами проблема связи гумусного состояния и структурного состава черноземов имеет и большое практическое значение. Это обусловлено как прогрессирующим обесструктурированием черноземов, так и минерализацией органического вещества. Поэтому изучение взаимосвязи структурного состава почв и их гумусного состояния вызывает значительный теоретический и практический интерес.

Цель исследований Изучить гумусное состояние и оценить влияния различных групп органического вещества на структурный состав черноземных почв. Реализация поставленной цели складывалась из следующих задач:

1. Дать оценку гумусного состояния черноземов различного способа использования (целина, залежь, монокультура, пар).
2. Изучить особенности структурного состава различных подтипов черноземов, отличающихся характером использования
3. Выявить участие общего органического углерода и лабильных гумусовых веществ в процессах формирования воздушно-сухих и водоустойчивых агрегатов.

Научная новизна Проведена комплексная оценка структурного состава и гумусного состояния разных подтипов черноземов, отличающихся характером использования. Дана количественная оценка вклада различных форм органического вещества в формирование сухих и водопрочных агрегатов. Установлены зависимости между размером агрегатов и показателями гумусного состояния черноземных почв.

Практическая значимость работы Результаты работы могут быть использованы для научно обоснованного прогноза изменений структурного состояния черноземов. Материалы исследований расширяют представление

о роли различных групп органического вещества в формировании водопропрочной структуры. Они могут быть использованы при разработке рекомендаций по регулированию структурного состояния черноземных почв.

Результаты исследований используются в учебном процессе при чтении специальных дисциплин в Пензенской ГСХА и Пензенском педагогическом государственном университете им. В. Г. Белинского.

Апробация работы Основные положения диссертационной работы были доложены на конференции Пензенской ГСХА (Пенза, 2002), Международной научно-практической конференции (Курск, 2004), IV съезде Докучаевского общества почвоведов (Новосибирск, 2004).

Структура и объем диссертации Диссертационная работа изложена на 137 страницах, состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов, приложений, включает 17 таблиц, 10 рисунков. Список литературы состоит из 261 наименования, в том числе 153 на русском и 108 на иностранных языках.

ГЛАВА 1. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И СТРУКТУРА ЧЕРНОЗЕМОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

В обзоре литературы рассмотрена экологическая роль структуры в поддержании важнейших свойств черноземов, описана взаимосвязь содержания и качественного состава органического вещества и структуры почв, изложены современные представления об органо-минеральных взаимодействиях в почвах.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По мере усиления интенсивности антропогенного воздействия на почвы происходят изменения гумусного и структурного состояния черноземов. В связи с этим были подобраны варианты опытов с резко различными системами землепользования.

Исследования проводились на 3 объектах: 2 объекта расположены в Курской области, на территории Центрального черноземного государственного биосферного заповедника им. проф. В. В. Алексина (ЦЧЗ), и 1 - в учебно-опытном хозяйстве ПГСХА Пензенской области.

Нами изучены верхние горизонты (0-25 см) черноземных почв следующих объектов:

Курская область. На территории Петринского опорного пункта Почвенного института им. В. В. Докучаева (опыт заложен в 1964 г. на типичном черноземе) для исследования взяты два варианта - бессменный пар и монокультура озимой пшеницы;

Центрально-черноземный заповедник (ЦЧЗ), взяты 2 варианта - бессменный пар (с 1947 г.) и целинная, степь некосимая

Пензенская область. Учхоз Пензенской ГСХА (опыт заложен на черноземе выщелоченном), взяты 2 варианта - бессменный пар и залежь.

Для исследования с каждого варианта опыта отбирались по 4 ненарушенных монолитных образца (размером 25 см x 25 см x 25 см). Фракцио-

нирование почвы в воздушно-сухом состоянии (сухое просеивание) проводилось по методу Саввинова (1931). Далее из агрегатов 5-3 и 3-1 мм выделялись водопрочные агрегаты по Саввинову в модификации Хана (1969). Схема представлена на рисунке 1.

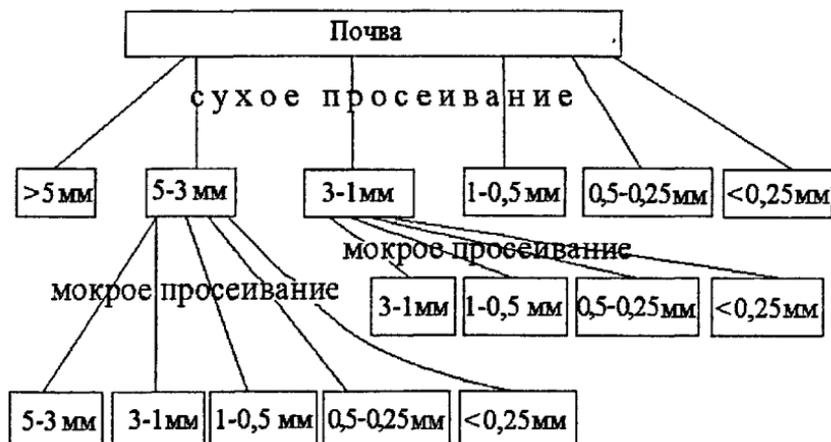


Рис. 1. Схема выделения воздушно- сухих и водопрочных агрегатов

Лабильные гумусовые вещества извлекали 0,1 н. раствором NaOH из образцов почвы и агрегатов без декальцирования по методу Тюрина (1951) в модификации Когута, Булкиной (1987).

Лабильные гумусовые вещества (ЛГВ) щелочных вытяжек подразделяли на лабильные гуминовые кислоты (ЛГК) и лабильные фульвокислоты (ЛФК) общепринятым методом.

Определение органического углерода в образцах почв, агрегатах почвенных фракций < 0,25 мм и в вытяжках проводилось методом мокрого сжигания хромовой смесью со спектрофотометрическим окончанием (микровариант метода Тюрина) (Дьяконова, 1977).

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась методами математической статистики в изложении Доспехова (1985) с использованием следующих программ для статистической обработки экспериментальных данных: "Stadia", "Statistica". Учитывая недостаточно высокую уверенность даже в симметричности распределения данных и небольшой объем выборок, статистические характеристики в отдельных случаях рассчитывались двумя способами, предполагая и более общее несимметричное распределение данных. Непараметрическая статистическая обработка проводилась с использованием программы "Kvant".

ГЛАВА 3. ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

3.1 Содержание гумуса в целинном, залежном и пахотных черноземах

Процесс снижения содержания и запасов гумуса при введении целинных почв в культуру известен давно, и общие закономерности этого процесса всесторонне освещены в монографиях И. В. Тюрина (Тюрин, 1937) и М. М. Кононовой (Кононова, 1963). Несмотря на изученность, проблема продолжает оставаться в поле зрения современных исследователей. Не вызывает сомнений, что накопление фактических данных позволяет дать более глубокую количественную оценку процесса дегумификации пахотных почв и вскрыть его планетарные масштабы (Розанов, Розанов, 1990).

