

ПОЧВЕННАЯ СТРУКТУРА И ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРЕДУРАЛЬЯ ПОД ЛЕСОМ И МНОГОЛЕТНЕЙ ПАШНЕЙ*

Сравнительные исследования типичных черноземов Оренбургского Предуралья, находящихся под лесом и под сельскохозяйственным использованием (пашня), показали, что высокие показатели водостойкости почвенной структуры и водопроницаемости почв в сочетании с их низкой плотностью под лесом обусловлены, прежде всего, значительным преобладанием в составе их гумусовых веществ гидрофобных фракций. Этот показатель – соотношение гидрофобных и гидрофильных фракций – может быть использован в системе почвенного и земельного мониторинга.

Черноземы Предуралья – уникальные природные образования, характеризующиеся высоким плодородием. Они почти повсеместно распашаны и активно используются в сельском хозяйстве. При этом в почвах происходят разнообразные процессы, связанные как правило, с ухудшением почвенной структуры, потерей гумуса и другими явлениями, вызывающими деградацию почв. Наиболее существенные и до сих пор мало изученными являются процессы трансформации свойств почвенных агрегатов, ухудшения их водостойкости в связи с изменением содержания и свойств органического вещества черноземов. Целью работы было сравнительное изучение физических свойств и свойства органического вещества черноземов типичных, находящихся в условиях интенсивного сельскохозяйственного использования и под естественным лесом.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение физических свойств черноземов проводили в Бугурусланском районе Оренбургской области. Бугурусланский район с комплексным почвенным покровом расположен в лесостепи, в подзоне выщелоченных и типичных тучных черноземов. В качестве контрастных вариантов взят чернозем типичный под пашней (далее «пашня»), в момент исследования – под черным паром) и мертвопокровным лесом (далее «лес»), находившиеся в 35 метрах друг от друга (координаты расположения разрез: N 53° 3' 50.6» E 053°43' 50.6»).

В полевых условиях при помощи бура в трехкратной повторности была определена плотность почвы (объем бура 93.55 см³), влажность при определении плотности, коэффициент впитывания методом трубок с постоянным напором («Полевые и лабораторные методы исследования..», 2001).

Для изучения структуры в условиях лаборатории использован метод анализа структуры по Саввинову – сухое и мокрое просеивание. Микроагрегатный анализ выполнен пипет-методом («Полевые и лабораторные методы исследования..», 2001). Плотность твердой фазы для расчета времени оседания частиц определена при помощи пикнометров методом кипячения (Вадюнина, Корчагина, 1986). Актуальная кислотность измерена электрометрическим методом в почвенной суспензии с соотношением почва: вода 1:2,5 («Практикум по агрохимии», 2001). Методом десорбции паров воды над насыщенными растворами солей (Шеин, Капинос, 1994) в двукратной повторности определена полная удельная поверхность почв. На экспресс анализаторе на углерод АН 7529 установлено совместное содержание углерода органического вещества и карбонатов и отдельно содержание углерода карбонатов. По разнице этих показателей рассчитано содержание углерода органического вещества. Качественное изучение органического вещества проводилось методом хроматографии гидрофобного взаимодействия, разработанным Е.Ю. Милановским (Милановский, 2000).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим результаты изучения основных физико-химических свойств и структурного состояния черноземов типичных объектов исследования. Результаты полевых определений представлены в табл. 1

Следует отметить значительные различия объектов исследования, как по морфологии, так и по физическим свойствам. Чернозем «под пашней» характеризуется меньшей почти на 10 см мощностью гумусового горизонта. Структура верхней части пахотного слоя вполне типична для черноземов – в целом ее можно оха-

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ. Гранты: 02-04-49274, 04-04-49606, 04-04-49006

