

рументальной базы для его исследований: дис. ... канд. с.-х. наук / А.Г. Болотов. – 2003. – 148 с.

3. Макарычев С.В. Теплофизические основы мелиорации почв / С.В. Макарычев. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 280 с.

4. Церлинг В.В. Применение удобрений на дерново-подзолистых почвах: учеб. пособие / В.В. Церлинг, И.Г. Важенин. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1954. – 205 с.



УДК 631.445

**Н.В. Семендяева,
Л.А. Ковешникова,
Т.Н. Крупская**

ВОДОПРОЧНОСТЬ СТРУКТУРЫ И СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ЧЕРНОЗЕМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ В РАЗЛИЧНЫХ СЕВООБОРОТАХ

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, севообороты, комплексная химизация, структурный состав, агрегаты, водопрочность, гумус.

Введение

Состояние и запасы гумуса в почвах являются основным критерием оценки почвенного плодородия. В последнее время значение гумуса принято рассматривать с точки зрения экологической устойчивости почв как компонента биосферы [1, 2]. Между содержанием гумуса и структурностью почвы существуют тесная зависимость и взаимообусловленность, которая четко проявляется в научно обоснованных системах земледелия. Наиболее важным звеном в этих системах является севооборот.

Важное практическое значение хорошей оструктуренности почвы (т.е. образование в ней преимущественно агрономически ценных агрегатов) состоит в том, чтобы в почве при механической обработке создавались благоприятные условия для развития растений и живых организмов. Существенна и важна также способность почвы длительно сохранять данное состояние, что может быть оценено водопрочностью почвенных агрегатов.

Цель исследований – выявить взаимосвязь между содержанием гумуса и водопрочностью структурных агрегатов в черноземах выщелоченных Новосибирского Приобья в различных севооборотах

под заключительной культурой – ячменем.

В связи с этим были поставлены следующие задачи исследований: 1) изучить структурный и агрегатный состав черноземов выщелоченных в различных севооборотах под заключительной культурой – ячменем; 2) определить общее содержание гумуса в почве и во фракциях агрегатов (от 10 до 0,25 мм включительно); 3) выявить взаимосвязь между содержанием гумуса и структурностью черноземов выщелоченных в севооборотах.

Материалы и методы

Исследования проведены на Центральном опытном поле Сибирского НИИ земледелия и химизации в ОПХ «Элитное» Новосибирского района НСО, расположенном в Приобском агроландшафтном районе в севооборотах, заложенных в 1996 г. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднеспелый среднегумусный среднесуглинистый. Поля изучаемых севооборотов площадью 475 м² размещены рендомизированно по блокам в 6 ярусов в 3-кратной повторности. Изучались два уровня: 1) контроль (фон 0) и 2) применение удобрений и средств защиты растений (комплексная химизация (фон К). Удобрения в виде аммиачной селитры и двойного суперфосфата вносили осенью под основную обработку – фосфорные – в запас на ротацию севооборота из расчета 30 кг/га действующего вещества под

культуру. Азотные удобрения под пшеницу в 1998-2000 гг. вносили в дозе N_{60} по всем предшественникам, кроме пара. С 2000 г. дозу азотных удобрений стали рассчитывать по результатам почвенной диагностики: под пшеницу, размещенную по ячменю, овсу, озимой ржи и второй культуре после пара, вносили N_{140} , после вико-овса – N_{100} . В качестве основной обработки почвы проводили осеннее глубокое безотвальное рыхление стойками конструкции СибИМЭ на глубину 25-27 см. Уборку урожая зерновых культур вели комбайном «Сампо» с дроблением и оставлением соломы в поле. Почвенные образцы отбирались в 2007 г. под заключительной культурой ячменем после третьей ротации в следующих севооборотах: 1) зернопаровой (пар-пшеница-пшеница); 2) зерновой (пшеница-овес-пшеница-ячмень), а также под бессменной пшеницей.

Почвенные образцы отбирались на глубину 100 см по слоям 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 см в трехкратной повторности. Для выявления пестроты свойств почвенного покрова и проведения математической обработки анализировался каждый индивидуальный образец. Статистическая обработка проведена с помощью пакета прикладных программ SNEDEKOR [3]. Гумус определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), структурный и агрегатный состав чернозема выщелоченного – по методу Саввинова (сухое и мокрое просеивание), коэффициент структурности – расчетным способом по Вадюниной и Корчагиной [4, 5]. Исследования велись в образцах 0-10, 10-20, 20-40 см.

