

**Достова Т.М.**Оренбургский государственный университет  
E-mail: tatyana\_dost@mail.ru**ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕЛИННЫХ И ПАХОТНЫХ ПОЧВ  
ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ КАК ФУНКЦИЯ АМФИФИЛЬНЫХ  
КОМПОНЕНТОВ ГУМУСА**

**Установлена зависимость между физическими свойствами почв и амфифильными составляющими гумуса основных подтипов почв Оренбургского Предуралья, исследована их динамика под влиянием длительного сельскохозяйственного освоения.**

**Ключевые слова:** физические свойства почв, зональность почв, амфифильные компоненты гумуса.

Среди важнейших вкладов отечественных ученых в науку о почвах является учение об органическом веществе почв. В его основе лежит представление о том, что гумус является незаменимым условием существования биогеоценозов. Гумусовые кислоты определяют почвенное плодородие, при разложении гумуса под действием микроорганизмов питательные вещества становятся доступными для растений. Органическое вещество почв, прежде всего гуминовые кислоты, определяют формирование агрегатной структуры, а вместе с ней и всего комплекса физических свойств почв. Это представление было апробировано и принято в качестве основополагающей теории почвоведения и экологии. Однако в начале XX века в это учение было внесено важное дополнение, суть которого сводится к тому, что главная роль в формировании физических свойств почв принадлежит не просто органическим молекулам гумусового вещества, а их амфифильным (гидрофобно-гидрофильным) компонентам. Одни из них обеспечивают образование устойчивой почвенной структуры (гидрофобные компоненты), другие ответственны за доступность элементов питания для растений и почвенной биоты, а также за перенос веществ в органо-минеральных комплексах (гидрофильные компоненты) [1], [9].

Это и другие работы послужили началом целому ряду исследований, расширяющих представление об амфифильных свойствах гумуса и об их роли в образовании и сохранении таких важных физических свойств почв как плотность, водопроницаемость, структура. Сложившаяся в теории о формировании физических свойств почв ситуация определила необходимость изучения амфифильных свойств гумуса и их связи с физическими свойствами почв в таком важ-

ном аграрном регионе, каким является Оренбургская область.

Объектом исследования являются выщелоченные черноземы южной лесостепи и южные черноземы засушливой степи Предуралья, расположенные под хорошо сохранившейся естественной растительностью (целина) и на участках интенсивного сельскохозяйственного использования (пашня).

Исследование физических свойств почв проводилось в соответствии со стандартными методиками: структурный состав – по методу Н. И. Савинова, водопроницаемость – методом трубок по Н. А. Качинскому [2], [3].

Фракционирование гуминовых кислот нами проводилось методом дробного осаждения. На фракционирование гуминовых кислот методом дробного высаливания влияют три свойства молекулы: амфифильность, молекулярная масса и поверхностный заряд [4]. Как отмечено многими авторами, эти свойства находятся в тесной взаимосвязи и фракционирование по одному из них позволяет получить фракции, различающиеся также по двум другим [10], [11]. Различными авторами предложено несколько вариантов этого метода. Так, в работах Д.С. Орлова с соавторами, посвященных фракционированию гуминовых кислот чернозема в качестве осадителя использовался хлорид натрия [5].

Другой вариант фракционирования подразумевает использование в качестве осадителя сульфат аммония, который вследствие ряда причин, является наиболее распространенным осадителем при фракционировании биополимеров. Сульфат аммония характеризуется самой высокой высаливающей способностью среди солей, сравнительно допустимых и не под-

вергающихся гидролизу в водной среде. При применении этой соли удается существенно сократить время фракционирования, так как процесс коагуляции каждой фракции занимает всего около 6 часов (при использовании хлорида натрия – 24 часа) [4].

Результаты исследования структурного состояния почв Урала представлены в таблице 1, из данных которой следует, что структура чернозема выщелоченного как на целинном, так и на пахотном участках характеризуется как хорошая по содержанию агрономически ценных агрегатов (коэффициент структурности, соответственно, 6,6–2,5 и 2,45–18,07); чернозема южного – хорошая структура на целинном и пахотном участках (коэффициент структурности 1,66–2,3 и 5,1–6,02, соответственно).

