среднюю площадь землепользований, сельскохозяйственных предприятий и крестьянских (фермерских) хозяйств.[6]

1. Воробьев А.В. Регулирование земельных отношений за рубежом и в России. – 2-е изд. – Волгоград: Станица-2, 1999. – 112 с.
2. Воробьев А.В. Справочное пособие. – Землеустройство и кадастровое деление Волгоградской области. – Волгоград: Станица-2, 2002. – 92 с.
3. Воробьев А.В. Земельная реформа в Волгоградской области: монография / А.В. Воробьев. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, ИПК «Нива», 2014. – 164 с.
4. Волгоградская область в цифрах. 2015: краткий сб./Терр.орган Фед.службы гос. статистики по Волгоград. обл. – Волгоград: Волгоградстат, 2016. – 376 с.
5. Федеральный закон от 24.07.2002 N 101-ФЗ "Об обороте земель сельскохозяйственного назначения" (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.01.2017).
6. Федеральный закон от 11.06.2003 N 74-ФЗ "О крестьянском (фермерском) хозяйстве"

Степанов А.А.

Особенности миграции подвижных фракций гумуса в профиле почв предбайкальской впадины

*Факультет почвоведения МГУ им.М.В.Ломоносова
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/sr-10-04-2018-39

idsp: 000001:sr-10-04-2018-39

Аннотация

Установлено, что ГВ из горизонтов почвы резко различаются по набору молекулярных и амфифильных фракций. С глубиной наблюдается уменьшение в их составе «гидрофильных» фракций. Это свидетельствует об отсутствии (или крайне замедленной «фронтальной» миграции ГК в профиле исследованной почвы. Напротив, ГВ, выделенные из трещины, весьма однородны и близки по у и свойствам ГВ из горизонта А1. Это подтверждает возможность перемещения гумуса вниз по трещине из верхних горизонтов почвы - как при механическом выносе, так и в виде коллоидных растворов. Об этом свидетельствует увеличение вниз по трещине «гидрофильной» фракции в составе ГК.

Ключевые слова: гуминовые вещества, миграция, амфифильные фракции.

Важную роль в формировании гумусного профиля почв играет миграция органического вещества (ОВ). Перемещение простых органических кислот, полисахаридов, аминокислот и прочих компонентов, составляющих неспецифические соединения гумуса, в настоящее время довольно хорошо изучено: разработаны методы накопления, фракционирования и определения лабильного ОВ, проведены балансовые расчеты для многих типов почв. Однако вопрос о миграционной способности гумусовых кислот до сих пор остается дискуссионным.

Различных точек зрения на подвижность гуминовых и фульвокислот придерживались еще основоположники генетического почвоведения. Так, П.А.Костычев [3] считал, что образование гумуса возможно лишь *in situ*: «накопление в почве ОВ может зависеть только от растительных корней; просачивание и снос ОВ в глубокие слои может иметь сравнительно с корнями ничтожное значение и притом чисто местное, а не всеобщее». В.В.Докучаев [1], напротив, не исключал возможности миграции гуминовых веществ в почвенной толще и привноса ОВ извне: «... всякая растительная почва ... образовывалась и будет образовываться на любой коренной породе одновременно двумя параллельными процессами: а) проникновением гумуса и б) на счет гниющих корней».

По мере накопления фактического материала о строении и свойствах ГВ изменялись и представления о миграционной способности ГВ в целом и их фракций. К

сожалению, формат статьи не позволяет подробно проследить эволюцию этих представлений. Полагаю необходимым упомянуть лишь работы В.В.Пономаревой и Т.А.Плотниковой [7,8], в которых исследовалась растворимость гуминовых и фульвокислот из почв генетического ряда. Было установлено, что фракции черных и бурых ГК значительно различаются по способности растворяться (вернее, пептизироваться) в воде из свежесаженных гелей. Эта способность, по мнению авторов, играет ключевую роль в формировании гумусового профиля почвы.

Исследования последних лет [2,4-6,11,12,14-17,18] экспериментально подтвердили присутствие в составе ГВ фракций, различающихся по степени амфифильности и растворимости. Данный факт позволяет предположить принципиальную возможность передвижения в почвенном профиле наиболее миграционноспособной части гуминовых соединений. Очевидно, что для этого необходимо выполнение ряда условий: 1) наличие объемной влагопроводности почвы, т.е. транзитной системы капиллярных пор и трещин; 2) блокирование (хотя бы кратковременное) сорбционных центров ППК или же снижение их активности (например, в период обильных осадков); 3) определенный состав, концентрация, значение рН почвенного раствора и другие.