Результаты исследований

При сухом рассеве во всех изученных почвенных образцах преобладают фракции размером 2-1 и 5-3 мм. Содержание первых колеблется от 22,7-17,3%, вторых – от 14,5 до 11,4% (рис. 1, 2).

При этом различия по севооборотам между структурными агрегатами весьма значительны. В зернопаровом севообороте на варианте без удобрений (фон 0) содержание агрегатов $> 0,25$ мм в слое 0-10 см составляет 90,0%. С глубиной их количество снижается и в слое 20-40 см равно 83,4%. На варианте с комплексной химизацией (фон К) наблюдается обратная зависимость – с глубиной количество агрегатов $> 0,25$ мм возрастает с 82,9% в слое 0-10 см до 86,2% в слое 20-40 см,

т.е. в гумусовом слое зернопарового севооборота под ячменем на фоне комплексной химизации возрастает содержание структурных агрегатов по сравнению с нулевым фоном, что связано с большей урожайностью сельскохозяйственных культур и с большим поступлением органического вещества в почву. В зерновом севообороте отмеченная выше тенденция четко сохраняется – на нулевом фоне содержание структурных агрегатов $> 0,25$ мм с глубиной снижалось с 86,6% в слое 0-10 см до 79,8% в слое 20-40 см, а на фоне комплексной химизации существенно возрастало с 81,5 до 91,2% соответственно.

При мокром рассеве почвы в изучаемых севооборотах преобладают фракции $< 0,25$ мм (от 48,6 до 70,7%) и 0,5-0,25 мм (от 11,8 до 21,9%). При сравнении данных по севооборотам видно, что на долю фракции $> 0,25$ мм в горизонте 0-10 см зернопарового севооборота приходится 29,3%. С глубиной их водопрочность возрастает в слое 20-40 см до 41,1%. На фоне комплексной химизации в этом севообороте водопрочность агрегатов сохраняется практически в таких же пределах. Таким образом, минеральные удобрения и другие приемы химизации в зернопаровом, севообороте не оказывают влияния на водопрочность агрегатов. В зерновом севообороте содержание водопрочных структурных агрегатов несколько больше на контроле, чем в зернопаровом и их количество возрастает на фоне комплексной химизации.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что введенный в севооборот чистый пар способствует некоторому ухудшению оструктуренности черноземов выщелоченных, тогда как длительное применение комплексной химизации не вызывает ухудшение водопрочности структуры. Без чистого пара в зерновом севообороте водопрочность структуры возрастает, особенно на фоне комплексной химизации, о чем свидетельствуют рассчитанные коэффициенты структурности (рис. 3).

Коэффициент структурности вычислен по результатам сухого просеивания и представляет собой отношение количества агрегатов всех фракций от 0,25 до 10 мм в процентах к суммарному содержанию агрегатов меньше 0,25 и больше 10 мм [4]. Чем выше коэффициент структурности, тем лучше оструктурена почва. Наибольший коэффициент структурности в

слое 0-10 см установлен на нулевом фоне в зерновом севообороте. Наблюдается некоторая тенденция его повышения на варианте комплексной химизации. Однако

заметной разницы величины коэффициента структурности между севооборотами практически нет.

