

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛИТОЗЕМОВ ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Т.Л.Быстрицкая, Н.П.Смагина

Институт почвоведения и фотосинтеза АН СССР, Пушкино;
Факультет почвоведения МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва

Различные аспекты исследования черных слитых почв продолжают оставаться актуальными как в нашей стране, так и за рубежом. Нельзя не отметить, что в последние годы работы по изучению слитых почв в нашей стране значительно активизировались. Так, выполнены подробные разносторонние исследования слитоземов Алазанской долины /9-11/, начаты систематические работы по выяснению механизма слитогенезов в почвах Ставрополя /1/. Однако структурно-функциональные свойства слитоземов до последнего времени остаются практически не изученными, отсутствуют также работы, где проводится сопряженный анализ физических свойств и химического состояния слитоземов.

Почва как физическое тело столь же мобильная система, как любой другой компонент биогеоценоза или агроценоза. Поэтому современный этап исследований в области физики почв требует применения качественно нового подхода, примером которого является термодинамический структурно-функциональный метод анализа /3, 7, 12/. Трактовка структуры почвы в термодинамических параметрах позволяет количественно описать совместные процессы изменения количества и состояния влаги, внутриагрегатного и межагрегатного почвенного воздуха, порового пространства почвы в целом, т.е. получить наиболее объективное отражение физических процессов, происходящих в почве в связи с изменением ее влажности. Очевидно, что все эти явления и процессы существенным образом связаны с химическим состоянием исследуемой почвы.

Цель настоящей работы – сопряженное исследование ряда параметров химического состояния и структуры порового пространства по вертикальному профилю слитозема /5/ Предкавказья.

Объект и методы исследования

Объектом исследования был слитозем, распространенный в районе г. Белореченска Краснодарского края, используемый с 1984 г. под промышленные насаждения грецкого ореха. Вертикальный профиль исследуемой почвы имеет характерное для слитоземов морфологическое строение, неоднократно описанное в литературе /8/. Особенностью данного профиля является наличие насыпного поверхностного горизонта мощностью 35 см, возникшего из нижележащих горизонтов в соответствии с технологией посадки грецких орехов. Разумеется, этот насыпной горизонт имеет нарушенное сложение, хотя и сохраняет ряд признаков, свойственных слитоземам: тяжелый гранулометрический состав, слитость, трещиноватость и др. Образцы для исследования отобраны в июле 1986 г.

В работе были использованы следующие методики: гранулометрический состав определялся пиррофосфатным методом /6/. Величины $E_s W_q$, w_n , ρ_s и w_t , необходимые для построения диаграмм структуры порового пространства определялись общепринятыми методами /3, 4, 12/. Для определения величины текстурной порозности D_s использовался усовершенствованный нами метод насыщения неполярной жидкостью (толуолом). Для изучения зависимости текстурной порозности от влажности агрегаты известной массы увлажнялись паром: в зависимости от времени экспозиции можно было получить различные величины влажности. Искомые характеристики текстурной порозности D , влажности w и объема, занятого воздухом $V_{\text{возд}}$, представленные в удельных объемах, находили по следующим формулам:

$$V_{\text{возд}} = \frac{m_t}{m_o \cdot \rho_t \cdot k_w}, \quad (1)$$

где m_t – масса толуола в агрегате; m_o – масса воздушно-сухого агрегата, ρ_t – плотность толуола, k_w – коэффициент гигроскопичности.

$$w = w_{\text{агр}} + w_t, \quad (2)$$

где $w_{\text{агр}}$ – влажность агрегата после обработки паром, w_t – влажность воздушно-сухого агрегата.

$$D = w + V_{\text{возд}} \quad (3)$$

Валовое содержание кремния, железа и алюминия определялось после разложения почвы сплавлением с фтористоуглеродной кислотой. Подвижные окислы кремния, алюминия и железа определены в вытяжке Тамма /2/.

Результаты и их обсуждение

В соответствии с результатами гранулометрического анализа (рис. 1) весь исследованный профиль - глинистый (содержание физической глины около 70%); исключение составляет лишь поверхностный насыпной горизонт тяжелосуглинистый, который выделяется повышенным содержанием фракции мелкого песка. Максимумы содержания глинистых и илистых частиц приурочены к толще от 100 до 200 см. Пересчеты на безылистую навеску свидетельствуют об исходной однородности исследуемого профиля по гранулометрическому составу.