Косвенным подтверждением возможности перемещения ГВ (даже при наличии мощных геохимических барьеров) может служить присутствие значительного количества гуминовых и гуминоподобных соединений в природных водах, донных отложениях, «желтом веществе» морей и других природных объектах. Очевидно также и наличие в ряде почв характерных морфологических признаков (потеки; пленки; «языки»; почвенные трещины, заполненные органомным материалом; «гумусные ловушки» и др.), формирование которых, возможно, связано с миграцией ГВ. Поэтому особый интерес представляет анализ в подобных новообразованиях ОВ в целом и отдельных фракций ГВ.

Целью нашей работы явилась сравнительная характеристика ГВ, выделенных из внутритрещинного материала и генетических горизонтов чернозема глинисто-иллювиального маломощного малогумусного (Предбайкальская впадина, Иркутская область). Выбор объекта исследования обусловлен хорошо выраженной полигональной трещиноватостью почвы, весьма характерной для большинства почв эллювиально-иллювиального типа. Вертикально ориентированные трещины, пронизывающие почвенный профиль до глубины 90-120 см, заполнены перегнойным материалом различной степени разложения и окраски (от буро-коричневой до черной).

Образцы почвы были отобраны во время проведения II-ой международной научно-практической конференции « Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем» [10]; было заложено два разреза - на бугре и в западине (Рис.1).

Рис 1. Профиль чернозема глинисто-иллювиального маломощного малогумусного

На первом этапе лабораторных исследований в отобранных образцах определяли общее содержание углерода (по методу Тюрина) и азота (по Кьельдалю. Результаты определений приведены в таблицах 1-4.

Таблица 1

Содержание $C_{общ}$ и $N_{орг}$ в генетических горизонтах чернозема глинисто-иллювиального мощного малогумусного (в западине).

Горизонт	Глубина, см.	$C_{общ}$, %	$N_{орг}$, %	C/N
Ad	0-18	8,22	0,72	13,4
A	18-32	6,64	0,65	11,9
A	32-85	3,76	0,19	23,2
A	85-120	3,67	0,13	32,9

Таблица 2

Содержание $C_{общ}$ и $N_{орг}$ во внутритрецинном материале чернозема глинисто-иллювиального мощного малогумусного (в западине).

Глубина, см	$C_{общ}$, %	$N_{орг}$, %	C/N
25-40	8,05	0,61	15,4
40-55	6,6	0,59	13,1
55-70	5,8	0,52	13,1
70-85	6,05	0,51	13,9
85-100	6,02	0,49	14,4
>100	6,35	0,41	18,1

Таблица 3

Содержание $C_{общ}$ и $N_{орг}$ в генетических горизонтах чернозема глинисто-иллювиального маломощного малогумусного (на бугре).

Горизонт	Глубина, см.	$C_{общ}$, %	$N_{орг}$, %	C/N
Ad	0-7	4,5	0,35	14,9
A	7-15	3,9	0,24	18,9
AB	15-40	1,9	0,17	13,4
B	40-75	1,3	0,14	10,8
Bca	75-120	1,6	0,11	17,2

Таблица 4

Содержание $C_{общ}$ и $N_{орг}$ во внутритрецинном материале чернозема глинисто-иллювиального маломощного малогумусного (на бугре).

Глубина, см	$C_{общ}$, %	$N_{орг}$, %	C/N
15-30	5,10	0,44	13,5
30-45	2,80	0,20	16,4
45-60	2,84	0,20	16,5
60-75	2,70	0,19	16,6
75-90	2,75	0,22	14,5
90-115	2,66	0,23	13,5

Вниз по профилю содержание органического вещества (ОВ) заметно снижается. Содержание азота не превышает 1%. Обогащенность гумуса азотом невелика, о чем свидетельствуют высокие значения отношения C/N, в пределах 15-20. В нижней части почвенного профиля это отношение сужается, что, вероятно, связано с замедлением процессов разложения азотсодержащих органических соединений и увеличением доли минерального азота. Важно отметить, однако, что во ВТМ (разрез в западине) отношение C/N до метровой глубины колеблется около значений 13-14, характерных для ОВ из верхних горизонтов почвы.