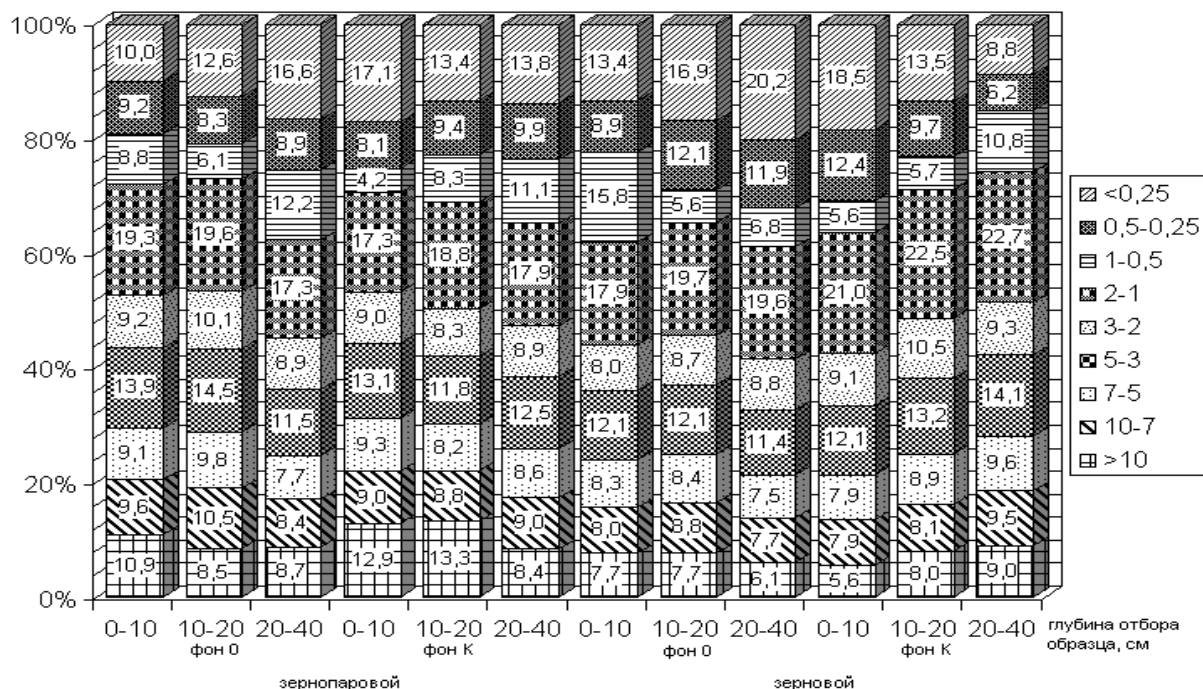


Рис. 1. Структурный состав гумусового слоя чернозема выщелоченного в различных севооборотах после ячменя (сухой рассев) (среднее из $n = 3$): НСР_{0,5} по фактору: А – тип севооборота – 0,8; В – уровень химизации – 1,0; С – глубина отбора образца – 0,8; D – размер структурной фракции – 1,7; ABCD – 6,0

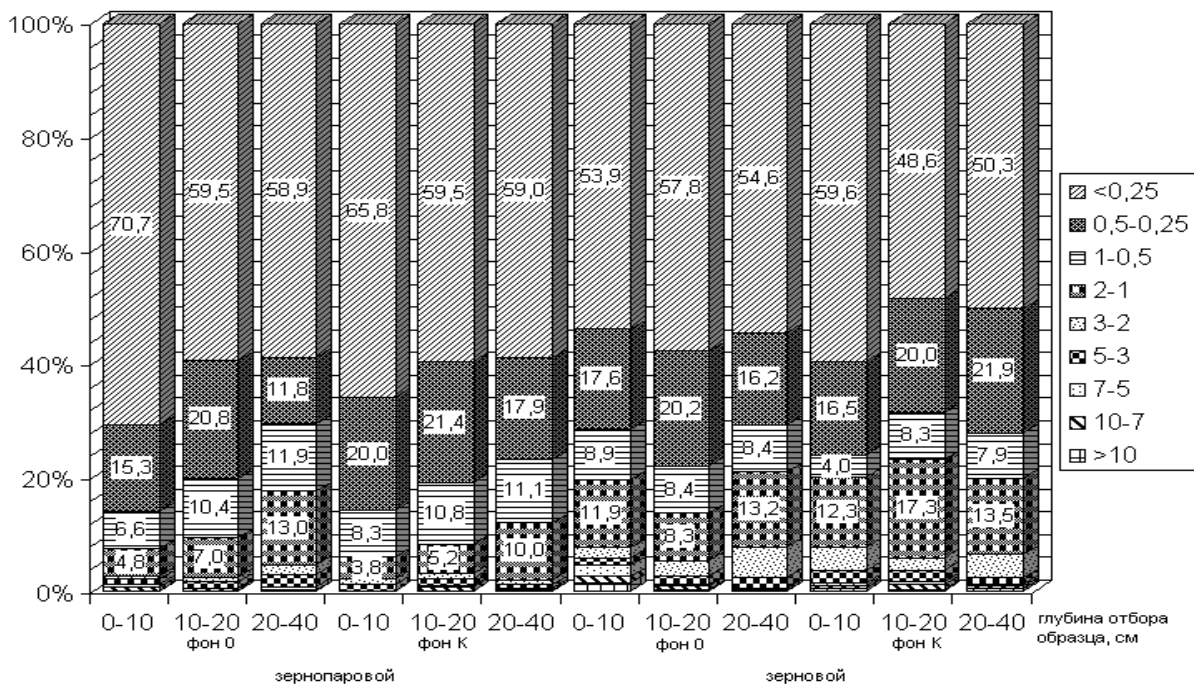


Рис. 2. Агрегатный состав гумусового слоя чернозема выщелоченного в различных севооборотах после ячменя (мокрый рассев) (среднее из $n = 3$): НСР_{0,5} по фактору: А – тип севооборота – 2,7; В – уровень химизации – 3,3; С – глубина отбора образца – 2,7; D – размер структурной фракции – 5,7; ABCD – 19,6

