

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Формирование, устойчивость и, напротив, деградация агрегатной почвенной структуры являются процессами, связанными с фундаментальными физико-химическими свойствами поверхности твердой фазы почв и являются их функциональными проявлениями. Реологические исследования позволяют вскрыть внутреннюю природу прочностных свойств и дают интегральную оценку прочности связей, участвующих в образовании почвенной структуры. В современных условиях интенсивной антропогенной нагрузки все почвы в той или иной степени подвержены физической и технологической деградации, которая проявляется на различных уровнях структурной организации. Цель исследования – современными методами реологии почв установить особенности реологического поведения генетических горизонтов дерново-подзолистой старопашотной почвы при сдвиговых нагрузках. Исследованные физические и химические свойства генетических горизонтов дерново-подзолистой старопашотной почвы существенно влияют на реологическое поведение почвы. Реологические свойства определяли на ротационном вискозиметре «РЕОТЕСТ-2» с цилиндрическим измерительным устройством. Параметры прочности структуры, в частности, давления начала течения почвенной суспензии и начала разрушения структуры в старопашотном горизонте составляет 20–40 Па, затем снижаются в элювиальном и возрастают в иллювиальном горизонте до 70 кПа. Вязкость начала и конца движения почвенной суспензии в пахотных горизонтах колеблется в диапазоне 110–120 Па*с, а в образцах горизонтов А-ЕLВ-В и А-ЕL – в диапазоне 140–170 и 6–80 Па*с соответственно. При сдвиговых деформациях почвенных горизонтов дерново-подзолистой почвы преобладающим явлением является реопексия, при различном участии тиксотропных процессов.

Ключевые слова: почва, реология, напряжение сдвига, скорость деформации, вязкость, прочность, реопексия.

Реологические исследования позволяют вскрыть внутреннюю природу прочностных свойств и дают интегральную оценку прочности связей, участвующих в образовании почвенной структуры. В современных условиях интенсивной антропогенной нагрузки все почвы в той или иной степени подвержены физической и технологической деградации, которая проявляется на различных уровнях структурной организации. Своевременная диагностика дегрэдационных изменений нуждается в разработке методов и контроле за физическим и технологическим состоянием почвы для своевременных рекомендаций по предотвращению неблагоприятных воздействий [1]–[2], [5]–[7], [11].

Методы реологии широко применимы в почвоведении. Структурно-механические свойства почв определяют условия развития корневой системы растений, устойчивость почв к обработке сельскохозяйственными орудиями. Реологические исследования позволяют получить деформационные характеристики почв в широком диапазоне, как влажностей, так и нагрузок [4]–[7], [13]–[14].

Цель и задачи

С помощью реологических методов установить особенности реологического поведения

генетических горизонтов дерново-подзолистой почвы при сдвиговых нагрузках. Задачи: (1) исследование физических и некоторых химических свойств основных генетических горизонтов дерново-подзолистой старопашотной почвы, (2) изучить особенности реологического поведения (сдвиговые деформации, прочность и вязкость) основных генетических горизонтов дерново-подзолистой почвы.

Объекты и методы

Исследования проводились на опытном поле Зеленоградского стационара почвенного института им. В.В.Докучаева, Пушкинский район Московской области. Объектом исследования послужила дерново-подзолистая старопашотная почва. На данной территории на старопашотном участке заложена траншея протяженностью 22 метра и глубиной 2,2 м. В данной статье рассматривается наиболее представительные горизонты почвенных профилей дерново-подзолистой старопашотной почвы: пахотный горизонт Апах, элювиальные А-ЕL и ЕL-В и элювиальный горизонт В, четко дифференцируемые в траншее. Гранулометрический состав определен методом лазерной дифрактометрии на приборе «Analysette 22 comfort». Агрегатный состав почв определен по методу

Н.И. Савинова. Содержание общего углерода определено на приборе экспресс анализатор углерода АН – 7529, методом сухого сжигания. Определение изотерм десорбции паров воды проводили над насыщенными растворами различных солей и общую эффективную удельную поверхность рассчитывали методом БЭТ [3]–[4], [8], [12]. Реологические свойства дерново-подзолистой почвы определены на ротационном вискозиметре «РЕОТЕСТ-2» с цилиндрическим измерительным устройством в лабораторных условиях на капиллярно-увлажненных образцах горизонтов дерново-подзолистой почвы.