Проведенные определения структурно-функциональных свойств (табл. 1) показали, что для исследуемого слитозема в целом ха-

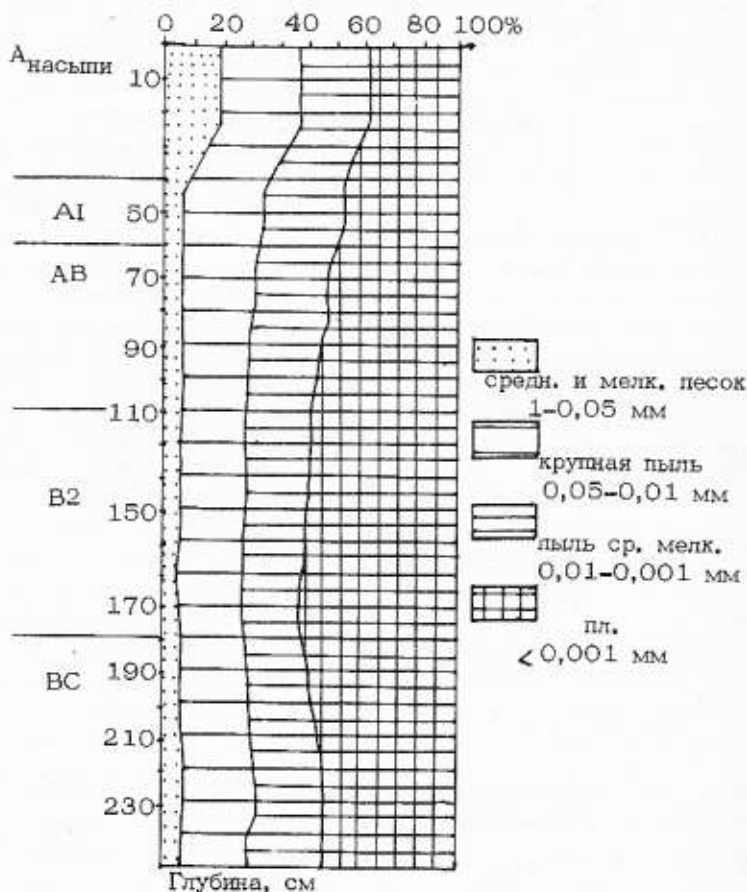


Рис. 1. Распределение гранулометрических фракций по вертикальному профилю слитозема Предкавказья (Белореченск)

Т а б л и ц а 1

Структурно-функциональные свойства слитозема
Предкавказья (Белореченск)

Генетические горизонты и глубина образца, см	$\rho_s, \text{кг/м}^3$	D_a	w_a	w_t	$E_s,$ Дж/кг	k	МГ, %
		$\text{м}^3/\text{кг} \cdot 10^{-5}$					
$A_{\text{насыщ.}}$ 0-35 (10-20)	2,57	17,62	6,65	46,0	83,3	0,0269	11,08
A_1 35-58 (40-50)	2,74	14,82	5,74	54,6	102,4	0,0287	9,57
A_B 58-90 (65-75)	2,75	17,05	7,13	47,9	96,8	0,0269	11,88
B_1 90-123 (100-110)	2,85	14,29	5,56	55,3	151,3	0,0287	9,26
B_2 123-193 (150-160)	2,56	15,69	6,62	45,8	101,4	0,0316	10,03
B_C 193-230 (205-215)	2,75	15,76	6,15	41,4	122,4	0,0316	10,25
C >230	2,80	15,64	6,21	40,7	94,2	0,0316	10,35

характерны низкие величины текстурной порозности агрегатов D_a . При влажности, соответствующей прочносвязанной адсорбированной воде W_a , наибольшая величина $D_a - 17,6 \text{ м}^3/\text{кг} \cdot 10^{-5}$ - отмечена для поверхностного насыщенного горизонта, минимальная - для горизонтов A_1 и $B_1 - 14,8$ и $14,3 \text{ м}^3/\text{кг} \cdot 10^{-5}$, соответственно. Для этих же горизонтов характерна самая высокая поверхностная энергия взаимодействия твердой фазы с поровой влагой E_s (в горизонте B она составляет 151 Дж/кг), а также максимальные величины набухания (28 и 32%).