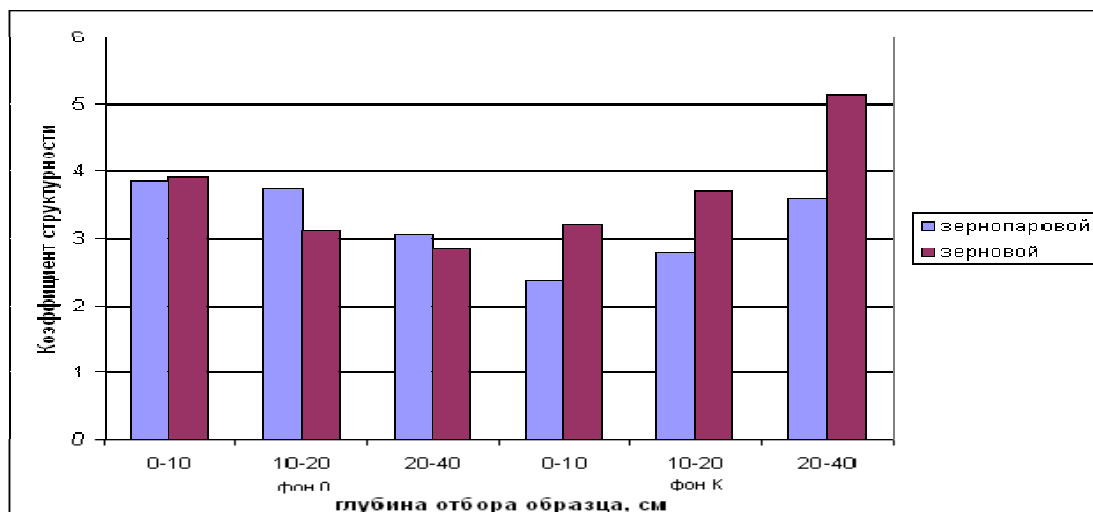


Рис. 3. Коэффициент структурности чернозема выщелоченного в севооборотах: НСР_{0,5} по фактору: А – тип севооборота – 0,21; В – уровень химизации – 0,06; С – глубина отбора образца – 0,61; ABC – 0,51

В таблице 1 приведено содержание гумуса в черноземе выщелоченном в целом и его количество в структурных агрегатах на примере зернового севооборота. В слоях 0-10, 10-20 и 20-40 см содержание гумуса с глубиной снижается весьма постепенно, т.к. в них находится максимум корней зерновых культур, а на поверхности остается значительная часть соломы, которая, разлагаясь, обогащает почву органическим веществом. Комплексная химизация способствует повышению урожайности зерновых и обеспечивает большое количество оставленной соломы и растительных остатков в почве, поэтому на варианте комплексной химизации (фон К) содержание общего гумуса несколько выше, чем на нулевом фоне (табл. 2).

Меньшее количество гумуса находится в агрегатах > 10 и < 0,25 мм и, соответственно, они наименее агрономически ценные (табл. 1). Больше всего гумуса сосредоточено во фракциях 1-0,5 и 0,5-0,25 мм.

По данным В.А. Хмелева, черноземы выщелоченные Западной Сибири отличаются высокой микроагрегатностью, что способствует созданию благоприятных условий для их хорошей водообеспеченности и аэрации [6]. На фоне комплексной химизации устойчивость микроагрегатов возрастает, так как в этих агрегатах содержится гумуса значительно больше, чем на нулевом фоне: на фоне К – от 7,3 до 6,4%, а на фоне 0 – от 6,0 до 5,2%.

В преобладающей фракции 2-1 мм в зерновом севообороте гумуса содержится меньше, чем во фракциях 1-0,5 и 0,5-0,25 мм.

Для сравнения приводим данные по содержанию гумуса в черноземе выщелоченном в зернопаровом севообороте, под бессменной пшеницей и во фракции 2-1 мм (табл. 3), из которых следует, что здесь так же как и в зерновом севообороте прослеживается постепенное снижение гумуса с глубиной, а на фоне комплексной химизации его количество больше, чем на нулевом. Общее содержание гумуса под бессменной пшеницей примерно такое же, как и в зерновом севообороте, а в зернопаровом несколько меньше, т.е. введение чистого пара в севооборот снижает общее количество гумуса. На фоне комплексной химизации это снижение меньше, чем на нулевом, что связано с большей урожайностью возделываемых культур и большим поступлением органического вещества в почву в течение ротации севооборота как с корневыми, так и с пожнивными остатками (табл. 2).