Результаты определения плотности почв целинного и пахотного участка показали, что все почвы по гранулометрическому составу представляют собой средний суглинок (таблица 2).

Водопроницаемость взаимосвязана с гранулометрическим составом и оструктуренностью почв. Хорошо оструктуренные почвы тяжелого гранулометрического состава обладают высокой водопроницаемостью. Также водопроницаемость находится в прямой зависимости от плотности почвы.

Анализ данных таблицы 3, позволяет сделать вывод об увеличении водопроницаемости при пахотном использовании почвы.

Для оценки изменения гидрофильно-гидрофобных свойств фракций высаливания нами была выбрана линейная форма градиента концентрации сульфата аммония. При анализе рисунка 1 заметим, что при низкой концентрации соли (10% насыщение  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) осаждались гумусовые вещества, наибольшая интенсивность пиков соответствовала гидрофобным фракциям, при 100% насыщении в растворе оставались гумусовые вещества, в составе которых преобладали гидрофильные фракции, что согласуется с ранее полученными результатами определения  $S_{гк}/S_{фк}$  [6].

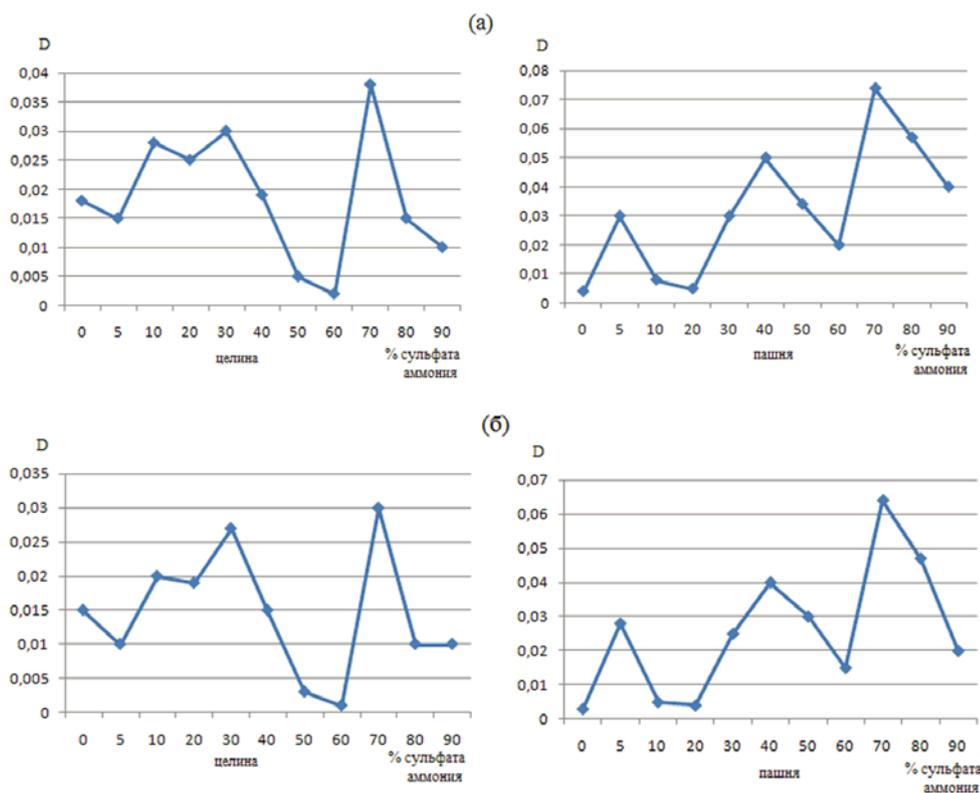


Рисунок 1. Фотометрическое определение гидрофильно-гидрофобных свойств фракций при 590 нм (а – чернозем выщелоченный, б – чернозем южный)