рактизовать как зернистую, пахотный слой отличается пылеватостью. Плотность распашанных черноземов в пахотном слое близка к 1,0 г/см³, с глубиной она возрастает до 1,3 г/см³ (имея чуть большее значение в слое 30-35 см, что, возможно, связано с уплотнением под воздействием сельскохозяйственных орудий), и на глубине 70-75 см она равна 1,31 г/см³. Для леса отмечена равномерно зернистая, чрезвычайно четко выраженная структура агрегатов, почти нацело в поверхностном слое состоящая из копролитов, с отсутствием глыбистости и пылеватости. Плотность почвы в самом верхнем слое, состоящем из агрегатов-копролитов – 0,5 г/см³ (что скорее характерно для органогенных почв). Вниз по профилю плотность постепенно увеличивается до 1,03 г/см³ (на глубине 30-40см) и далее до 1,4 г/см³. Необходимо отметить высокое значение коэффициента впитывания поверхностных слоев почвы под лесом ($K_{\text{впит}} > 100$ мм/мин), – это «провальная» водопроницаемость. Для остальной гумусовой части профиля леса и для пашни значения $K_{\text{впит}}$ находятся в пределах 2-15 мм/мин, отличаясь очень большим разбросом. В нижележащих горизонтах (с 40 см) появляется резкое снижение $K_{\text{впит}}$ (значения не превышают 0,8 мм/мин). Данные по мокрому просеиванию выявляют резкое различие в водопрочности структуры объектов исследования. Если на пашне большая часть агрегатов не водопрочны, а по проценту водоустойчивых агрегатов размерами >0.25 мм структура относится к «удовлетворительной» или к «хорошей», то в лесу процент неводопрочных агрегатов незначителен и по классификации Н.А. Качинского («Полевые и лабораторные методы исследования...», 2001) структура относится даже к «избыточно высокой», и лишь в глубоких слоях снижается до оценки «отличная». Этот факт указывает на существенные различия в структуре черноземов под лесом и пашней.

На рис. 1 показано распределение по профилю основных химических свойств чернозема типичного под пашней и лесом. Величина актуальной кислотности говорит о нейтральной реакции среды по всему профилю для пашни и слабокислой (5,2-5,4) для почвы под лесом. Возможно, что это связано с различием гидрологических режимов – задержанием в лесу большего количества влаги. Содержание углерода органического вещества до глубины 10 см в черноземе под лесом составляет около 10% и это в два раза больше, чем на аналогичной глубине

на пашне. С глубины 20 см содержание $C_{\text{орг}}$ в обоих вариантах выравнивается. Распределение органического вещества по профилю у пашни имеет характер прогрессивно-аккумулятивного, в лесу – регрессивно-аккумулятивного (Розанов, 1975). Возможно несколько объяснений этим фактам. Во-первых, неоспоримое влияние оказывает сельскохозяйственная обработка как производимая в настоящее время, так и когда-либо осуществляемая. Во-вторых, из-за отсутствия древесного яруса и более высокого рас-

Таблица 1. Некоторые физические свойства черноземов типичных Оренбургского Предуралья разного использования.

Горизонт	Глубина, см	Глубина отбора образцов, см	Влажность при определении плотности, %	Плотность почвы, г/см ³	Водопроницаемость почвы, $K_{\text{впит}}$ мм/мин	Фракция >0,25 мм при мокром просеивании, %
«Лес»						
A _I	0-10	0-5	11,24	0,50	102,5	80,3
		10-15	11,27	0,67	9,5	87,5
A _{II}	10-30	20-25	9,98	0,92	7,2	86,8
		30-35	10,06	0,97	3,1	87,1
AB _I	30-40	40-45	9,55	1,03	0,9	85,9
AB _{II}	40-62	50-55	12,01	1,15	0,8	80,3
BC _a	62-92	70-75	8,85	1,18	0,2	78,2
		дно-92см	8,13	1,39	0,3	60,4
«Пашня»						
A _{max}	0-28	0-5	10,15	0,84	3,7	43,8
		10-15	9,25	0,80	4,5	47,9
		20-25	9,62	0,98	2,4	55,1
A	28-36	30-35	8,25	1,24	0,5	68,8
AB	36-54	40-45	9,60	1,19	0,3	50,2
B	54-70	50-55	11,04	1,21	0,2	44,9
BC	70-85	70-75	10,77	1,31	0,4	50,7