Сохраняется тенденция увеличения содержания гумуса в почве в целом, что свидетельствует об их агрономической ценности и устойчивости создания оптимальных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур. На фоне комплексной химизации данные процессы более выражены по сравнению с нулевым фоном.

Таблица 1

Содержание гумуса в структурных агрегатах чернозема выщелоченного в зерновом севообороте под заключительной культурой – ячменем, %

Глубина отбора образца, см	Фон	Среднее содержание гумуса, %	Размер агрегатов, мм																			
			> 10		10-7		7-5		5-3		3-2		2-1		1-0,5		0,5-0,25		< 0,25			
			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
0-10		5,7	5,0	87,7	6,4	112,3	6,0	105,3	6,4	112,3	6,4	112,3	5,6	98,2	5,6	98,2	5,0	87,7	6,0	105,3	5,6	98,2
10-20	0	5,8	5,2	89,7	6,9	119,0	5,2	89,7	6,6	113,8	5,0	86,2	5,3	91,3	6,6	113,8	6,4	110,3	6,4	110,3	5,2	89,7
20-40		5,2	5,0	96,2	4,8	92,3	5,8	111,5	5,4	103,8	6,0	115,4	4,6	88,5	4,8	92,3	5,2	100,0	5,2	100,0	4,3	82,7
0-10		6,6	6,4	97,0	6,4	97,0	6,4	97,0	7,1	107,6	6,6	100,0	5,2	78,8	7,3	110,6	7,3	110,6	7,3	110,6	6,2	93,9
10-20	К	6,3	6,4	101,6	6,2	98,4	6,0	95,2	5,8	92,1	6,6	104,8	5,4	84,4	6,4	101,6	7,5	119,0	7,5	119,0	6,2	98,4
20-40		6,3	6,5	103,2	7,1	112,7	5,6	88,9	6,6	104,8	6,2	98,4	4,3	68,3	5,6	88,9	6,4	101,6	6,4	101,6	6,0	95,2

Примечание.

1. Содержание гумуса в агрегатах, %.

2. Процент содержания гумуса в агрегатах от среднего содержания гумуса в почве.

НСР_{0,5} по содержанию гумуса во фракциях структурных агрегатов по фактору: А – горизонт – 0,4; В – уровень химизации – 0,3; С – размер фракции – 0,7.

НСР_{0,5} по общему содержанию гумуса по фактору: А – 0,9; В – уровень химизации – 0,8.

Таблица 2

Урожайность сельскохозяйственных культур на черноземе выщелоченном (2006-2008 гг.) ц.з. ед/га

Севообороты	Культура севооборота	Ц.з. ед/га		Прибавка
		уровень химизации		
		0	К	
Зернопаровой	Пар	-	-	-
	Пшеница	31,1	39,4	8,3
	Пшеница	23,4	34,3	10,9
	Ячмень	19,8	40,6	20,8
Выход с 1 га севооборота		18,6	28,6	10,0
Зерновой	Пшеница	20,3	32,7	12,4
	Овес	23,0	29,4	6,4
	Пшеница	17,3	28,6	11,3
	Ячмень	19,7	36,3	16,6
Выход с 1 га севооборота		20,1	31,8	11,7
Пшеница бессменная		17,4	30,2	12,8

Примечание. НСР_{0,5} по пшенице по фактору: А – севооборот – 2,2; В – уровень химизации – 1,3; частные средние – 3,1. НСР_{0,5} по ячменю по фактору А – 2,8; В – 2,3; частные средние – 3,9. НСР_{0,5} с 1 га севооборотной площади по фактору: А – 5,2; В – 3,3; частные средние – 7,4.