Обобщение научной информации показывает, что в неэродированных черноземах при продолжительном их использовании под пашню (20-100 лет) содержание гумуса уменьшается в пахотном слое по сравнению с верхним слоем целины не более, чем на 20-30% (Когут, 1996).

Исследованные черноземы значительно различаются по содержанию органического углерода (табл.1)

Таблица 1

Содержание органического углерода в черноземных почвах

Объект	Подтип Чернозема	Характер использования	Содержание Сорг в слое 0-25 см, %	Снижение Сорг в почвах, не занятых растительностью, %
ЦЧЗ	Чернозем типичный	целина	4,57	-
		бессеменный пар	2,89	36,8
Петринский опорный пункт	Чернозем типичный	озимая пшеница	3,67	-
		бессеменный пар	2,81	23,4
учхоз ПГСХА	Чернозем выщелоченный	залежь	4,48	-
		бессеменный пар	4,31	3,8

Частных различий 0,191

Объекта исследований 0,135

НСР₀₅

Характера использования 0,110

В условиях Курской области максимальное содержание гумуса на типичном черноземе отмечается на целине - 7,9 %, а минимальное при бессеменном паровании - 4,8-5,0 %. Промежуточное положение занимает содержание гумуса под монокультурой озимой пшеницы без удобрений - 6,3 %. Следует отметить, что типичный чернозем в условиях бессеменного пара характеризуется примерно одинаковым содержанием гумуса как в Стрелец-

кой степи, так и на Петринском опорном пункте, несмотря на различную продолжительность опытов (53 и 36 лет соответственно).

Это позволяет сделать заключение о том, что длительное использование чернозема в режиме бессменного чистого пара способствовало стабилизации гумуса на минимальном уровне, характеризующем сильную выпаханность типичного чернозема. Содержание гумуса под монокультурой озимой пшеницы достаточно близко соответствует модальному содержанию гумуса, отмеченному в литературе для типичного чернозема Курской области (Когут, 1998).

Незначительное снижение содержания Сорг в выщелоченном черноземе учхоза Пензенской ГСХА в чистом бессменном пару по отношению к залежи может быть объяснено непродолжительным временем использования почвы под паром (4 года).

3.2 Содержание и состав лабильных гумусовых веществ на целинном, залежном и пахотных черноземах

Для оценки качественного состава гумуса многие исследователи используют фракционно-групповой состав гумуса, который позволяет характеризовать генетические и фациальные особенности тех или иных почв, но с его помощью весьма трудно определить агрономическую ценность гумуса и его составных частей. Наиболее целесообразным подходом к выявлению агрономической ценности гумуса и его составляющих можно считать разделение всех органических соединений почвы на две большие части: группу консервативных, устойчивых веществ и группу лабильных соединений, или «активную» и «пассивную» его части (Орлов, 1980; Дьяконова и др., 1990 Тейт., 1991; Кершенс, 1993; Кирюшин и др., 1993; Когут, 1998).

Признавая важность всех компонентов органического вещества для плодородия почв (Еськов и др., 2001; Кирюшин, и др., 1993; Фокин, 1989), следует подчеркнуть особую роль его активной, разлагающейся части. Наиболее вероятно, что агротехническими приемами можно изменять именно этот пул органического вещества, а, следовательно, имеется реальная возможность его регулирования с целью повышения эффективного плодородия пахотных почв.

Однако, отнесение некоторых компонентов органического вещества к "легко (быстро) метаболизируемому" или устойчивому пулу представляет сложную научную проблему (Тейт, 1991).

Существуют физические (гранулометрическое, денсиметрическое, гранулоденсиметрическое фракционирование), химические (экстракция органических и гумусовых веществ водой, растворами кислот, щелочей и солей) и биологические (компостирование почвенных образцов с учетом выделившегося диоксида углерода, определение углерода микробной биомассы и др.) способы и методы оценки активной, лабильной части гумуса.

Сотрудниками лаборатории биологии и биохимии почв Почвенного института им. В. В. Докучаева проведен поиск химических тестов, характери-

зующих лабильные, наиболее информативные в отношении эффективного плодородия почв, формы гумуса, и исследован их состав с помощью физико-химических методов ("Оценка почв ...", 1990; "Рекомендации для исследования ...", 1984).

Согласно К. В. Дьяконовой (1984), к ним могут быть отнесены сравнительно "молодые формы" гумуса, которые непрочно связаны с минеральной частью почвы, содержат большое количество азота (C/N не более 12), способны относительно быстро трансформироваться и высвобождать азот для растений.

Для черноземов, как это было показано Тюриным (Тюрин, 1937), такая фракция подвижных (лабильных) гумусовых веществ извлекается непосредственно из почвы 0,1н. раствором NaOH.

Почвенное плодородие обеспечивается неперменным сосуществованием и определенным соотношением обеих частей органического вещества. Поэтому при исследовании важно уделять внимание не только вопросам общего содержания и запасов гумуса, но и давать оценку его качеству, изучать процессы его трансформации в условиях сельскохозяйственного использования почв.

Потеря части гумуса при сельскохозяйственном использовании почв - неизбежный процесс. Для поддержания экологической устойчивости почв важным является сохранение в них достаточного количества лабильных соединений.

Изучение лабильных гумусовых веществ в черноземе типичном показало, что распашка и длительное содержание почв в пару вызвало снижение содержания Слгв (в % от массы почвы) в 2,3 раза по отношению к таковому да целине (табл. 2).

Различия между содержанием лабильных гумусовых веществ под монокультурой озимой пшеницы и таковыми под чистым паром на типичном черноземе были значительно меньше, и они составили 28,6 %.

Наибольшее содержание Слгв выявлено в черноземе выщелоченном под залежью. При паровании этого чернозема оно снизилось на 23,6 %. Влияние растительности сказалось не только на общем содержании Слгв, но и на пространственной изменчивости данного показателя. Если в почвах с естественной и залежной растительностью коэффициент вариации составлял 9,3 - 38,5, то на вариантах с бессменным паром он снизился до 2,1 - 20,5%, а на таком же варианте в условиях Петринского опорного пункта еще значительнее - до 1,4 - 8,2 %.

Определение качественного состава ЛГВ показало, что распашка и парование оказывают наиболее существенное влияние на содержание Слгк. В среднем по трем объектам под влиянием этого приема оно снизилось на 42,9%, а количество Слфк - лишь на 23,3%.