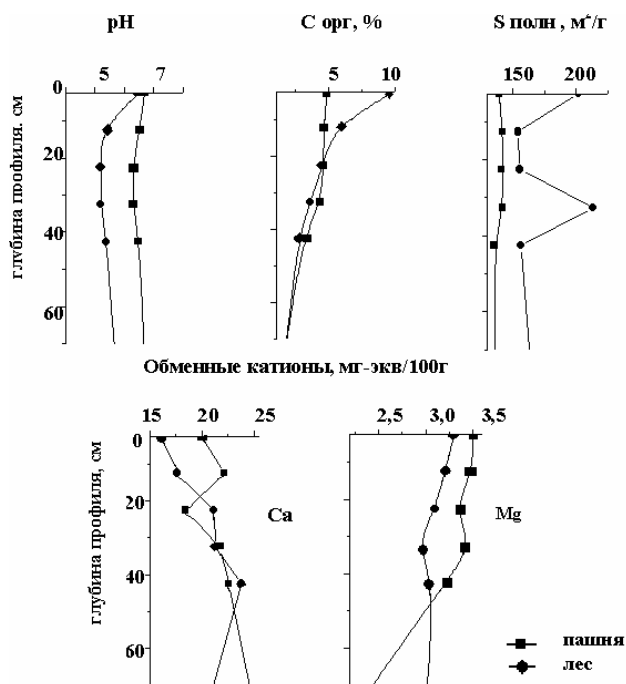


Рисунок 1. Основные свойства чернозема типичного под пашней и лесом: pH содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$, %), удельная поверхность ($S_{\text{уд}}$, м²/г) и состав обменных катионов

положения по рельефу почва пашни в большей степени подвержена влиянию промывного режима. Происходящая при этом миграция органического вещества по профилю и накладывает свой отпечаток на распределение $C_{орг}$ по профилю этих почв. В-третьих, такое различие может быть связано со свойствами самого органического вещества почв.

Объекты значительно различаются и по площади удельной поверхности. Если на пашне эта величина мало варьирует по профилю и составляет порядка $140 \text{ м}^2/\text{г}$, то в лесу ее варьирование по профилю значительно. В целом этот показатель везде выше $150 \text{ м}^2/\text{г}$, а на глубине 30 см и у поверхности он достигает $200 \text{ м}^2/\text{г}$. В составе обменных оснований преобладает кальций (около 85%), присутствует магний, а содержание натрия и калия ничтожно малы.

Для почвы, расположенной под пашней, преобладающей при сухом просеивании является фракция 1-3 мм. Этот максимум в распределении макроагрегатов по размерам сохраняется по всему профилю. Так же с глубины 10 см и далее вниз по профилю в почве под пашней отчетливо выражен второй максимум – фрак-

ция >10см. Эту фракцию, как правило, связывают не с макроагрегатностью, а с проявлением глыбистости почвенной структуры.

Распределение агрегатов по размерам в почве, расположенной под широколиственным мертвопокровным лесом, до глубины 10 см аналогичен тому, что наблюдается на пашне. С глубиной, за счет увеличения количества фракций больше 1 мм, отмеченный максимум 1-3 мм становится менее выраженным и уже с 30 см содержание фракций более 1 мм становится равномерным. Ниже 60 см в почве, расположенной под лесом, становится выраженной преобладание фракций >10 см.

По результатам микроагрегатного анализа (рис. 2) можно говорить о высокой микроструктурности обоих вариантов. Но в варианте под лесом можно отметить чрезвычайно высокое (80%) содержание фракции крупного песка, что свидетельствует о повышенной устойчивости микроагрегатов.