При построении кривых зависимости текстурной порозности от влажности (рис. 2) генетические горизонты вертикального профиля исследуемого слитозема сгруппировались следующим образом: верхняя кривая (коэффициент экспоненциальной усадки $k=0,0269$)

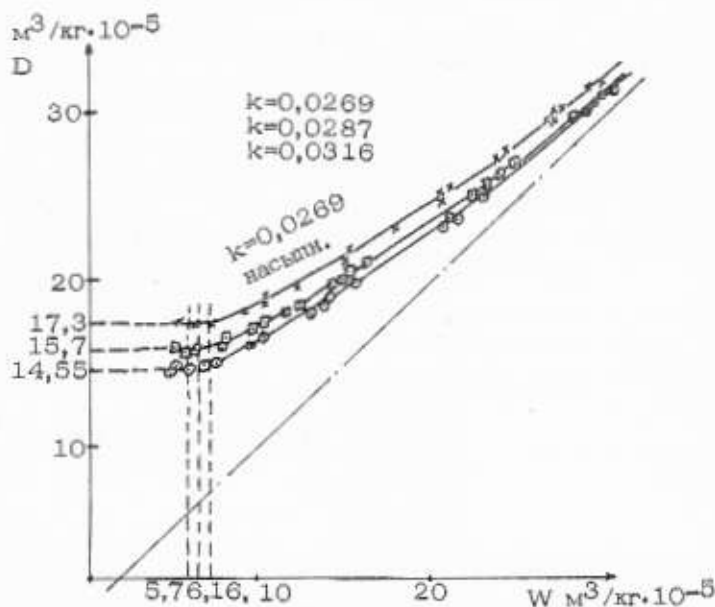


Рис. 2. Зависимость текстурной порозности от влажности в слитоземе Предкавказья (Белореченск)

объединила данные по горизонтам $A_{\text{насыщ.}}$ и AB . Линия, занимающая нижнее положение на рис. 2, аппроксимирует зависимость для горизонтов A_1 и B_1 ($k=0,0287$). Между ними располагается кривая с $k=0,0316$, объединяющая нижние горизонты исследуемого профиля и материнскую породу. Это позволяет заключить о повышенной слитости и следовательно, пониженной величине текстурной порозности в горизонтах A_1 и B_1 по сравнению с менее слитыми горизонтами $A_{\text{насыщ.}}$ и AB .

С целью подтвердить этот вывод, а также для полного описания структуры порового пространства как функции состояния влаги в почве для каждого генетического горизонта исследуемого слитозема были построены диаграммы пористости (рис. 3). Сравнительный анализ этих диаграмм обнаруживает слитость всего исследуемого профиля и максимальную выраженность этого явления в горизонтах A_1 и B_1 : удельные объемы трещин и пустот в этих горизонтах в 2-3 раза превышают объемы аэрации текстурного порового пространства (при влажности, близкой к W_d); для тех же горизонтов характерна и максимальная величина просадки. Низкие величины текстурного порового пространства сохраняются на длительном отрезке от $pF=3-3,5$ до предела усадки $pF=5,3$.

Отличительной чертой слитых горизонтов является почти постоянный и очень малый объем аэрации текстурного порового простран-