Таблица 2

Содержание лабильных гумусовых веществ в объектах исследования,
 $X \pm S_x$, % к массе почвы

Объект	Подтип Чернозема	Характер использования	$S_{лгв}$	$S_{лгк}$	$S_{лфк}$	$S_{лгк}/S_{лфк}$
ЦЧЗ	Чернозем типичный	Целина	0,91 $\pm 0,35$	0,43 \pm 0,25	0,47 \pm 0,01	0,91
		Беспахотанный пар	0,39 $\pm 0,08$	0,17 \pm 0,06	0,22 \pm 0,02	0,77
Петринский опорный пункт	Чернозем типичный	Озимая пшеница	0,49 $\pm 0,04$	0,22 \pm 0,02	0,27 \pm 0,02	0,81
		Беспахотанный пар	0,35 $\pm 0,01$	0,15 \pm 0,01	0,19 \pm 0,01	0,79
Учхоз ПГСХА	Чернозем выщелоченный	Залежь	1,06 $\pm 0,10$	0,81 \pm 0,08	0,25 \pm 0,04	3,24
		Беспахотанный пар	0,81 $\pm 0,02$	0,53 \pm 0,02	0,28 \pm 0,02	1,90

Таблица 3

Содержание лабильных гумусовых веществ в объектах исследования,
 $X \pm S_x$, % от $S_{орг}$ почвы

Объект	Подтип чернозема	Характер использования	$S_{лгв}$	$S_{лгк}$	$S_{лфк}$
ЦЧЗ	Чернозем типичный	Целина	19,68 \pm 7,16	9,41 \pm 5,20	10,27 \pm 1,98
		Беспахотанный пар	13,34 \pm 2,86	5,88 \pm 2,28	7,47 \pm 0,67
Петринский опорный пункт	Чернозем типичный	Озимая пшеница	13,40 \pm 0,11	6,06 \pm 0,48	7,34 \pm 0,74
		Беспахотанный пар	12,36 \pm 0,28	5,45 \pm 0,11	6,92 \pm 0,28
Учхоз ПГСХА	Чернозем выщелоченный	Залежь	23,70 \pm 1,18	18,10 \pm 0,7	5,6 \pm 0,49
		Беспахотанный пар	18,74 \pm 0,71	12,31 \pm 0,7	6,43 \pm 0,48

При этом наибольшее абсолютное и относительное уменьшение содержания $S_{лгк}$ - соответственно на 0,26 и 60,5% произошло в Стрелецкой сте-

пи. В результате этого под действием распашки и при отсутствии поступления растительных остатков в почву отношение Слгк /Слфк достоверно снизилось (табл.2).

При сопоставлении вариантов бессменного пара с вариантами опытов, занятых растительностью, по показателям Слгв, Слгк и Слфк (% от Сорп почвы, табл. 3) отмечаются те же закономерные различия, что и по этим же показателям, рассчитанным в % от массы почвы (табл. 2). Однако, эти отличия выражены в первом случае менее резко, чем во втором.

Следует так же отметить более высокую пространственную вариабельность Слгв, Слгк и С лфк на вариантах черноземов, занятых растительностью, по сравнению с таковой, зафиксированной на вариантах с бессменным паром.

ГЛАВА 4. СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ

4.1 Воздушно-сухие агрегаты

Проблема почвенной структуры является предметом острой дискуссии в течение многих десятилетий. Это обусловлено как самим определением структуры почвы (Вильямс, 1937; Качинский, 1958; Дояренко, 1963; Воронин, 1986; Шеин, 1996), так и ее ролью в формировании и устойчивости почв и почвенного плодородия (Роде, 1955; Ревут, 1965; Качинский, 1965). В то же время положительная роль структуры признается большинством как отечественных, так и зарубежных исследователей.

При длительном сельскохозяйственном использовании черноземных почв происходит существенное ухудшение их физических свойств, и, в первую очередь, разрушение агрономически ценной структуры (Адерихин, Королев, 1987; Королев, 1987; Кудзин, 1963; Похидько, 1989; Усъяров, 2003).

Одним из основных факторов разрушения структуры является интенсивная обработка почвы, которая улучшает аэрацию и вызывает ускоренную минерализацию органического вещества, являющегося одним из основных факторов сохранения почвенной структуры.

В проведенных нами исследованиях установлено, что выход воздушно-сухих агрегатов из черноземных почв в наибольшей степени различался между вариантами по составу частиц размером >5 , 5-3 и 3-1 мм. Вне зависимости от подтипа чернозема наибольший выход агрегатов размером > 5 мм выявлен в образцах с бессменным парованием (рис.2, табл.4). При этом наибольшие различия между вариантами отмечены в черноземе типичном (25,4%) Петринского опорного пункта.

В отношении агрегатов размером 5-3 и 3-1 мм выявлена противоположная тенденция - в почвах, занятых растительностью, содержание агрегатов выше по сравнению с таковым под бессменным паром на 6,9 -8,6 % соответственно. В

составе агрегатов меньшего размера различия между способами использования черноземов и объектами исследования незначительны.

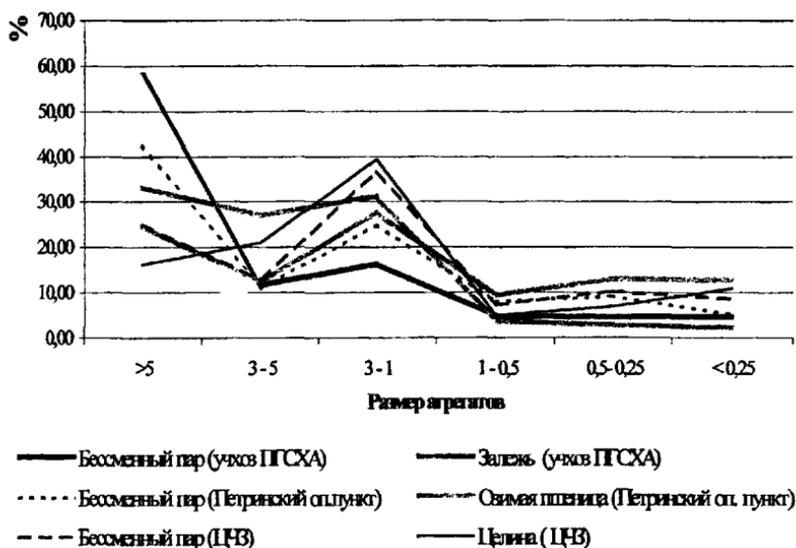


Рис.2. Выход воздушно-сухих агрегатов на различно используемых черноземах, % (по медианам).

Количество фракции меньше 0,25 мм, вне зависимости от характера использования, значительно выше в типичном черноземе (5,3 - 12,4%), по сравнению с черноземом выщелоченным. Наряду с этим следует отметить, что при бессменном паровании типичного чернозема наблюдается достоверное снижение содержания этой фракции, как по отношению к целине, так и по отношению к монокультуре озимой пшеницы. Однако, на черноземе выщелоченном отмечается противоположная картина: в условиях бессменного пара содержание фракции < 0,25 мм достоверно выше, чем таковой на залежи.

4.2 Водоустойчивые агрегаты черноземных почв

Определение водоустойчивости почвенных агрегатов, полученных из воздушно-сухих агрегатов различного размера, (5-3 мм и 3-1 мм) позволило выявить следующую картину (рис. 3 , табл.5-6).

В необработываемых почвах (залежь и целина) основное количество водоустойчивых агрегатов - 73 - 84 и 79 - 80% соответственно для агрегатов 5 - 3 и 3 - 1 мм, полученных при сухом просевании, находилось в агрегатах такого же размера. Распашка почвы и длительное использование чернозема типичного под монокультурой озимой пшеницы вызывали снижение по от-

ношению к целине количества водопрочных агрегатов соответствующего размера на 2,2 - 8,9%.

