

УДК: 631.48; 930.26

Моделирование отношений элементов полидисперсной системы почв с использованием эталона сравнения

Крыщенко В. С., Рыбьянец Т. В., Замулина И. В., Бирюкова О. А., Кравцова Н. Е.

Аннотация:

Показано наличие общего принципа взаимосвязи и взаимозависимости между содержанием гумуса в физической глине, содержанием гумуса в почве и константами динамического равновесия полидисперсной системы почв, который описывается математической моделью. Разработка моделей основывается на концепции обобщения В. И. Вернадского «Достоверно зафиксированная связь между какими-либо явлениями может быть установлена и соответствующим образом формализована без изучения механизмов ее возникновения».

Ключевые слова: *полидисперсная система почв, гранулометрические фракции, гумус, математическая модель.*

Simulation of correlation the elements of a polydisperse soil system based on a reference standart

V. S. Kryshchenko, T. V. Rybianets, I. V. Zamulina, O. A. Biriukova, N. E. Kravtsova

Abstract:

The paper proves existence of a general principle of correlation and interdependence between the humus content in physical clay, humus content in soil and the dynamic balance constants of a polydisperse soil system that can be described as a mathematical model.

Keywords: *polydisperse soil system, particle-size fractions, humus, mathematical model.*

Введение

Крыщенко В. С., Рыбьянец Т. В., Замулина И. В., Бирюкова О. А., Кравцова Н. Е. Моделирование отношений элементов полидисперсной системы почв с использованием эталона сравнения // «Живые и биокосные системы». – 2013. - № 2; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-2/article-9>

В. И. Вернадский отмечал, что «почва пространственно выделяется от всего окружающего, и мы можем говорить о пространстве почв как отличном от пространства породы или минерала или живого организма» [3]. Одной из важнейших теоретических проблем почвоведения является проблема организации почвенных систем [1]. Данная работа является результатом многолетних исследований, посвященных изучению полидисперсной системы почв (ПСП). ПСП можно определить как совокупность условно неделимых биокосных элементов (элементарные почвенные частицы, ультра- и микроагрегаты), объединенных механизмом обратной связи, стремящихся к состоянию устойчивого динамического равновесия и реагирующих на изменение внешней среды. Данная система характеризуется как гетерогенная, открытая и саморегулирующаяся. Обратимая динамика почвенных процессов в настоящее время не вызывает сомнений [2,8]. Однако основными внутренними процессами, определяющими саморегуляцию и устойчивость ПСП, являются взаимопротивоположные процессы агрегирования ↔ диспергирования ультра- и микроагрегатов, которые имеют определенный жизненный цикл и сосредоточены во фракциях <math><0.01\text{ мм}</math>. Соотношение гранулометрических фракций, связь этих фракций с другими важнейшими элементами почвенной системы (в частности, с гумусом почвы) могут быть количественно описаны и спрогнозированы для каждого индивидуального почвенного образца с помощью математической модели. Апробация и подтверждение разработанных ранее принципов построения и использования такой модели [5,6], а также выявление закономерностей функционирования ПСП с использованием математического моделирования и являются основной целью настоящей работы.

Объекты и методы исследования

Объектами математического моделирования являлись результаты полевых и лабораторных исследований почв Ростовской области и республики Кабардино-Балкарии. Также в качестве объектов для апробации предлагаемой математической модели ПСП были привлечены литературные данные, несущие необходимую информацию о почвенном образце: гранулометрический состав, содержание гумуса в почве, содержание гумуса в гранулометрических фракциях. Подготовка почвенных образцов к гранулометрическому анализу проводилась с пирофосфатной обработкой и последующим определением по Н. А. Качинскому. В этих же образцах определялось содержание гумуса по Тюрину в почве и в физической глине. Всего было проанализировано 135 почвенных образцов.