Результаты и обсуждение

Исследуемая почва имеет подзолистый тип почвообразования и по классификации почв по гранулометрическому составу Н.А. Качинского относится к суглинкам (содержание физической глины от 25 до 50%, табл. 1).

Поверхностные горизонты почвы относятся к суглинку среднему пылеватому, а иллювиальные – к тяжелому. Почвенная структура оценивается в первую очередь на основании распределения агрегатов по их размерам. Исследованная дерново-подзолистая почва находится в залежи последние 5 лет. Она имеет хорошую водопроницаемость и высокое содержание агрономически ценных агрегатов (до 60–70% для пахотных горизонтов (табл.2). Значения коэффициента структурности ($>1,5$) также указывают на отличное агрегатное состояние исследуемых почв. Однако, водопрочность агрегатов низкая и составляет в пахотном горизонте 5–10% [3],

[4]. Следует отметить, что в элювиальных горизонтах содержание фракции $<0,25$ значительно выше, что говорит о более низкой их структурности. Содержание общего углерода уменьшается по профилю от 1,22 % в горизонте А до 0,3% в горизонте В (табл. 2).

Реологические свойства почв, являясь функциями структуры, связаны с поверхностными явлениями её высокодисперсной части. При взаимодействии почвенных частиц важнейшая роль принадлежит дисперсионным силам, которые действуют между молекулами любой природы и обуславливают притяжение макроскопических тел на достаточно больших расстояниях. В такой дисперсной системе как почва, где содержание твердой фазы настолько высоко, что ее можно считать дисперсионной средой, термодинамически устойчивые пространственные структуры могут возникать самопроизвольно при слипании частиц твердой фазы между собой. Эта энергия слипания (образование коагуляционных структур) зависит в первую очередь от удельной поверхности. Средние значения удельной поверхности для пахотного горизонта составляют 40–45 м²/г. Они уменьшаются до 20 м²/г в элювиальном горизонте и возрастают до 100 м²/г в горизонте В что связано с увеличением содержания илстых частиц и возможным изменением минералогического состава и содержание углерода [15] иллювиальных горизонтов (табл. 2).

Напряжение сдвига. Экспериментальное определение зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига для построения реологи-

Таблица 1. Гранулометрический состав дерново-подзолистой почвы

Горизонт	Размер фракций, мкм; % фракции массовый					
	< 1	1–5	5–10	10–50	50–250	<10
Апах.	3,8	20,8	12,6	60,0	2,8	37,2
А-ЕL	2,6	17,9	14,8	61,4	3,3	35,4
ЕL-В	2,8	20,4	17,7	59,1	0,1	40,8
В	12,3	17,9	6,2	59,5	4,1	36,4

Таблица 2. Некоторые физические и химические свойства дерново-подзолистой почвы

	Содержание общего углерода, (%)	Содержание агроном. ценных агрегатов, (%)	Коэффициент структурности Кст.	Водоуст. агрегатов, (%)	Удельная поверхн., м ² /г
Апах.	1,22	62,9	2,1	8,2	45,6
А-ЕL	0,41	68,5	2,2	4,2	34,6
ЕL-В	0,26	42,0	0,7	3	19,7
В	0,29	81,5	4,4	1,4	108,8

ческих кривых проводили при различном времени деформирования почвы в течение 3 мин. Показания напряжения сдвига снимали каждые 10 секунд. Почвенные образцы для реологического исследования капиллярно увлажнялись в течение суток. Из рис. 1 видно, что преобладающим свойством пахотного горизонта является реопексия, т.к. обратная ветвь лежит выше прямой [2], [4].

Таким образом, в профиле дерново-подзолистой почвы основным реологическим свойством является реопексия, а изменение

физико-химических свойств, влияет лишь на вязко-прочностные свойства нашей почвы.