Наиболее сильно характер использования почвы проявился на общем количестве водоустойчивых агрегатов. В необрабатываемых почвах (целина и залежь) суммарное количество водоустойчивых агрегатов, полученных при анализе из воздушно-сухих агрегатов размером 5-3 мм составило 92,3 - 94,9%, а при содержании этих почв под паром - только 44,7 - 65,8%. При использовании для анализа водоустойчивых исходных агрегатов размером 3 - 1 мм эти величины составляли соответственно 87,6 - 88,6 и 40,9 - 46,0%.

Использование чернозема типичного под монокультуру озимой пшеницы вызывало снижение по отношению к целине количества водопрочных агрегатов до 53,1 - 56,3% от массы фракции. Применение на этой же почве бес-сенного парования снизило количество водоустойчивой фракции до 38,8 - 35,9%.

Попарное сравнение вариантов с бессенными парами с таковыми, занятыми растительностью, показало, что первые характеризуются более высоким выходом водонеустойчивых агрегатов (<0,25 мм), чем вторые.

ГЛАВА 5. СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ВОЗДУШНО-СУХИХ И ВОДОПРОЧНЫХ АГРЕГАТАХ

В связи с оценкой роли органического вещества в формировании почв и их плодородия многими исследователями проводилась попытка выявления связи между размером структурных агрегатов и содержанием в них органического углерода (Baver, 1935; Саввинов, 1936; Martin, 1941; Elson, 1943; Келлерман, 1959; Хан, 1969; Медведев, 1994; Кузнецова, 1996)

Большинством ученых связь между размерами воздушно-сухих агрегатов и содержанием в них гумусовых веществ не выявлена.

Подобный вывод вытекает и из наших экспериментальных результатов (табл. 7). В то же время анализ данных показал, что на всех вариантах, занятых растительностью, практически не отмечается закономерных различий в содержании органического углерода между макроагрегатами и фракцией < 0,25 мм. Однако, на трех вариантах с бессенным парованием почвы содержание органического углерода во фракции меньше 0,25 мм в основном достоверно ниже, чем таковое в макроагрегатах почв.

Наряду с вышеизложенным следует отметить, что характер распределения содержания органического углерода во всех фракциях исследуемых почв подчиняется нормальному закону.

Использование методики Д. В. Хана (1969) для оценки роли органического углерода в формировании водопрочной структуры позволило выявить, что содержание органического углерода в исследуемых агрегатах почвы распределяется вполне закономерно: по мере уменьшения размера агрегатов на исследованных нами черноземах содержание органического углерода неизменно падает.

Таблица 4

Структурный состав черноземных почв различных способов использования

Объект	Подтип чернозема	Характер использования	Размер воздушно-сухих агрегатов, мм					
			> 5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25
			Содержание агрегатов, % $\bar{x} \pm S_x$					
ЦЧЗ	чернозем типичный	Целина	16,85±1,98	21,27±0,92	39,33±0,86	4,95±0,41	6,75±0,31	10,85±0,44
		Бессменный пар	25,70±2,78	12,40±0,46	36,20±2,96	7,20±0,37	10,10±0,59	8,40±0,72
Петринский опорный пункт	чернозем типичный	Озимая пшеница	25,70±3,00	12,40±0,67	27,5±1,51	9,30±0,45	12,70±1,09	12,40±0,67
		Бессменный пар	41,70±4,13	10,80±0,41	25,00±2,07	8,00±0,61	9,20±0,84	5,30±0,80
учхоз ПГСХА	чернозем выщелоченный	Залежь	32,26±2,84	26,83±1,46	31,88±2,09	3,67±0,51	2,97±0,98	2,39±0,78
		Бессменный пар	57,64±3,35	11,51±0,95	16,70±2,39	4,80±0,33	4,60±0,11	4,75±0,42

Таблица 5

Содержание водоустойчивых агрегатов, полученных из воздушно-сухих агрегатов черноземных почв размера 5-3 мм, %

Объект	Подтип чернозема	Характер использования	Размер водопрочных агрегатов, полученных при мокром просеивании сухих агрегатов 5-3 мм					$\Sigma > 0,25 \text{ мм}$
			5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25	
			Содержание агрегатов, % $\bar{x} \pm S_x$					
ЦЧЗ	чернозем типичный	целина	84,00±2,50	6,27±1,31	2,70±0,50	1,97±0,29	5,10±0,82	94,90
		Бессменный пар	0,60±0,14	5,98±0,66	12,65±3,97	25,45±2,35	55,33±2,36	44,67
Петринский опорный пункт	чернозем типичный	Озимая пшеница	2,25±0,44	12,20±2,83	16,65±2,16	25,22±3,10	43,68±5,90	56,32
		Бессменный пар	—	2,10±0,95	9,00±0,22	24,80±0,08	64,10±0,03	35,90
учхоз ПГСХА	чернозем выщелоченный	Залежь	72,95±3,52	13,01±2,73	3,90±0,76	2,46±0,30	7,68±0,81	92,32
		бессменный пар	2,80±0,28	35,90±3,02	12,83±1,84	15,50±1,00	34,20±1,56	65,84

Таблица 6

Содержание водоустойчивых агрегатов, полученных из воздушно-сухих агрегатов черноземных почв размера 3-1 мм, %

Объект	Подтип чернозема	Характер использования	Размер водопрочных агрегатов, полученных при мокром просеивании сухих агрегатов 3-1 мм				$\Sigma > 0,25 \text{ мм}$
			3-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25	
			Содержание агрегатов, % $\bar{x} \pm S_x$				
ЦЧЗ	Чернозем типичный	целина	79,80±4,55	5,25±2,74	2,60±1,00	12,35±5,27	87,65
		бессменный пар	4,70±1,47	9,83±1,36	26,38±5,10	59,10±6,28	40,90
Петринский опорный пункт	Чернозем типичный	озимая пшеница	8,90±1,24	16,90±0,68	27,28±1,32	46,92±2,76	53,08
		бессменный пар	1,40±1,43	8,00±0,25	29,40±0,07	61,20±0,03	38,80
учхоз ПГСХА	Чернозем выщелоченный	Залежь	79,40±6,17	5,75±2,44	3,47±0,86	11,38±4,35	88,62
		бессменный пар	15,35±1,38	16,66±1,59	23,00±1,51	44,99±3,12	55,01