Для разработки и построения математической модели использованы следующие теоретические и методические положения:

1. Свойства почвы имеют генетический смысл, только если они соотнесены и количественно связаны с массой (или удельной поверхностью) гранулометрических фракций, которые индуцируют и определяют величину этого свойства. Для выявления взаимосвязей и взаимозависимостей элементов ПСП разработана матричная модель гранулометрической системы почв, не предполагающая построение матричного исчисления, но позволяющая систематизировать данные гранулометрического анализа сопряжено с свойствами ПСП, указав для каждого почвенного образца определенное место в ячейках гранулометрической матрицы. Теоретические и методические предпосылки, а также алгоритм построения квадратной гранулометрической матрицы 54 порядка описаны ранее [5,6].
2. В научной литературе имеется большое количество сведений о таких важных компонентах ПСП, как гранулометрический состав и гумус, которые обсуждаются как обособленно, так и во взаимосвязи друг с другом [4,7,10]. Математическое моделирование функциональной среды ПСП позволяет по-новому интерпретировать данные о содержании гумуса в почве. Во-первых, величина содержания гумуса в почве функционально определяется и зависит от содержания гумуса во фракциях физической глины. Во-вторых, этот показатель несет информацию о количестве физической глины и соотношении в ней ила и пыли, что и характеризует состояние динамического равновесия полидисперсной системы индивидуального почвенного образца. В-третьих, величина содержания гумуса в почве несет информацию об эффекте механического «разбавления» концентрации гумуса физической глины безгумусовой массой физического песка.
3. Почвенной системе, являющейся системой природной, гетерогенной, открытой и саморегулирующейся, присуще гомеостатическое свойство, стремление к состоянию устойчивого квазистационарного динамического равновесия между элементами. Математическое моделирование позволяет для любого содержания в почве физической глины рассчитать базовое (детерминантное) содержание илистой фракции, которое и будет характеризовать квазистационарное состояние ПСП. Модельное значение илистой фракции связано особыми функциональными зависимостями

с фактическими значениями содержания ила, гумуса почвы, гумуса физической глины, полученными в результате лабораторных анализов индивидуальных почвенных образцов.

Исследования, проведенные ранее [5,6] позволяют использовать для построения математической модели ПСП следующие обозначения и зависимости.

y — содержание физического песка в почве, %;

z — содержание физической глины в почве, %;

$k_1=100/z=1+yz$ — коэффициент динамической взаимосвязи физического песка и физической глины почвы;

a_f — содержание илистой фракции, %;

b_f — содержание пылеватых фракций физической глины, %;

$k_2=z/a_f=1+b_f/a_f$ — коэффициент динамической взаимосвязи илистой и пылевой фракций физической глины;

$adt=0,01z^2$ — базовое детерминантное расчетное содержание илистой фракции в почве как статистически наиболее вероятная величина для данного значения z , %, $k_1/k_2=100/z:z/a_f=100a_f/z^2 \rightarrow a_f=adt=0,01z^2$.

Базовое значение ила (adt) равно квадрату массы физической глины, деленное на 100.

$bdt=z-adt=0,01yz$ — базовое расчетное содержание пылеватых фракций физической глины почвы, %;

$k_a=a_f/adt$ — константа динамического равновесия ПСП при $a_f > b_f$;

$k_b=b_f/adt$ — константа динамического равновесия ПСП при $b_f > a_f$;

K_a и K_b могут принимать значения $>1,0$ (физическая глина насыщена илом (пылью)), $<1,0$ (физическая глина не насыщена илом (пылью)) и равные $1,0$ (в квазистационарном равновесном состоянии ПСП при $a_f=adt$);

$V_a=100a_f/z$ — степень насыщенности физической глины илом при $a_f > b_f$, %;

$V_b=100b_f/z$ — степень насыщенности физической глины пылью при $a_f < b_f$, %;

y — содержание гумуса в почве, %;

x — содержание гумуса в физической глине, полученное аналитически, %;

$x_p=yK$ — расчетное содержание гумуса в физической глине при $K > 1,0$, %;

$x_p=y/K$ — расчетное содержание гумуса в физической глине при $K < 1,0$, %;

x_1, x_2, x_3 — содержание гумуса во фракциях ила, мелкой и средней пыли соответственно, полученное аналитически, %;

$x_{ер}=(x_1+x_2+x_3)/3$ — среднее арифметическое содержание гумуса

в физической глине, полученное из аналитических данных, %;

$W=100x/z$ — степень насыщенности физической глины гумусом, %.