Таблица 1. Структурное состояние почв Урала

Слой, см	Фракции, %								
	>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	<0.25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чернозем выщелоченный (целина)									
0-10	18,51	3,9	3,51	7,3	6,9	9,3	29,54	11,64	9,4
10-20	9,69	9,83	13,02	19,73	13,15	12,04	14,74	4,37	3,46
20-30	27,26	22,06	13,82	14,02	7,86	6,06	5,64	2,31	0,94
Чернозем выщелоченный (пашня)									
0-10	15,78	1,01	1,86	14,64	23,07	24,88	2,1	8,51	5,06
10-20	27,87	6,62	6,88	13,74	19,81	14,45	7,66	1,85	1,12
20-30	13,21	5,4	8,6	25,0	22,53	13,33	7,7	2,9	1,33
Чернозем южный (целина)									
0-10	22,96	8,33	10,86	11,30	8,41	7,71	12,05	11,09	7,30
10-20	27,48	20,48	13,98	15,42	56,89	4,84	5,95	5,16	0,8
20-30	36,84	10,68	7,17	9,18	6,9	8,41	15,97	4,21	0,69
Чернозем южный (пашня)									
0-10	13,09	14,24	9,43	20,03	10,24	15,06	8,56	6,05	3,30
10-20	3,23	1,8	3,40	8,5	8,04	19,78	20,63	23,61	11,01
20-30	16,4	9,85	7,7	10,28	5,34	7,4	18,7	3,11	0,34

Таблица 2. Плотность выщелоченного и южного черноземов Предуралья

Слой, см	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Оценка показателя (по А.Г. Бондареву)	Гранулометрический состав
1	2	3	4
Чернозем выщелоченный (целина)			
0-10	0,98	входит в оптимальный диапазон значений	средний суглинок
10-20	1,10		
20-30	1,15		
Чернозем выщелоченный (пашня)			
0-10	0,9	входит в оптимальный диапазон значений	средний суглинок
10-20	0,85		
20-30	1,05		
Чернозем южный (целина)			
0-10	0,9	входит в оптимальный диапазон значений	средний суглинок
10-20	1,33		
20-30	1,28		
Чернозем южный (пашня)			
0-10	0,87	входит в оптимальный диапазон значений	средний суглинок
10-20	1,05		
20-30	1,20		

Таблица 3. Водопроницаемость почв Урала

Водопроницаемость, мм/мин					
Чернозем выщелоченный (целина)			Чернозем выщелоченный (пашня)		
0-10 см	10-20 см	20-30 см	0-10 см	10-20 см	20-30 см
197,7	215,92	127,25	205,3	216,9	187,5
Чернозем южный (целина)			Чернозем южный (пашня)		
198,15	206,42	210,11	165,21	196,02	130,11

Эффект высаливания в большей степени зависит от свойства поверхности разделяемых молекул. Поэтому при высаливании по мере увеличения концентрации соли в растворе и ее гидратации ионы соли захватывают поляризованные молекулы воды, причем в первую очередь слабосвязанные, расположенные, вблизи гидрофобных участков молекул. Вещества, содержащиеся на поверхности малое число гидрофобных зон, остаются в растворе при максимальной концентрации соли [11].

Таким образом, молекулы, содержащие большое количество гидрофобных участков на поверхности, осаждались первыми при низких концентрациях соли, тогда как молекулы с низким содержанием гидрофобных участков оставались в растворе даже при очень высоких концентрациях соли.

На основании полученных данных нами была рассчитана качественная характеристика гумусного состояния – степень гидрофобности гуминовых кислот (рисунок 2).

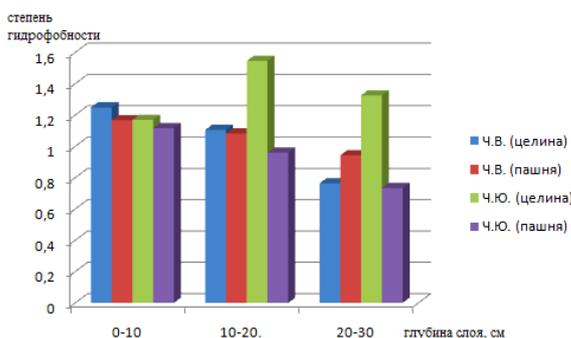


Рисунок 2. Степень гидрофобности гуминовых кислот выщелоченного и южного черноземов