Таким образом, сельскохозяйственное использование ведет к ухудшению почвенной структуры (особенно это сказывается на водопрочности агрегатов и устойчивости микроаг-

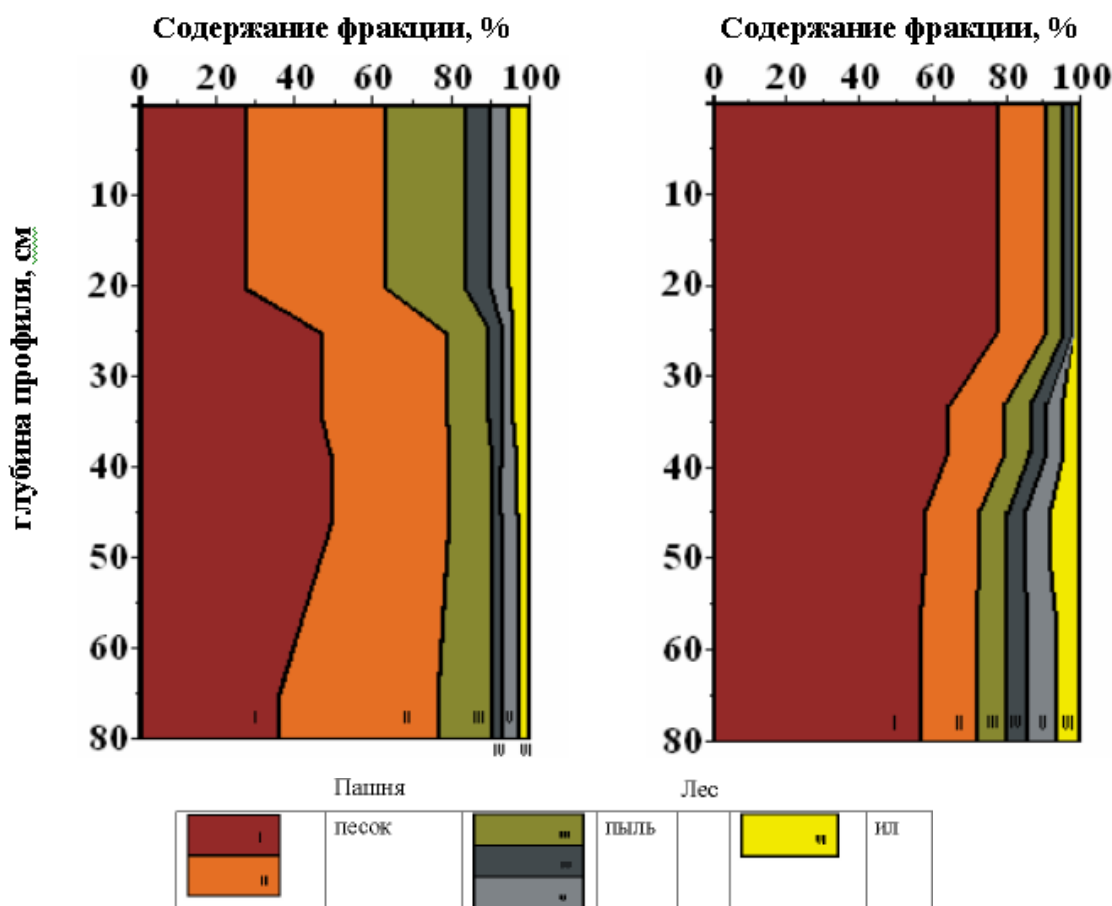


Рисунок 2. Результаты микроагрегатного анализа чернозема типичного под пашней и лесом

регатов) и уменьшению содержания органического вещества.

Кроме фактора изменения общего углерода в почве при сельскохозяйственном использовании, на почвенную структуру оказывает влияние и ее качество. В ряде работ (Милановский, Шеин и др, 2002) показано, что это прежде всего соотношение гидрофобных и гидрофильных фракций гумусовых веществ (ГВ) почв.