Прочность. Реологические параметры прочности (табл. 3): параметр R_{k1} , характеризующий начало течения почвенной суспензии, R_{k2} – начало разрушения структуры и параметр R_m – напряжение сдвига, соответствующее полному разрушению структуры. В пахотном горизонте R_{k1} составляет 20 Па, ниже по профилю, в элювиальном горизонте, они снижаются, а затем, в иллювиальных горизонтах значение параметра R_{k1} опять становится в около 20 Па.

Точно такая же зависимость прослеживается и с параметром R_{k2} (начало разрушения структуры). Параметр R_m в пахотном горизонте составляет около 40 Па, а в иллювиальном горизонте достигает 70–80 Па. Наибольшие значения R_m наблюдаются в горизонте В. Таким образом вниз по профилю увеличивается напряжение сдвига, соответствующее полному разрушению структуры.

Вязкость. Значения вязкости наименьшие в образцах элювиального горизонта, это связано с наименьшим содержанием в нем общего углерода, который в свою очень яв-

Таблица 3. Параметры прочности и вязкости дерново-подзолистой почвы

Реологические параметры	Горизонт, глубина (см)		
	Апах (0–10)	А-ЕЛ (25–35)	В (43–53)
Параметры прочности, Па			
R_{k1}	20	1	24
R_{k2}	21	0	16
R_m	36	31	70
Параметры вязкости, Па с			
R_{k1}	121	6	143
кон	172	86	177
min	0,9	0,4	1,3

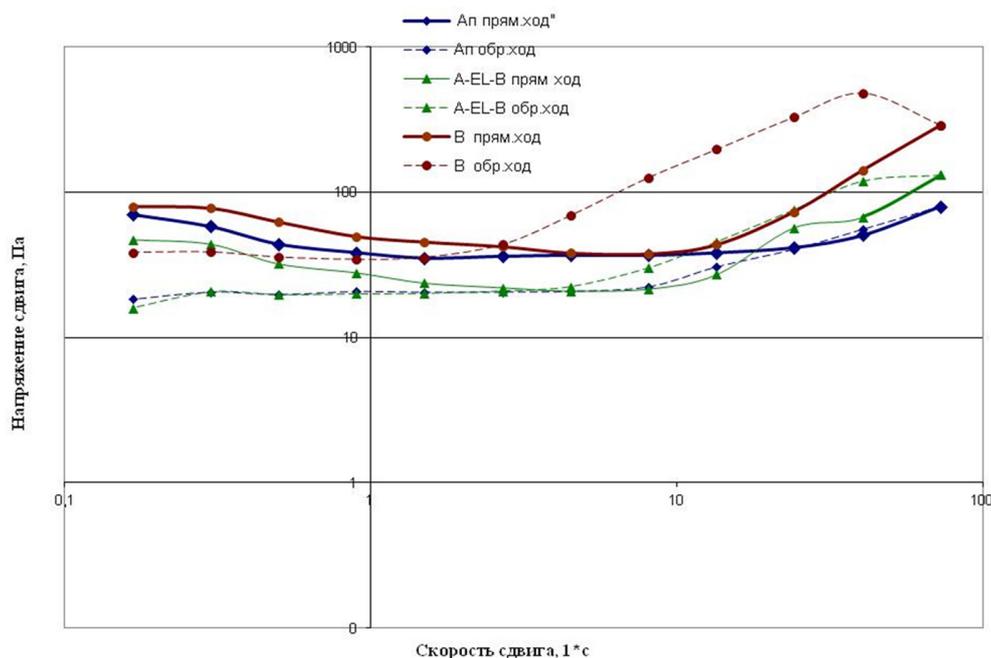


Рисунок 1. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига в дерново-подзолистой почве

ляется одним из основных склеивающих элементарные почвенные частицы веществ. Вязкость начала (η_{PK1}) и конца движения ($\eta_{кон}$) почвенной суспензии в пахотных горизонтах колеблется в диапазоне 110–120 Па*с, в образцах горизонтов А и А-ЕЛ находятся в диапазоне 100–140 и 6–80 Па*с, соответственно. Начальная вязкость в иллювиальном горизонте достигает 143 Па*с.