Доминирование в верхнем слое гидрофобных фракций гумуса, можно объяснить вымыванием гидрофильных гумусовых веществ. Внутрипочвенный сток растворяет гидрофильные молекулы и переносит их в нижележащие горизонты, где и происходит их осаждение. Амфифильные свойства почвенной органики зависят и от водопроницаемости почв. В свою очередь водопроницаемость определяется структурно-агрегатным составом почв, который регулируется гидрофобно-гидрофильными свойствами гумуса.

От степени гидрофобности существенно зависят растворимость гумуса, его морфологические особенности, поверхностные свойства минеральных частиц, характер их взаимодействия с водой и элементами питания растений. Именно гидрофобная часть почвы отвечает за структурный состав и особенно за водопрочность агрегатов.

Первичную информацию об элементах строения гумусовых веществ дают значения их коэффициентов цветности. Величина коэффициента цветности обуславливается окраской гумусовых веществ, которая в свою очередь зависит от степени гумификации [11].

Для определения коэффициентов цветности нами были сняты спектры фракций высаливания при различной концентрации соли и длинах волн 465 нм и 650 нм (рисунок 3). Коэффициенты экстинкции фракций высаливания гуминовых кислот соответствуют возможному диапазону значений  $\xi$  – величин для гуминовых кислот [7].

Из приведенных диаграмм (рисунок 3) можно сделать вывод, что при последовательном высаливании из раствора гуминовых кислот осаждаются фракции, характеризующиеся ростом  $\xi_{465}$ .

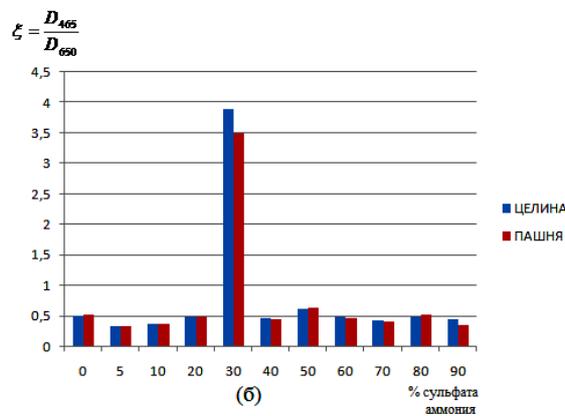
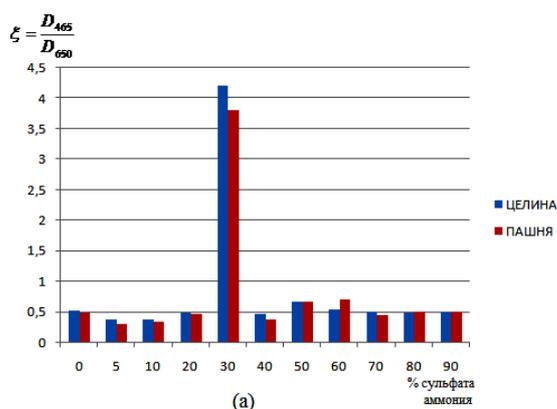


Рисунок 3. Коэффициенты экстинкции фракций высаливания (а – чернозем выщелоченный, б – чернозем южный)

Окраска гуминовых кислот обусловлена суммарным влиянием сопряженных C=C связей и кислородсодержащих заместителей [7], [8]. Таким образом, нарастание коэффициента  $\xi_{465}$  по фракциям при их последовательном высаливании, по всей видимости, обусловлено именно ростом степени ароматичности молекул гуминовых кислот. Коэффициент цветности, характеризующий угол наклона спектра, увеличивается во фракциях гуминовых кислот, последовательно высаливающихся при увеличении концентрации соли в растворе, что согласуется с данными Милановского Е.Ю. (2006), и связано с переходом от высокомолекулярных к низкомолекулярным фракциям гуминовых кислот (от гидрофобных к гидрофильным фракциям). Так при последовательном высаливании происходит падение молекулярного веса и степени гидрофобности фракций.