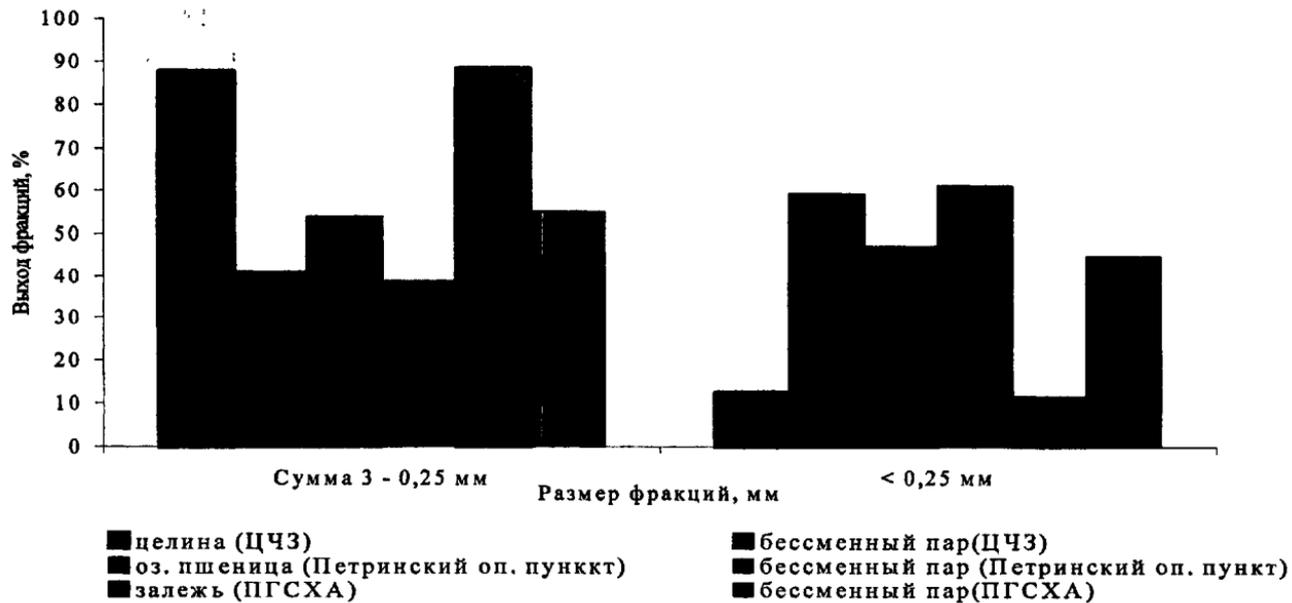


Рис.3. Выход водоустойчивых Σ (3-0,25 мм) и водонеустойчивых (<0,25 мм) фракций на различно используемых черноземах, %

Таблица 7

Содержание органического углерода в воздушно-сухих агрегатах

Объект	Характер использования	Размер агрегатов, мм					
		>5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
		Содержание Сорг, %					
ЦЧЗ	целина	4,00	4,97	4,75	4,72	4,76	4,84
	бессменный пар	2,97	3,00	2,87	2,84	3,04	2,73
Петринский опорный пункт	озимая пшеница	3,63	3,61	3,48	3,59	3,54	3,56
	бессменный пар	2,86	2,81	2,70	2,77	2,76	2,58
Учхоз ПГСХА	залежь	4,57	4,48	4,36	4,60	5,02	5,05
	бессменный пар	4,54	4,31	4,34	4,48	4,65	4,28

Наименьшее содержание органического углерода отмечается в водонестойчивых фракциях < 0,25 мм. Наиболее резко по содержанию органического углерода различаются агрегаты размером 5-3 и 3-1 мм, (рис. 4) полученные при мокром просеивании, и фракции < 0,25 мм, при этом первые содержат больше органического углерода по сравнению с неводоустойчивыми агрегатами.

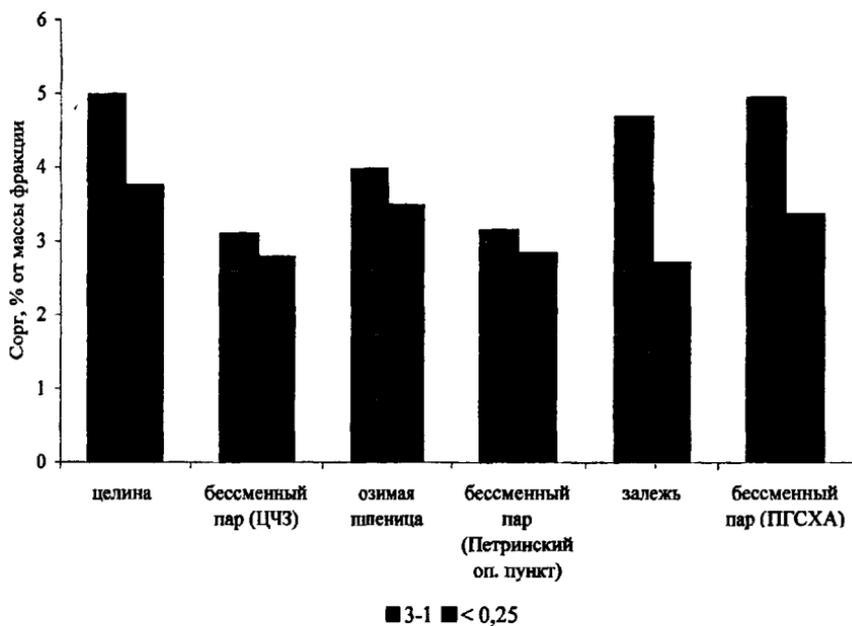
Таблица 8

Содержание органического углерода в водопрочных фракциях, полученных при мокром просеивании сухих агрегатов 5-3 мм, %

Объект	Характер использования	Размер водопрочных агрегатов, мм				
		5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
		Содержание Сорг, %				
ЦЧЗ	целина	4,47	4,15	4,15	4,41	4,40
	бессменный пар	3,30	2,76	2,89	3,01	2,93
Петринский опорный пункт	озимая пшеница	4,07	3,94	3,96	3,76	3,38
	бессменный пар	-	3,08	3,11	3,00	2,79
Учхоз ПГСХА	залежь	4,76	3,99	3,59	3,51	3,59
	бессменный пар	4,66	4,60	4,78	4,38	3,27

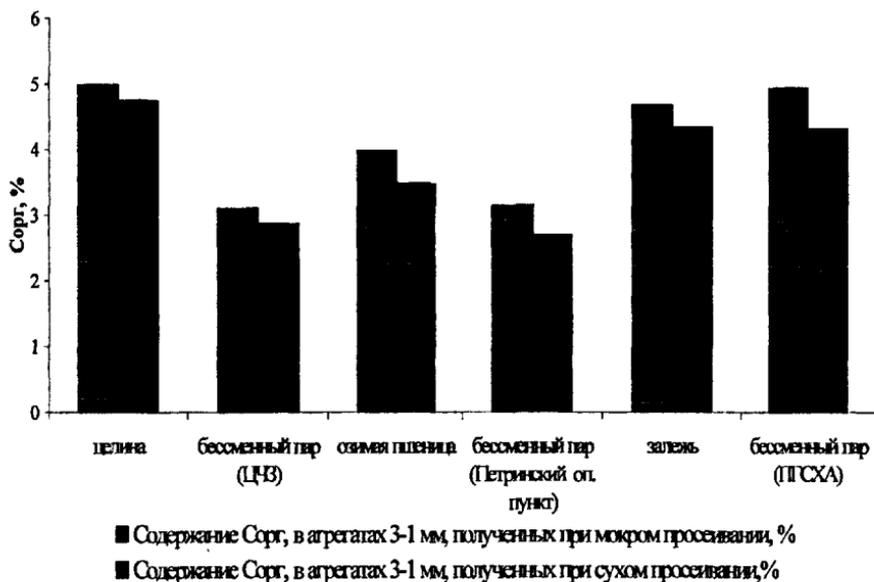
Содержание органического углерода в водопрочных фракциях, полученных при мокром просеивании сухих агрегатов 3-1мм, %