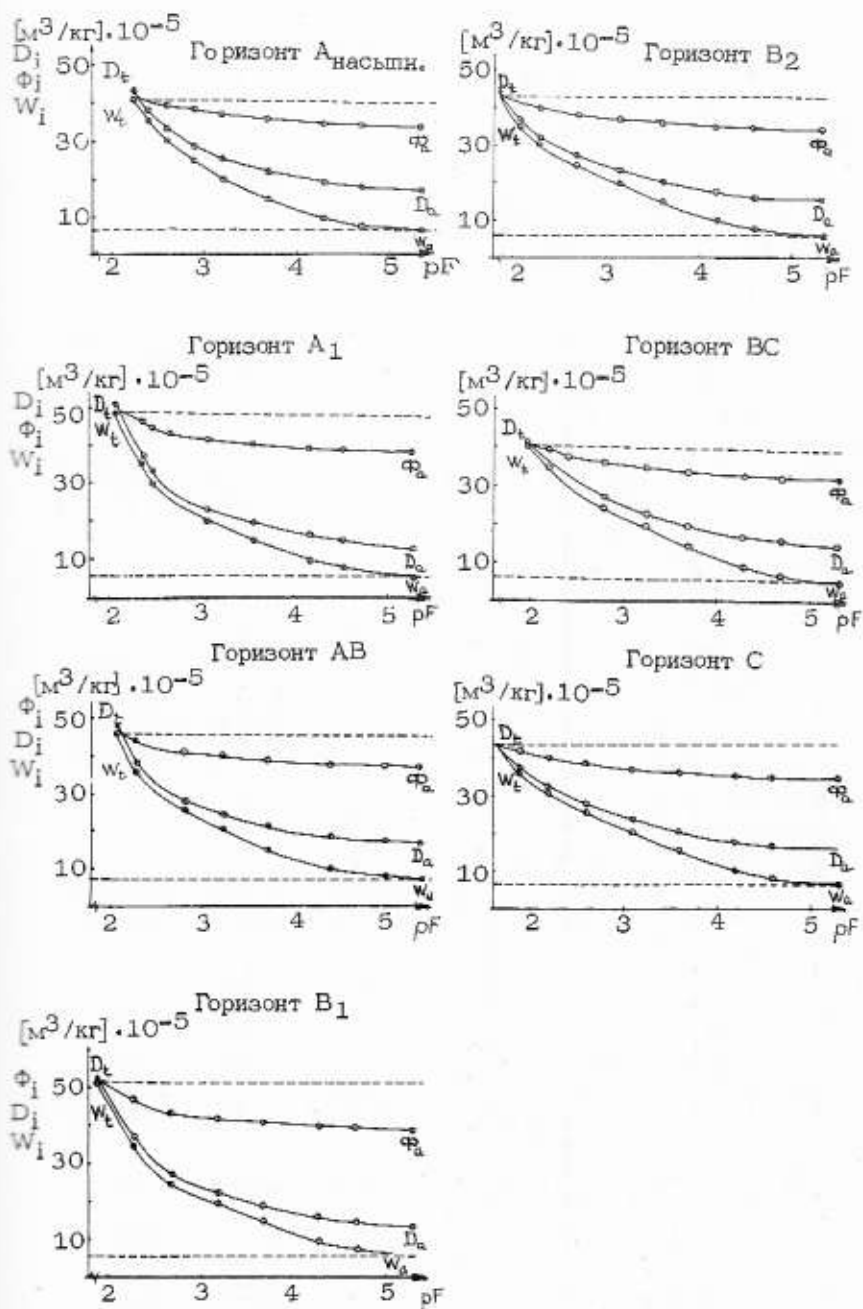


Рис. 3. Диаграммы пористости слитозема Предкавказья (Белореченск)

Содержание (валовое и подвижных окислов) кремния, алюминия и железа в слитоземе
Предкавказья (Белореченск)

Генетические горизонты и глубина об- разца, см		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Σ подв. окислов (SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃)	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
		% на воздушно-сухую почву				Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O ₃
А _{насыщ.} 0-35 (10-20)	1	58,52	19,41	4,05	-	5,1	9,2	4,7
	2	0,225		0,95				
	3	0,38		23,46				
А ₁ 35-58 (40-50)	1	55,64	22,48	3,78	2,16	4,2	9,4	3,9
	2	0,250/10,3*	1,12/46,4	1,04/43,3				
	3	0,45	4,98	27,51				
АВ 58-90 (65-75)	1	60,29	18,33	4,20	1,86	5,6	9,2	4,8
	2	0,225/10,8*	1,02/48,9	0,84/40,3				
	3	0,37	5,56	20,00				
В ₁ 90-123 (100-110)	1	52,78	25,76	4,30	1,82	3,5	7,9	3,1
	2	0,230/11,2*	1,12/54,6	0,70/34,2				
	3	0,44	4,35	16,28				

B ₂	1	59,93	19,54	4,05		5,2	9,5	4,8
123-193	2	0,280/16,8*	0,79/47,3	0,60/35,9	1,39	0,60	0,30	0,41
(150-160)	3	0,47	4,04	14,81				
BC	1	54,74	23,16	4,30		4,0	8,1	3,5
193-230	2	0,300/25,3*	0,58/48,7	0,31/26,0	0,89	0,88	0,62	0,66
(205-215)	3	0,55	2,50	7,21				
C > 230	1	56,88	20,29	4,30		4,8	8,4	4,1
	2	0,285/12,4*	1,70/74,0	0,31/13,6	2,01	0,29	0,59	0,25
	3	0,50	8,38	7,21				

Примечание: 1 - валовое содержание; 2 - подвижные окислы (вытяжка Тамма); 3 - % подвижного окисла от его валового содержания; * - % от Σ подвижных окислов.

ва на участке от состояния максимального набухания до $pF = 3,3$: кривые W_j и $D_i (pF)$, ограничивающие этот объем на данном отрезке, почти параллельны.

Максимальные величины влажности формирования трещины ($W_{тр} = 28,4; 29,1\%$) также приурочены к горизонтам A_1 и B_1 ; в других горизонтах $W_{тр} \approx 24-25\%$. Из этого следует, что при высыхании почвы скорее будут образовываться трещины в слитых горизонтах, и влага может быстрее перемещаться по ним, а горизонты AB, B_2 и порода, наоборот, будут дольше обводнены. Возможно, с этим явлением связано относительное утяжеление горизонта B_2 по гранулометрическому составу.