Выводы

1. Исследованные физические и химические свойства дерново-подзолистой старопашотной почвы определяются генетическими горизонтами и существенно влияют на реологи-

ческое поведение почвы. Параметры прочности структуры: давления начала течения почвенной суспензии и начала разрушения структуры в старопашотном горизонте составляет 20–40 Па, затем снижаются в элювиальном и возрастают в иллювиальном горизонте до 70 кПа. Вязкость начала и конца движения почвенной суспензии в пахотных горизонтах колеблется в диапазоне 110–120 Па*с, а в образцах горизонтов А-ЕЛВ-В и А-ЕЛ – в диапазоне 140–170 и 6–80 Па*с соответственно.

2. При сдвиговых деформациях почвенных горизонтов дерново-подзолистой почвы преобладающим явлением является реопексия, при различном участии тиксотропных процессов.

30.05.2016

Список литературы:

1. Манучаров А.С., Аbruкова В.В. Применение в почвенно-реологических исследованиях автоматического прибора РЕОТЕСТ-2. Почвоведение, 1982, №11, с.92-100.
2. Аbruкова Л.П. Реопексия при реологических исследованиях. Почвоведение, 1976, №5, с.121-125.
3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – 3-е издание, перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986.
4. Шейн Е.В. Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005, 432с.
5. Шрамм Г. Основы практической реологии и реометрии. г.Москва “КолосС” 2003.311с.
6. Хайдапова Д. Д., В. В. Честнова, Е. В. Шейн, Е. Ю. Милановский Реологические свойства черноземов типичных (Курская область) при различном землепользовании. Почвоведение. 2016. № 8, с. 955–963
7. Шейн Е.В., Милановский Е.Ю., Хайдапова Д.Д. Устойчивость почвенной структуры и органическое вещество почв // Роль почв в биосфере. Тр. ин-та почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова и РАН. 2002. Вып. 1. С. 129–151.
8. Шейн Е.В., Болотов А.Г., Хайдапова Д.Д., Милановский Е.Ю., Тюгай З.Н., Початкова Т.Н. Реологические свойства черноземов Алтайского Приобья // Вестн. Алтайского гос. аграрного ун-та. 2014. № 8. С. 32–38.
9. Шейн Е.В., Архангельская Т.А., Гончаров В.М., Губер А.К., Початкова Т.А., Сидорова М.А., Смагин А.В., Умарова А.Б. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 200 с.
10. Markgraf Wibke, Rainer Horn, Stephan Peth An approach to rheometry in soil mechanics—Structural changes in bentonite, clayey and silty soils/ Soil & Tillage Research 91 (2006) 1–14
11. Mezger T.G. The Rheology handbook. 2011. 3-rd Revised Edition, Hanover, Germany. P. 436.
12. Markgraf Wibke, Rainer Horn, Stephan Peth An approach to rheometry in soil mechanics—Structural changes in bentonite, clayey and silty soils/ Soil & Tillage Research 91 (2006) 1–14
13. Markgraf W., Moreno F., Horn R. Quantification of microstructural changes in salorthidicfluvaquents using rheological and particle charge techniques // Vadose Zone J.V. 11(1). dx.doi.org/vzj/ 11/1/vzj2011.
14. Mezger T.G. The Rheology handbook. 2011. 3-rd Revised Edition, Hanover, Germany. P. 436.
15. Shein E., E.Milanovskiy. Soil Structure Formation: Role of the Soil Amphiphilic Organic Matter. Biogeosystem Technique, 2014, Vol. (2), No 2, pp. 182-190. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.182.

Сведения об авторах:

Шейн Евгений Викторович, профессор кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, доктор биологических наук
E-mail: evgeny.shein@gmail.com

Початкова Татьяна Николаевна, старший преподаватель кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, кандидат биологических наук
E-mail: pochatkovatn@mail.ru

Холодков Артем Игоревич, аспирант, кафедра физики и мелиорации почв, факультет почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова
E-mail: artem-soil@yandex.ru

119991, г. Москва, Ленинские горы д. 1, тел. (495) 9393684