Объект	Характер использования	Размер водопрочных агрегатов, мм			
		3-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
		Содержание Сорг, %			
ЦЧЗ	целина	4,99	4,49	4,39	3,76
	бессменный пар	3,10	3,29	3,12	2,79
Петринский опорный пункт	озимая пшеница	3,98	3,86	3,86	3,49
	бессменный пар	3,15	2,98	2,89	2,84
Учхоз ПГСХА	залежь	4,69	3,98	3,24	2,71
	бессменный пар	4,95	5,28	4,59	3,37



$$t_{05\text{факт}} = 3,39 > t_{05\text{теор}} = 2,57$$

Рис.4. Содержание органического углерода во фракциях, полученных при мокром просеивании сухих агрегатов 3-1 мм, %



$$t_{05} \text{ факт} = 6,5 > t_{05} \text{ теор} = 2,57$$

Рис.5. Содержание органического углерода во фракциях 3-1 мм, полученных при сухом и мокром просеивании, %

На основании этого обстоятельства можно предположить, что количественное содержание органического вещества почвы имеет определенное влияние на водопрочность агрегатов почвы (табл. 8, 9). При этом в агрегатах большего размера (соответственно 5-3 и 3-1 мм) его количество на 25-32 относительных процента больше, по сравнению с фракцией $< 0,25$ мм.

При сравнении содержания органического углерода в макроагрегатах размером 3 - 1 мм, полученных при сухом и мокром просеивании (рис. 5) выявлена следующая закономерность: в водоустойчивых агрегатах содержание органического углерода достоверно выше, чем в воздушно-сухих.

ГЛАВА 6. СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ЛАБИЛЬНЫХ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУШНО-СУХИХ И ВОДОПРОЧНЫХ АГРЕГАТАХ

6.1 Воздушно-сухие агрегаты

Характер варьирования лабильных гумусовых веществ по фракциям различного размера в черноземе выщелоченном в учхозе ПГСХА и черноземе типичном на Петринском опорном пункте в основном подчиняется нормальному распределению. Чернозем типичный в Стрелецкой степи (и в особенности целинный аналог) характеризуется существенным отклонением от нормального, как по содержанию лабильных гумусовых веществ, так и их компонентов. Выявлено различное влияние подтипа чернозема и характера его использования на распределение групп гумусовых веществ по почвенным фракциям

Наибольшие значения $C_{лгк}/C_{лфк}$ – 2,44 - 3,42 характерны для выщелоченного чернозема, наименьшие – 0,88 - 1,14 – для типичного чернозема.

Содержание лабильных гумусовых веществ в агрегатах 3-1 мм и во фракции < 0,25 мм полученных при сухом просеивании, увеличивалось на вариантах опытов в следующей последовательности: Петринский опорный пункт (пар) < ЦЧЗ (пар) < Петринский опорный пункт (озимая пшеница) < учхоз ПГСХА (пар) < ЦЧЗ (целина) < учхоз ПГСХА (залежь). Разница между максимальным и минимальным содержанием $C_{лгк}$ составляла 223 и 327 % соответственно для агрегатов размером 3 - 1 мм и фракции < 0,25 мм (табл. 10).

Вне зависимости от размера фракций, полученных при сухом просеивании, содержание лабильных гумусовых веществ на вариантах, занятых растительностью на всех объектах выше, чем в парующей почве, на 36-151%. Ранее (табл. 2) нами выявлена аналогичная тенденция и для почвы в целом.

В условиях целины и залежи, т. е. на черноземах, не подверженных обработке, содержание лабильных гумусовых веществ в агрегатах разного размера неодинаково: при снижении размера фракций с 3-1 мм до < 0,25 мм оно возрастает на 15,9 и 40,5% соответственно.

Анализ качественного состава лабильных гумусовых веществ воздушно-сухих фракций выщелоченного чернозема показывает, что отношение $C_{лгк}/C_{лфк}$ в агрегатах размером 3-1 мм и фракции < 0,25 мм на бессменном пару примерно одинаковое, а на залежи оно выше на 1,0 ед. в агрегатах этого же размера, чем во фракции менее 0,25.

В черноземе типичном ЦЧЗ на целине и в пару различия по общему содержанию лабильных гумусовых кислот, гуминовых и фульвокислот между агрегатами размером 3-1 и < 0,25 мм незначительны. Подобная закономерность отмечается для вариантов типичного чернозема Петринского опорного пункта между агрегатами размером 3-1 мм и фракцией < 0,25 мм.

Таблица 10

Содержание и состав ЛГВ в воздушно-сухих агрегатах 3-1 мм и фракции < 0,25 мм черноземных почв

Размер фракций, мм	Общее содержание Сорг	В составе гумуса						Слгк/Слфк
		Слгв		Слгк		Слфк		
		% к массе фракц.	% от Сорг	% к массе фракц.	% от Сорг	% к массе фракц.	% от Сорг	
ЦЧЗ								
Целина								
Почва в целом	4,57	0,91	19,68	0,43	9,41	0,47	10,27	0,91
3-1	4,75	0,86	17,96	0,44	9,16	0,42	8,86	0,91
< 0,25	4,84	0,91	18,74	0,43	8,83	0,48	9,91	0,89
Бесменный пар								
Почва в целом	2,89	0,39	13,34	0,17	5,88	0,22	7,47	0,77
3-1	2,87	0,36	12,60	0,19	5,82	0,17	5,81	1,12
< 0,25	2,73	0,36	13,18	0,19	5,78	0,17	6,15	1,12
Петринский опорный пункт								
Озимая пшеница								
Почва в целом	3,67	0,49	13,40	0,22	6,06	0,27	7,34	0,81
3-1	3,48	0,46	13,44	0,22	6,25	0,25	7,20	0,88
< 0,25	3,56	0,45	12,74	0,24	6,74	0,21	5,99	1,14
Бесменный пар								
Почва в целом	2,81	0,35	12,36	0,15	5,45	0,19	6,92	0,79
3-1	2,70	0,33	12,46	0,17	6,12	0,17	6,33	1,00
< 0,25	2,58	0,33	12,86	0,16	6,04	0,17	6,81	0,94
учхоз ПГСХА								
Залежь								
Почва в целом	4,48	1,06	23,70	0,81	18,10	0,25	5,60	3,24
3-1	4,36	1,06	24,60	0,82	19,1	0,24	5,50	3,42
< 0,25	5,05	1,41	28,03	1,00	19,91	0,41	8,12	2,44
Бесменный пар								
Почва в целом	4,31	0,81	18,74	0,53	12,31	0,28	6,43	1,90
3-1	4,34	0,74	16,97	0,47	10,89	0,26	6,08	1,80
< 0,25	4,28	0,81	18,99	0,51	11,92	0,30	7,10	1,70

6.2 Водоустойчивые агрегаты

При анализе органического вещества водоустойчивых агрегатов черноземов, полученных из воздушно-сухих агрегатов размером 3-1 мм, выявлена тенденция снижения, как общего количества лабильных гумусовых веществ, так и лабильных гуминовых и фульвокислот по мере уменьшения размеров агрегатов в почвах, занятых растительностью.