Таблица 3

Содержание гумуса в черноземе выщелоченном в агрегатах 2-1 мм в зернопаровом севообороте и под бессменной пшеницей, %

Глубина отбора образца, см	Фон	Зернопаровой севооборот			Бессменная пшеница		
		в почве, среднее	в агрегатах 2-1 мм	% от среднего содержания	в почве, среднее	в агрегатах 2-1 мм	% от среднего содержания
0-10	0	5,1	4,9	96,1	5,9	6,2	105,1
10-20		5,1	5,3	103,9	5,9	6,4	108,5
20-40		4,2	4,0	95,2	4,8	5,7	118,8
0-10	К	5,2	5,1	98,1	6,1	6,9	113,1
10-20		5,3	5,6	105,7	6,5	6,8	104,6
20-40		3,3	4,9	148,5	5,0	6,8	136,0

Примечание. НСР_{0,5} содержание общего гумуса по фактору: А – тип севооборота – 0,4; В – уровень химизации – 0,4; С – глубина отбора образца – 0,5. НСР_{0,5} содержание гумуса во фракции 2-1 мм структурных агрегатов по фактору: А – тип севооборота – 0,4; В – уровень химизации – 0,4; С – глубина отбора образца – 0,5.

Выводы

1. Севообороты влияют на структурный состав агрегатов почвы и на содержание гумуса как в почве в целом, так и в структурных агрегатах различных размеров.

2. Водопрочность агрономически ценной структуры в зерновом севообороте и под бессменной пшеницей выше, чем в зернопаровом. Чистый пар способствует некоторому ухудшению оструктуренности черноземов выщелоченных. Длительное применение комплексной химизации способствует незначительному улучшению структуры.

3. Содержание гумуса под зерновым севооборотом и под бессменной пшеницей выше, чем под зернопаровым. Оно существенно возрастает на фоне ком-

плексной химизации за счет повышения урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур и увеличения пожнивных остатков и соломы.

4. Наименьшее количество гумуса находится в крупных (> 10 мм) и в пылеватых агрегатах (< 0,25 мм), наибольшее – в мелких агрегатах 2-1,1-0,5 и 0,5-0,25 мм, что свидетельствует о высокой микроагрегированности черноземов выщелоченных Западной Сибири.

Библиографический список

1. Добровольский Г.В. Экологические функции почвы: учеб. пособие / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 137 с.
 2. Фокин А.Д. О роли органического вещества почв в функционировании при-

родных и сельскохозяйственных экосистем / А.Д. Фокин // Почвоведение. – 1994. – № 4. – С. 40-45.

3. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере / О.Д. Сорокин. – Краснообск, 2004. – 162 с.

4. Агрофизические методы исследования почв. – М.: Наука, 1966. – С. 42-72.

5. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Высшая школа, 1973. – С. 57-82.

6. Хмелев В.А. Лессовые черноземы Западной Сибири / В.А. Хмелев. Новосибирск: Наука; Сибирское отделение, 1989. – 200 с.



УДК 631.436

А.Г. Болотов,
Ю.В. Беховых,
Г.А. Семёнов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ ТЕЛ ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Ключевые слова: технология визуального программирования, программный пакет LabVIEW, виртуальный прибор, теплофизические свойства, теплоёмкость, теплопроводность, температуропроводность.

Введение

При исследовании теплофизических свойств капиллярно-пористых тел, к которым относится почва, широкое распространение получил импульсный метод плоского нагревателя [1]. Основными достоинствами импульсных методов являются простота конструкции установки, возможность определения всех теплофизических характеристик из одного опыта.

Импульсные методы основаны на определении параметра нестационарного температурного поля в первой стадии его развития [2-4].

Характерной особенностью любого импульсного метода является наличие максимума температуры t_m исследуемой точки среды после прекращения действия источника тепла. Время τ_m наступления максимума и его величина зависят от теплофизических параметров среды и определяются на основе решения уравнения Фурье с известными граничными условиями.

Зависимость для определения объемной теплоемкости капиллярно-пористых тел с учетом собственной теплоемкости нагревателя была получена А.И. Луниным [1]:

$$C\rho = 0,242 \cdot \frac{Q}{S \cdot x \cdot t_m}, \quad (1)$$

где Q – количество теплоты, выделенное нагревателем;

S – площадь нагревателя;

x – расстояние от нагревателя до датчика.

Для нахождения коэффициента температуропроводности была предложена следующая формула:

$$a = \frac{x^2}{\tau_m - \frac{\pi}{4} \cdot \tau_H} \cdot \left(0,5 + 0,968 \frac{C_H}{S \cdot x \cdot C\rho} \right), \quad (2)$$

где τ_H – время действия нагревателя;

C_H – собственная теплоёмкость нагревателя.

Для определения теплопроводности используется формула:

$$\lambda = a \cdot C\rho. \quad (3)$$

Основной задачей в рассматриваемом методе является определение максимального градиента температур и времени наступления этого максимума.