Вниз по трещине снижение органического вещества происходит медленнее. Так, для чернозема в западине снижение $C_{общ}$ во ВТМ на глубине 120 см составило менее 2 % по сравнению с верхним горизонтом (6,35 % и 8,05 %, соответственно). Содержание $C_{общ}$ в горизонте ВСа на этой же глубине составляет всего 3,67 %. В профиле почве на

бугре картина выглядит еще более контрастно: содержание Собщ в генетических горизонтах снижается с 4,5 % до 1,6 %, а во ВТМ - с 5,1 % до 2,66.

Полученные результаты позволяют предположить, что при отсутствии «фронтальной» миграции гумуса внутри почвенного профиля происходит перемещение некоторого количества ОВ из верхних горизонтов вниз по трещине.

Методами гидрофобной хроматографии и гель-фильтрации выявлены особенности распределения амфифильных фракций и молекулярно-массовое распределение гуминовых веществ во внутритрещинном материале и генетических горизонтах.

Количественно изменение амфифильных свойств исследуемых ГВ можно оценить по показателю степени гидрофобности (hph), который рассчитывается как отношение площадей гидрофобных фракций к гидрофильным [13].

В таблицах 5-8 представлены результаты фракционирования исследуемых ГВ на гидрофобизированном геле агарозы (Octil-Sepharosa CL-4B, Pharmacia). Условия разделения: линейные градиенты концентраций сульфата аммония (от 2.0 М до 0) и ступенчатые градиенты детергента (от 0 до 0.3 % SDS-Na); общий объем элюата 210 мл, то есть около 30 объемов колонки (Amicon, L=200 мм, D=10 мм).

Таблица 5

Степень гидрофобности (hph) ГВ из генетических горизонтов чернозема глинисто-иллювиального мощного малогумусного (в западине).

Горизонт	Глубина, см	Фракции		hph
		гидрофильные	гидрофобные	
Ad	0-18	98	2	0.02
A	18-32	97	3	0.03
A	32-85	70	30	0.43
A	85-120	73	27	0.37

Таблица 6

Степень гидрофобности (hph) ГВ из внутритрещинного материала чернозема глинисто-иллювиального мощного малогумусного (в западине).

Глубина, см	Фракции		hph
	гидрофильные	гидрофобные	
25-40	53	47	0.89
40-55	76	24	0.31
55-70	97	3	0.03
70-85	95	5	0.05
85-100	99	1	0.01
>100	97	3	0.03

Таблица 7

Степень гидрофобности (hph) ГВ из генетических горизонтов чернозема глинисто-иллювиального маломощного малогумусного (на бугре).

Горизонт	Глубина, см	Фракции		hph
		гидрофильные	гидрофобные	
Ad	0-7	61	39	0.63
A	7-15	98	2	0.02
AB	15-40	94	6	0.06
B	40-75	67	33	0.49
Bca	75-120	70	30	0.43

Таблица 8

Степень гидрофобности (hph) ГВ из внутритрещинного материала чернозема глинисто-иллювиального маломощного малогумусного (на бугре).

Глубина, см	Фракции		hph
	гидрофильные	гидрофобные	
15-30	73	27	0.38
30-45	90	10	0.11
45-60	97	3	0.03
60-75	94	6	0.07

75-90	94	6	0.07
90-115	97	3	0.03

Распределение амфифильных фракций в генетических горизонтах и ВТМ чернозема глинисто-иллювиального маломощного малогумусного представлены на рисунке 2. Следует отметить, что с глубиной наблюдается уменьшение в составе ГВ гидрофильных фракций. Так, например, для чернозема глинисто-иллювиального мощного малогумусного (в западине), количество гидрофильных фракций при переходе от верхних горизонтов к нижним, снижается от 98% до 73%, соответственно. Эти изменения связаны, вероятно, с уменьшением условий аэрации вниз по профилю, поскольку, согласно гипотезе Милановского-Шеина [17], формирование гидрофобного гумуса обусловлено жизнедеятельностью анаэробной микрофлоры и происходит внутри почвенных агрегатов.

Таким образом, можно констатировать, что ГВ из горизонтов почвы резко различаются по своему составу и свойствам и с глубиной наблюдается уменьшение в их составе «гидрофильных» фракций. Это свидетельствует об отсутствии (или крайне замедленной) «фронтальной» миграции ГК в профиле исследуемой почвы.