Содержание лабильных гумусовых веществ и лабильных гуминовых кислот на вариантах черноземов, занятых естественной и культурной растительностью, в водонестойчивых фракциях ($< 0,25$ мм) достоверно ниже, чем в водоустойчивых агрегатах 3-1 мм (табл.11). Подобного явления для вариантов с бесменным паром не наблюдалось.

В черноземе выщелоченном парового участка максимальное количество **Слгв** ≈ 970 мг/100 г фракции обнаружено в агрегатах размером 3-1 мм. При уменьшении их размера до 1 - 0,5 и 0,5 - 0,25 мм содержание Слгв снижалось на 0,8 - 6,0 относительных %, а во фракции $< 0,25$ - на 3,5 относительных %. В отношении **Слгк** выявлено снижение по мере уменьшения размера водоустойчивых фракций с 740 мг/100 г фракции на 23,8 - 25,6-31,3 относительных %. соответственно. Содержание фульвокислот, наоборот, возрастало с 230 мг/100 г фракции на 71,4 -55,6-83,8 относительных %.

В целинном черноземе типичном Стрелецкой степи по мере снижения размера агрегатов с 3-1 до 1-0,5, 0,5 - 0,25 и $< 0,25$ мм содержание Слгв уменьшалось на 1,0-20,8 - 0,1 относительных %, **Слгк** - на 0,8 - 27,1 - 24,3 относительных %, **Слфк** - на 1,1 -15,5-14,8 относительных % соответственно.

В залежном участке учхоза ПГСХА максимальное количество лабильных гумусовых веществ 1190 мг С/100г фракции выявлено для агрегатов размером 3-1 мм (таблица 11). В агрегатах размером 1- 0,5; 0,5 - 0,25; и $< 0,25$ мм этого варианта их количество соответственно ниже на 23,9; 37,8; и 43,1 относительных % соответственно.

Аналогичная зависимость характерна и для лабильных гуминовых кислот, количество которых по мере уменьшения размера агрегатов снижалось с 970 мг С/100 г фракции на 46,1 - 60,5 - 67,7% соответственно.

Чернозем типичный Петринского опорного пункта характеризуется минимальным содержанием лабильных гумусовых веществ в водоустойчивых агрегатах по сравнению с другими изученными объектами.

Наряду с этим, тенденции, выявленные для других вариантов, занятых растительностью сохраняются и здесь: в почве под озимой пшеницей количество лабильных гумусовых веществ по мере уменьшения размера агрегатов снижается.

Отношение **Слгк/Слфк**, в среднем по объектам, занятых растительностью, снижается с 1,49 до 0,86.

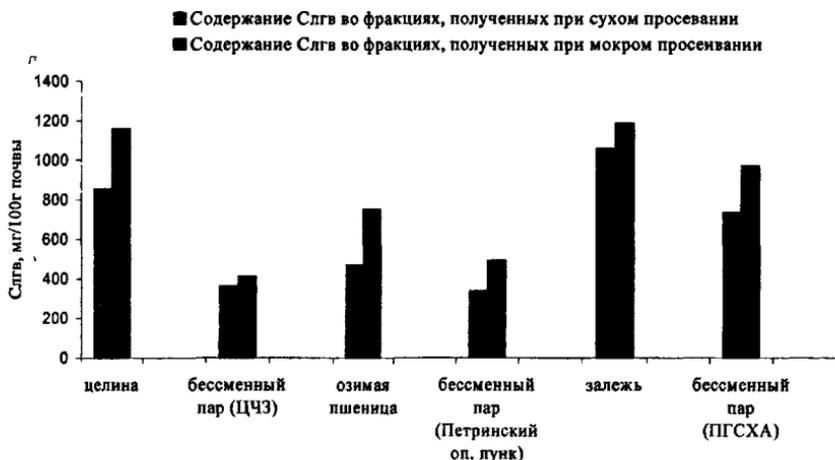
При сравнении фракций 3-1 мм (рис. 6), полученных при сухом и мокром просеивании, установлено, что содержание органического углерода лабильных

Таблица 11

Содержание органического углерода лабильных гумусовых веществ в
водопрочных агрегатах черноземов

Объ- ект	Харак- тер ис- пользо- вания	Размер агрегатов	Слгв		Слгк		Слгк/ Слфк
			% к мас- се фрак- ции	% от Сорг фракции	% к массе фракции	% от Сорг фракции	
ЦЧЗ	Целина	3-1	1,16	23,2	0,53	10,6	0,8
		1-0,5	1,15	25,6	0,53	11,7	0,9
		0,5-0,25	0,92	20,9	0,39	8,8	0,7
		<0,25	0,93	24,6	0,39	10,4	0,7
	Бессме нный пар	3-1	0,41	13,2	0,18	5,7	0,8
		1-0,5	0,57	17,2	0,23	6,8	0,7
		0,5-0,25	0,50	15,9	0,22	7,1	0,8
		<0,25	0,55	19,7	0,24	8,6	0,8
Петри некий опор- ный пункт	Озимая пше- ница	3-1	0,75	18,8	0,35	8,8	0,9
		1-0,5	0,70	18,2	0,30	7,7	0,7
		0,5-0,25	0,59	15,3	0,28	7,2	0,9
		<0,25	0,46	13,2	0,25	7,2	1,2
	Бессме нный пар	3-1	0,50	15,8	0,23	7,3	0,9
		1-0,5	0,47	15,7	0,21	6,9	0,8
		0,5-0,25	0,39	13,5	0,20	6,9	1,1
		<0,25	0,43	15,1	0,20	7,0	0,9
Учхоз ПГС ХА	Залежь	3-1	1,19	25,4	0,97	20,7	4,4
		1-0,5	0,91	22,9	0,51	12,81	1,3
		0,5-0,25	0,74	22,8	0,38	11,7	1,1
		<0,25	0,68	25,1	0,31	11,4	0,8
	Бессме нный пар	3-1	0,97	19,60	0,74	14,95	3,2
		1-0,5	0,97	18,37	0,56	10,6	1,4
		0,5-0,25	0,92	19,9	0,55	12,0	1,5
		<0,25	0,94	27,9	0,51	15,1	1,2

гумусовых веществ в водоустойчивой фракции 3-1 мм больше, чем во фракции 3-1 мм, полученной при сухом просеивании. Ранее (рис. 5) нами выявлена аналогичная тенденция и для водоустойчивых агрегатов (3-1 мм), полученных при мокром просеивании, по органическому углероду.



$$t_{05\text{факт}} = 4,85 > t_{05\text{теор}} = 2,57$$

Рис.6. Содержание Слгв в агрегатах 3-1 мм, полученных при сухом и мокром просеивании

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Органическое вещество почвы и его компоненты играют важную роль в формировании водопрочной структуры черноземов. Анализ экспериментальных результатов по содержанию и составу органического вещества агрономически ценных агрегатов типичных черноземов Курской области и выщелоченных черноземов Пензенской области подтвердил это фундаментальное теоретическое положение.