Динамический подход к исследованию структуры порового пространства позволяет оценить изменения плотности сложения почв ($\rho_v, \text{г/см}^3$) в зависимости от влажности. В ряду от влажности насыщения до прочносвязанной влаги эта величина закономерно меняется. Пределы изменения существенны: 1,15-1,33 для слитых и 1,22-1,43 для остальных, менее слитых горизонтов. Это очень важно учитывать при расчетах запасов вещества в набухающих почвах.

Рассмотрение данных о химическом состоянии исследуемого слитозема (табл. 2) показывает следующее: при

кажушейся однородности рассматриваемого профиля по валовому содержанию кремния, алюминия и железа, расчеты коэффициентов дифференциации почвенного профиля и молекулярных отношений $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$ и $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ выявляют своеобразную, отчетливо выраженную химическую слоистость. Согласно полученным данным, рассматриваемый слитозем оглинен в горизонтах A_1 , B_1 и BC . Перечисленные горизонты оглинения чередуются с горизонтами, где, напротив, наблюдается относительно повышенное содержание кремнекислоты по сравнению с почвообразующей породой. Следует подчеркнуть, что описанная химическая дифференциация почвенного профиля не связана с особенностями распределения гранулометрических фракций: как указывалось выше, гранулометрический состав отличается однородностью, и максимумы содержания глинистых и илистых фракций не совпадают с установленными валовым анализом максимумами оглинения.

Вместе с тем описанные выше результаты структурно-функционального анализа вертикального профиля слитозема отчетливо выявили максимум слитости именно в этих же (в первую очередь A_1 и B_1) горизонтах. Таким образом, наблюдается хорошо выраженная связь результатов структурно-функционального анализа и некоторых данных о химическом состоянии рассматриваемой почвы.

Результаты определения содержания подвижных окислов алюминия, железа и кремния (вытяжка Тамма) показали, что в целом содержание их в исследуемой почве очень мало (табл. 2): абсолютное содержание подвижной окиси алюминия составляет 1,7–0,6%, железа – 1,0–0,3%, а кремния всего 0,3–0,2%. Можно отметить, что максимумы подвижного железа приурочены к верхней части профиля, кремния – к нижней, а для алюминия наблюдается описанная выше закономерность: последовательное чередование горизонтов с повышенным и пониженным содержанием подвижных форм этого элемента. В целом же эти материалы не дают оснований связывать слоистость рассматриваемого профиля с наличием в нем подвижных форм окислов кремния, алюминия и железа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Т.В., Алексеев А.О., Ковалевская И.С. и др. Минералогический состав илистой фракции почв сопряженных ландшафтов центра Ставропольской возвышенности // Почвоведение. – 1988. – № 9. – С. 113–124.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв // – М.: Изд-во МГУ, 1961. – 104 С.
3. Березин П.Н. Структурно-функциональные и гидрофизические свойства набухающих почв // Современные физические и химические методы исследования почв // – М.: Изд-во МГУ, 1987. – С. 20–45.
4. Березин П.Н., Шейн Е.В. Способ определения электропроводности почв // Авт. свид. № 993855, 1985.

5. Быстрицкая Т.Л., Тюрюканов А.Н. О генетическом переходном классе почв и некоторых входящих в него типах темноокрашенных почв//Докл. АН СССР. - 1962. - Т. 147, № 4. - С. 935-937.

6. Валюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы определения физических свойств почв и грунтов. - М.: Изд-во МГУ, 1986. - 416 с.

7. Воронин А.Д. Основы физики почв. - М.: Изд-во МГУ, 1986. - 248 с.

8. Елисеева Н.В. Физические свойства и режим влажности слитых черноземов западного Предкавказья//Почвоведение. - 1983, № 4, - С. 56-63.

9. Мохамед Эль Саид, Мохамед Абу Вали. Факторы слитогенеза и моделирование процесса слитогенеза//Автореф. канд. дис. - М.: Изд-во МГУ, 1987. - 23 с.

10. Силева Т.М. Особенности слитогенеза геохимически сопряженных почв Алазанской долины//Автореф. канд. дис. - М.: Изд-во МГУ, 1986. - 18 с.

11. Чернова О.В. Гумус геохимически сопряженных почв полусухих субтропиков//Автореф. канд. дис. - М.: Изд-во МГУ, 1987. - 22 с.

12. Шейн Е.В., Березин Н.Н., Гудима И.И. Дифференциальная пористость почв//Почвоведение. - 1988, № 3. - С. 53-65.