Хроматография гидрофобного взаимодействия выявила однотипный фракционный состав гумусовых веществ. Во всех проанализированных почвах ГВ представлены идентичными по амфифильным свойствам фракциями. Это согласуется с литературными данными (Милановский, 2000), где подтверждается, что процесс гумификации, независимо от факторов почвообразования и типа почв, имеет одно направление и состоит в отборе и накоплении термодинамически устойчивых продуктов трансформации органического материала.

В пределах каждой хроматограммы выделено пять фракций, различающихся по степени связывания с гидрофобной матрицей геля. Их можно охарактеризовать следующим образом.

1-я – выходящая с потоком стартового буфера (ТРИС-НСI буфер), содержащего максимальное количество сульфата аммония. Это самая гидрофильная фракция, практически не удерживаемая матрицей геля.

2-я – фракция, выделяемая при постепенном снижении концентрации сульфата аммония в ТРИС-НСI буфере.

3-я – фракция, элюируемая чистым ТРИС-НСI буфером.

4-я – фракция, выделяемая при градиентном добавлении к буферу поверхностно-активного вещества (SDS).

5-я – фракция, вымываемая щелочным раствором ЭДТА.

Из-за разного количества органического вещества в изучаемых образцах (а соответственно и получаемой при экстракции концентрации) сложно сопоставить полученные для разных объектов значения. Важным представляется не абсолютные показатели оптической плотности, а соотношение между высотами фракций. В связи с этим, для того, чтобы количественно описать различие в соотношении фракций амфифильных компонентов гумусовых веществ, взято частное от деления высоты пика каждой фракции на высоту пика 4-й гидрофобной фракции. Пик 4-й фракции выбран делите-

лем, поскольку он хорошо выражен во всех исследуемых образцах и именно с этим пиком можно связать гидрофобные свойства органического вещества почв. Таким образом, по соотношению фракций 1:4, 2:4, 3:4 и 5:4 можно судить о преобладании гидрофобных или гидрофильных компонентов в составе ГВ: чем этот показатель ниже, тем более выражена гидрофобность компонентов ГВ (табл. 2).

Для почвы под лесом преобладание 4-й гидрофобной фракции над 1-й гидрофильной весьма существенно. Их соотношение (почти по всему профилю равное 0,4) минимально для изученных объектов. Аналогично и поведение 2-й гидрофильной фракции: она заметно преобладает в черноземе под пашней. Это указывает на то, что гидрофобные фракции в черноземе под лесом значительно преобладают над гидрофильными компонентами органического вещества, что, вероятно, и обуславливает повышенную устойчивость агрегатов этого объекта исследования.

Для доказательства связи устойчивости агрегатов с доминированием гидрофобных компонентов в составе ГВ черноземов было проведено исследование органического вещества водопропрочных агрегатов диаметром >0.25, взятых при проведении микроагрегатного анализа сита и тщательно отмытых от водно-пептизируемой фракции дистиллированной водой, а также собственно илистой фракции, которая представляет собой полностью распавшиеся неустойчивые агрегаты. Это было сделано для образца с глубины 10-15см чернозема типичного под лесом. Результаты представлены на рис. 3. На нем отчетливо видно, что ГВ илистой фракции, представляющей неустойчивые агре-

Таблица 2. Соотношение оптических плотностей хроматографических фракций чернозема типичного под пашней и лесом

Глубина, см	«пашня»			
	1:4	2:4	3:4	5:4
0-5	0,9	0,2	0,3	0,1
10-15	0,9	0,1	0,3	0,2
20-25	0,7	0,1	0,3	0,2
30-35	1,0	0,3	0,5	0,2
40-45	1,3	0,3	0,1	0,6
60-65	1,0	0,4	0,1	0,4
Глубина, см	«лес»			
	1:4	2:4	3:4	5:4
0-5	0,4	0,1	0,4	0,1
10-15	0,4	0,1	0,2	0,1
20-25	0,4	0,1	0,4	0,1
30-35	0,5	0,1	0,3	0,1
40-45	0,4	0,1	0,2	0,1
60-65	0,8	0,2	0,2	0,4

гаты, состоит в основном из гидрофильных компонентов: максимум на хроматограмме характерен для 1-й фракции, т. е. для гидрофильных компонентов. Напротив, ГВ устойчивых микроагрегатов представлены в основном гидрофобными компонентами (рис. 3 б). Это является еще одним доказательством важности гидрофобных компонентов органического вещества почвы в создании и поддержании устойчивости почвенной структуры.