На основании проведенных исследований структурных особенностей агрегатов целинного, залежного и пахотных черноземов была установлена существенная роль, как общего органического углерода, так и органического углерода лабильных гумусовых веществ в образовании водоустойчивых агрегатов.

Ранее (Когут, 1996) было показано, что содержание лабильных гумусовых веществ, извлекаемых из почвы непосредственно 0,1 н раствором NaOH, формируется из двух источников: 1) новообразованного гумуса растительных остатков: 2) деградированных "старых" гумусовых веществ, поступающих из 2-ой по Тюрину фракции, связанной с Ca^{2+} (Шевцова, Володарская, 1991).

Следует полагать, что адгезионные свойства (клеящая способность) новообразованных гумусовых веществ выражены сильнее, чем таковые деградиро-

ванных "старых" гумусовых веществ. Подтверждением этого может служить тот факт, что водоустойчивые агрегаты 3-1 мм вариантов, занятых растительностью, более обогащены лабильными гумусовыми веществами, чем таковые фракции < 0,25 мм. Для вариантов с бессменным паром подобная закономерность не всегда соблюдается, т. к. их лабильные гумусовые вещества состоят в основном из фрагментов "старых" гумусовых веществ со слабо выраженными адгезионными свойствами.

Таким образом, в составе органического вещества почвы наряду с новообразованными гумусовыми веществами, обладающими повышенными адгезионными свойствами, но, к сожалению, плохо селективно выделяемыми, могут присутствовать и другие органические и гумусовые вещества с подобными свойствами.

На наш взгляд, поиск по выявлению компонентов органического вещества, ответственных за формирование водопрочной структуры черноземов, необходимо продолжить на основе физических и биологических методов.

ВЫВОДЫ

1. Длительное бессменное парование типичного чернозема в условиях Курской области приводит к резкому снижению содержания гумуса по отношению к некосимой степи, стабилизируясь на минимальном уровне, составляющем - 2,9 Сорг % от массы почвы.

В условиях Пензенской области снижение содержания гумуса при 4-х летнем паровании выщелоченного чернозема по отношению к залежи было незначительным, и составило около 4 относительных %.

2. Интенсивное падение содержания гумуса при распашке черноземов в первую очередь связано с потерей лабильных форм гумуса. Минимальное содержание лабильных гумусовых веществ и лабильных гуминовых кислот в условиях типичного чернозема Курской области зафиксировано на вариантах бессменного пара - 3500-3900 мгС/кг почвы и 1500-1700 мгС/кг почвы соответственно, а максимальное - на целине - 9100 мгС/кг почвы и 4300 мгС/кг почвы соответственно

3. Выявлено, что в результате сухого просеивания наиболее контрастные различия по выходу воздушно-сухих агрегатов между вариантами с парами и вариантами, занятыми растительностью, проявились на агрономически ценной фракции 3-1 мм. Эти различия колебались от 7,9 до 47,6%. Причем фракция 3-1 мм среди изученных агрономически ценных фракций характеризуется максимальным выходом.

4. Установлено, что содержание органического углерода в воздушно-сухих агрегатах черноземов на вариантах с чистым паром выше, чем таковое во фракции менее 0,25 мм. На вариантах черноземов, занятых естественной и культурной растительностью, определенной закономерности в распределении органического углерода по агрегатам и фракциям не отмечается.

5. Показано, что с уменьшением размера водоустойчивых агрегатов черноземов (полученных при сухом просеивании агрегатов 5-3 мм и 3-1 мм)

содержание органического углерода в них закономерно снижается. Неводоустойчивая фракция < 0,25 мм содержит минимальное количество органического углерода.

6. Выявлено, что содержание лабильных гумусовых веществ и лабильных гуминовых кислот на вариантах черноземов, занятых естественной и культурной растительностью, в неводоустойчивых фракциях (< 0,25 мм) достоверно ниже чем в водоустойчивых агрегатах 3-1 мм.

7. Установлено, что содержание органического углерода и органического углерода лабильных гумусовых веществ в водоустойчивой фракции 3-1 мм больше чем во фракции 3-1 мм, полученной при сухом просеивании.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. Гришнина Ю.В., Сысуев С.А., Проничкин Е.В., Лисенков Д.В., Надежкин С.М. Влияние органического вещества на структуру почвы /Проблемы повышения эффективности сельскохозяйственного производства в XXI веке.//Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. Пенза.2002. С.35-36.

2. Сысуев С.А., Когут Б.М., Надежкин С.М. Содержание общего углерода в агрегатах черноземных почв./ Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства, т.1./Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. Пенза.2002.С.184-186.

3. Сысуев С.А., Когут Б.М., Бойко О.С. Содержание органического углерода в водопрочных агрегатах почв/ Проблемы плодородия почв на современном этапе развития /Материалы конференции Пензенской ГСХА. Пенза. 2002. С37-39.

4. Kogut B. M., Sysuev S. A., Nadyozhkin S. M. Content and composition of organic matter in aggregates and non-aggregates fraction of chernozems. Abstracts International Workshop on "Practical solutions for managing optimum C and N content in agricultural soils", II, Prague, 2003, p.50.

5. Когут Б.М., Сысуев С.А., Надежкин С.М. Содержание и состав органического вещества агрегатов черноземов. /Материалы третьего международного симпозиума "Степи Северной Евразии. Эталонные степные ландшафты: проблемы охраны, экологической реставрации и использования"// Оренбург.2003.ИгаеГазпромпечатать"С277-278.

6. Когут Б.М., Масютенко Н.П., Шульц Э., Киселева О.В., Дубовик Е.В., Сысуев С.А. Органическое вещество агрегатов черноземов./Агроэкологическая оптимизация земледелия//Сборник докладов Международной научно-практической конференции, Курск, 2004.С.418-420.

7. Масютенко Н.П., Когут Б.М., Шульц Э., Киселева О.В., Сысуев С.А. Органическое вещество агрегатов черноземов; содержание, состав, природа./ Почвы - национальное достояние России// Материалы IV съезда ДОП, книга 1, Новосибирск, 2004. С535.

Принято к исполнению 22/04/2005
Исполнено 25/04/2005

Заказ № 782
Тираж: 100 экз..

ООО «11-й ФОРМАТ» ИНН 7726330900
Москва, Балаклавский пр-т, 20-2-93
(095) 747-64-70
www.autoreferat.ru

07 MAY 2005

645