Напротив, ГВ внутритрещинного материала, весьма однородны. Показатель степени гидрофобности ГВ на всю исследуемую глубину трещин сохраняет низкие значения, около 0,05-0,1, что свидетельствует об увеличении вниз по трещине гидрофильной фракции в составе ГВ. Например, для внутритрещинного материала чернозема глинисто-иллювиального маломощного малогумусного (на бугре), на глубине 30-45 см количество гидрофильных фракций составляет 90%, а на глубине 90-115 см уже 97%, при этом на всей глубине трещины количество гидрофильных фракций во внутритрещинном материале примерно близко, в пределах 90-97%. Эти данные подтверждают возможность перемещения наиболее миграционноспособной гидрофильной фракции ГВ по трещине из верхних горизонтов.

Рис. 2. Распределение амфифильных фракций чернозема глинисто-иллювиального маломощного малогумусного (на бугре).

Определение молекулярных масс исследуемых ГВ проводили методом гель-фильтрации на сефадексе G-75 (Pharmacia). Условия анализа: колонка – 1.84 * 76 см (LKB); буфер – 0.05 М Tris-HCl pH 8.2 с 0.1 % SDS-Na; чувствительность – 0.2 % Т; скорость элюирования – 10 мл / ч; детектирование велось при 206 нм. Графики молекулярно-массового распределения представлены на рисунках 3 и 4.

Полученные хроматограммы содержат три максимума, что свидетельствует о присутствии в составе исследуемых ГВ фракций с молекулярной массой около 40000, 25000, 3000 а.е.м. . В генетических горизонтах почвы соотношение фракций существенно изменяется вниз по профилю: с глубиной уменьшается содержание наиболее высокомолекулярных компонентов ГВ. В минеральных горизонтах в составе гумуса уже явно доминируют ГВ с молекулярной массой около 25000 а.е.м.

Напротив, ГВ внутритрещинного материала, весьма однородны. Показатель степени гидрофобности ГВ на всю исследуемую глубину трещин сохраняет низкие значения, около 0,05-0,1, что свидетельствует об увеличении вниз по трещине гидрофильной фракции в составе ГВ. Например, для внутритрещинного материала чернозема глинисто-иллювиального маломощного малогумусного (на бугре), на глубине 30-45 см количество гидрофильных фракций составляет 90%, а на глубине 90-115 см уже 97%, при этом на всей глубине трещины количество гидрофильных фракций во внутритрещинном материале примерно близко, в пределах 90-97%. Эти данные подтверждают возможность перемещения наиболее миграционноспособной гидрофильной фракции ГВ по трещине из верхних горизонтов.

Рис. 3. Молекулярно-массовое распределение фракций ГВ чернозема глинисто-иллювиального маломощного малогумусного (на бугре).

Рис. 4. Молекулярно-массовое распределение фракций ГВ чернозема глинисто-иллювиального мощного многогумусного (в западине).

Напротив, во внутритрещинном материале характер молекулярно-массового распределения с глубиной изменяется за счет постепенного увеличения доли высокомолекулярных соединений гумуса. Это позволяет предположить, учитывая результаты фракционирования ГВ на октил-сепарозе, что высокомолекулярная фракция ГВ представлена в основном гидрофильными компонентами.

Подводя итоги проведенных исследований, можно констатировать, что в исследуемой почве формирование гумусовых соединений с преобладанием гидрофобных свойств происходит в основном в генетических горизонтах почвы *in situ*.

Гидрофильные фракции гумуса образуются в процессе гумификации растительных остатков по всей глубине почвенного профиля. «Фронтальная» миграция подвижных соединений в значительной степени затруднена особенностями мезорельефа (относительно ровная поверхность с небольшим уклоном; исключение составляют западины с мощными гумусовыми затеками), среднесуглинистым гранулометрическим составом почвы (лессовидные суглинки), относительно малым количеством осадков (350-450 мм), периодически промывным водным режимом (коэффициент увлажнения в мае-июне < 0.5, в июле-августе > 1). Мигрирующие гидрофильные компоненты закрепляются в нижних горизонтах почвы за счет связывания ГВ с Са, что предотвращает их дальнейшее вымывание.

Вынос ОВ происходит в период обильных дождей (вторая половина лета) по «преимущественным путям фильтрации» (по Gerrit de Rooij) [16,19]. Именно поэтому внутритрещинный материал практически полностью представлен гидрофильными компонентами ГВ. Миграция гумусовых соединений ограничена длиной и внутренним диаметром трещин, что приводит к образованию второго максимума накопления ОВ на глубинах около 90-100 см.