Гидрофобно-гидрофильные свойства продуктов гумификации обуславливают пространственную дифференциацию компонентов гумусовых веществ в почвах, отражающую причинно-следственную связь между характером поступления органического материала, типом водного режима и, как следствие, направленностью современного метаморфизма минеральной массы почв. Механизм, обеспечивающий дифференциацию гидрофобно-гидрофильных компонентов гуминовых веществ в почвах, заключается в выносе растворенных гидрофильных гумусовых веществ из состава продуктов гумификации и аккумулятивном накоплении гидрофобных компонентов гумусовых веществ на месте своего образования.

Антропогенные факторы обуславливают дисбаланс гидрофильно-гидрофобных компонентов в составе гумусовых веществ почвы, и водопрочная структура не образуется или утрачивает свою агрофизическую ценность. Компенсация (путем внесения органических удобрений) природного дефицита гидрофобных продуктов гумификации в почвах гумидного климата способствует формированию в них водостойчивых агрегатов. Сохранение водостойчивой структуры на распаханых черноземах лимитируется дефицитом гидрофильных гумусовых веществ, образующихся при гумификации свежего органического вещества. При минерализации гумусовых веществ, локализованных на минеральных частицах, открывается их гидрофильная поверхность, эффективность гидрофобных взаимодействий внутри агрегата падает, и он диспергируется водой.

Нами, в результате экспериментального определения, для почв подзолистого ряда отмечена прямая зависимость между показателем  $S_{гк}/S_{фк}$  и содержанием водостойчивых агрегатов. Разрушение агрегативной структуры черноземов сопровождается увеличением значений  $S_{гк}/S_{фк}$ , происходящим на фоне снижения  $S_{обц}$  за счет преимущественной потери углерода в составе негидролизующего остатка и фульвокислот.

29.04.2014

**Список литературы:**

1. Милановский, Е. Ю. Гумусовые вещества почвы как природные гидрофобно-гидрофильные соединения / Е. Ю. Милановский. – М.: ГЕОС, 2009. – 186 с.
2. Русанов, А. М. Учебно-полевая практика по почвоведению: методические указания / А. М. Русанов, Л. В. Анилова, Н. И. Прихожай. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2008. – 70 с.
3. Русанов, А. М. Основы почвоведения: методические указания к лабораторным занятиям / А. М. Русанов, Л. В. Анилова. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2010. – 87 с.
4. Скоупс, Р. Методы очистки белков / Р. Скоупс. – М.: Мир, 1985. – 385 с.
5. Орлов, Д. С. Фракционирование гуминовых кислот методом дробного осаждения / Д. С. Орлов, Г. И. Глебова, Т. И. Мироненкова // Научные докл. высш. школы. Биологические науки. – 1976. – №10. – С. 125–129.
6. Достова, Т. М. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на гумусное состояние почв Южного Урала / Т. М. Достова // Вестник ОГУ. – 2013. – №10 (159). – С. 213–216
7. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: изд-во МГУ, 1990. – 132 с.
8. Schnitzer, M. Humic substances: chemistry and reactions. In: Soil organic matter. / M. Schnitzer. – Elsevier, 1978. – P. 1–64.
9. Шеин, Е. В. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов / Е. В. Шеин, Е. Ю. Милановский // Почвоведение. – 2003. – №1. – С. 53–61.
10. Милановский, Е. Ю. Амфифильные компоненты гумусовых веществ почв / Е. Ю. Милановский // Почвоведение. – 2000. – №6. – С. 706–715.
11. Заварзина, А. Г. Фракционирование гуминовых кислот по относительной гидрофобности, размеру и заряду методом высаливания / А. Г. Заварзина, Н. Г. Ванифатова, А. А. Степанов // Почвоведение. – 2008. – №12. – С. 1466–1474.

Сведения об авторе:

**Достова Татьяна Максимовна**, аспирант кафедры общей биологии  
Оренбургского государственного университета  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, e-mail: tatyana\_dost@mail.ru