Таким образом, экспериментально установлено, что органическое вещество черноземов типичных лесостепного Предуралья, испытывающих интенсивную сельскохозяйственную нагрузку, представлено по большей части гидрофильными компонентами, в то время как черноземы, находящиеся под лесом – гидрофобными.

С соотношением гидрофильных и гидрофобных компонентов в составе почвенного органического вещества мы связываем и устойчивость макро- и микроагрегатной структуры: чем выше относительное содержание гидрофобных компонентов, тем устойчивее оказывается почвенная структура. Этот вывод указывает на необходимость постоянного контроля состава органических соединений почв, прежде всего соотношения гидрофильных и гидрофобных компонентов, для регистрации возможных процессов трансформации состава ГВ в направлении их гидрофилизации с последующей возможной деградацией почвенной структуры и снижению ее устойчивости.

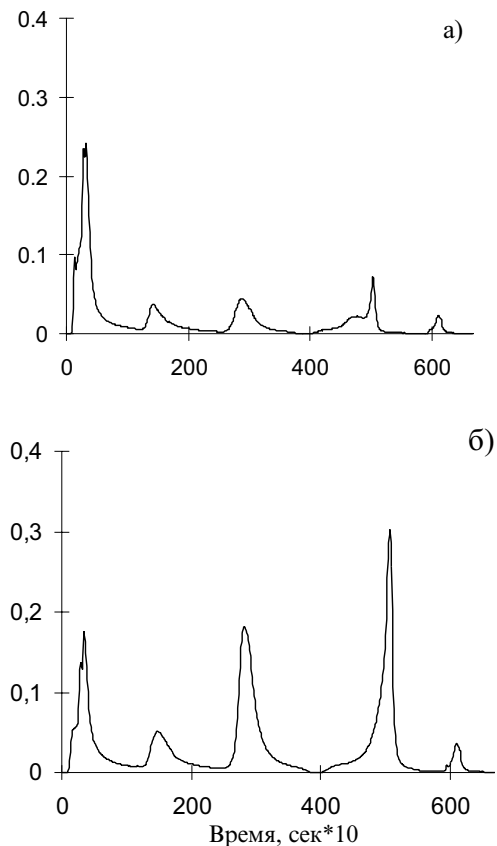


Рисунок 3. Результаты хроматографии гидрофобного взаимодействия ГВ илистой фракции (а) и водоустойчивых агрегатов (б) и чернозема типичного под лесом (глубина 10-15 см)

Список использованной литературы:

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М., 1986 г.
2. Милановский Е.Ю., Шеин Е.В. Функциональная роль амфифильных компонентов гумусовых веществ в процессах гумусо-структурообразования и в генезисе почв // Почвоведение. 2002. №10. С.1201-1213.
3. Милановский Е.Ю. Амфифильные компоненты гумусовых веществ почв // Почвоведение. 2000. №6. С.706-715.
4. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. Изд-во Моск. ун-та, 2001. 200 с.
5. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие.-2-е изд., перераб. и доп. /под ред. академика РАСХН Минеева В.Г.. – М.: Изд-во МГУ, 2001г. С.65-69.
6. Розанов Б.Г. Генетическая морфология почв. – М.: Изд-во МГУ, 1975г. 294 с.
7. Шеин Е.В., Капинос В.А. Сборник задач по физике почв. – М.: Изд-во МГУ, 1994г. 78 с.