Сходная картина распределения фракций ГВ была получена нами ранее [15] при исследовании ГК и ФК, выделенных из внутритрещинного материала и генетических горизонтов оторфованной белоподзолистой иллювиально-гумусово-железистой почве на бескарбонатной морене (Центральный лесной государственный биосферный заповедник, Тверская область). Это позволяет предположить, что в столь разных по генезису почвах миграция ГВ имеет сходные черты. А именно:

1. Движение органических соединений (в том числе ГК и ФК) происходит почти исключительно по внутрипочвенной транзитной системы капиллярных пор и трещин;
2. Формирование органогенного внутритрещинного материала обусловлено не столько механическим выносом органических соединений из гумусированных горизонтов вглубь по трещине, сколько, в значительной степени, перемещением наиболее подвижных фракций ГВ в составе почвенного раствора.

1. Докучаев В.В. Дороже золота русский чернозем. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1994.543с.
2. Заварзина А.Г., Винифатова Н.Г., Степанов А.А. Фракционирование гуминовых кислот по относительной гидрофобности, размеру и заряду методом высаливания// Почвоведение. 2008.N12.C.1466-1474.
3. Костычев П.А. Почвы черноземных областей России. М.: Гос.изд-во с.-х. лит-ры, 1949.476 с.
4. Милановский Е.Ю. Гумусовые вещества как система гидрофобно-гидрофильных соединений // Диссертация в виде научного доклада на соискание ученой степени доктора биологических наук . Москва 2006. 96 С.
5. Милановский Е.Ю. Амфифильные компоненты гумусовых кислот//Почвоведение 2000.№6.C.706-715.
6. Милановский Е.Ю., Шеин Е.В., Степанов А.А. Лиофильно-лиофобные свойства органического вещества и структура почвы // Почвоведение. 1993. №6. С.122-126.
7. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л. Наука.1980.221С.
8. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Миграционная и седиментационная способность черных и бурых гуминовых кислот и их соединений с кальцием. // В кн.: Проблемы почвоведения. М., 1978.
9. Почвы Иркутской области, их использование и мелиорация. Изд. АН СССР. И., 1979. 134с.
10. Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем. // II Международная научно-практическая конференция. Изд. РАН. И., 2006.
11. Попов А.И. Гуминовые вещества. Свойства, строение, образование. Изд.С-ПГУ.2004.246 С.
12. Е. В. Поляков Поведение ионных и коллоидных форм микроэлементов в растворах гуминовых кислот при коллоидно-химической экстракции//Радиохимия,Изд-воС.П."Наука" РАН,2007,т.49,№4,С.378-384.
13. Степанов А.А. Влияние навозных стоков свиного комплекса на гумусное состояние луговой глеевой почвы и свойства гуминовых веществ // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук . Москва 1995. 25 С.
14. Степанов А.А. Получение амфифильных фракций гуминовых кислот из чернозема южного и их характеристика// Почвоведение. 2005.N8.C.955-959.
15. Степанов А.А. Особенности строения гуминовых веществ из внутритрещинного материала и генетических горизонтов торфянисто-подзолистой почвы// Почвоведение.2008.N18.C.948-954.
16. Умарова А.Б. Преимущественные потоки влаги в почвах: закономерности формирования и значение в функционировании почв/Геос.Москва.2011.265 с.
17. Шеин Е. В., Милановский Е.Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. 2003. №1, С.53-61
18. R.Blondeau, E.Kalinowski. Fractionation of humic substances by hydrophobic interaction chromatography. Journal of chromatography.375.1986.P.585-58.
19. De Rooij G.H. Modeling fingered flow of water in soils owing to wetting front instability: a review// J.Hydrol.2000.V.231-232.P.277-294.

Яковлева О.Д., Никифорова С.А.

Влияние поражения растений бурой ржавчиной на элементы продуктивности колоса сортов яровой мягкой пшеницы

*ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ»
(Россия, Ульяновск)*

doi: 10.18411/sr-10-04-2018-40

idsp: 000001:sr-10-04-2018-40

Аннотация

В статье приведена оценка устойчивости сортов яровой пшеницы в экологическом сортоиспытании к бурой листовой ржавчине. Выявлено сильное влияние поражения