Результаты и обсуждение

Анализ публикаций, связанных с проблемой оценки взаимосвязи дисперсности и гумусности почв, показал, что в большинстве случаев обнаруживается высокая степень сродства между содержанием гумуса и количеством физической глины в почвах [1,4,7,8]. Однако при одном и том же содержании физической глины в любом подтипе почв наблюдается значительное варьирование в ней иловатой и пылеватой составляющих, что оказывает существенное влияние на содержание и качественный состав гумуса. Это указывает на необходимость поиска новых методов оценки взаимосвязи гумуса и дисперсности как единой функциональной среды ПСП.

При исследовании гумус-гранулометрических отношений ПСП информация условно разделяется на два блока: первый характеризует дисперсность почвенных образцов, второй — их гумусированность. В пределах первого блока представляются фактический гранулометрический состав почвенных образцов (z , a_f , b_f), базовые (эталонные) значения ила (adt), степень насыщенности физической глины илом или пылью (по преобладающей фракции) (V), а также константы динамического равновесия (K). Термин «константа» введен в связи с тем, что данный показатель состояния системы всегда зависит от базового значения ила (adt), которое для каждого содержания физической глины есть величина постоянная.

Базовое значение ила в почвенном образце (adt) является математической моделью и используется нами в качестве эталона сравнения. По определению, эталон (франц. — *etalon*) — образец, мерило, идеальный или установленный тип чего-либо; точно рассчитанная мера чего-либо, принятая в качестве образца [5]. adt — точно рассчитанная мера илистой фракции, которая является постоянной и статистически наиболее вероятной величиной для каждого конкретного значения физической глины.

Состояние «идеального» динамического равновесия ($K=1,0$) является основополагающим понятием, так как оно играет ведущую роль при анализе полидисперсной системы почв, позволяя решить проблемы унификации, стандартизации и идентификации каждого индивидуального почвенного образца. Именно в состоянии «идеального» динамического равновесия

составляющие элементы системы (частиц $< 0,01$; $> 0,01$ мм и $< 0,001$; $0,001 - 0,01$ мм) находятся друг с другом в детерминированных отношениях, что позволяет предсказать их содержание и взаимосвязи. Причем, из трех типов состояний равновесия ПСП, встречающихся в почвах (соответствуют $K=1,0$, $K>1,0$, $K<1,0$), точному математическому описанию и моделированию поддается только состояние системы при $K=1,0$. Для любого почвенного образца можно создать цифровую модель его дисперсности для состояния «идеального» динамического равновесия. Зная содержание физической глины в почвенном образце, можно рассчитать содержание adt и bdt посредством формализованных отношений элементов системы.

Во втором блоке дается характеристика почвенных образцов по двум показателям — содержанию гумуса почвы в целом (y) и содержанию гумуса в физической глине (x , x_p , x_{sp}). Гумусированность фракций физической глины предопределяет величину содержания гумуса в почве, которую можно рассматривать как содержание гумуса в физической глине, механически разбавленное массой, которая мало или вовсе не содержит гумуса, т. е. физическим песком. В данном случае играет роль не только количество физического песка, но и отношение ила и пыли в физической глине. Избыток ила и пыли в физической глине, по отношению к базовому значению ила, усиливает разбавляющий эффект. В этом случае содержание гумуса в физической глине намного превышает его содержание в почве, а константы динамического равновесия имеют наибольшие значения.

Б. П. Ахтырцевым и Л. А. Яблонских [2] установлено, что глубина гумификации гумуса ($C_{гк}:C_{фк}$) в разновидностях лесных и лесостепных почв определяется отношением в них фракций физической глины и физического песка и мало зависит от кислотности, щелочности, карбонатности, солонцеватости и характера растительности. Фульватность и лабильность гумуса всегда нарастает по мере уменьшения в почве частиц размером менее $0,01$ мм. От легкоглинистых до средне- и легкосуглинистых разновидностей почв наблюдается ясно выраженный характер изменения всех параметров дисперсности и гумусности (табл. 1). По мере изменения дисперсности почв степень насыщенности физической глины илом меняется от $51,0$ до $70,0\%$. При содержании физической глины близком к $25,0\%$ значение констант равновесия ПСП достигает своего максимума ($2,0 - 2,06$). Здесь же отмечаются максимальные значения гумусированности физической глины и степени насыщенности ее гумусом, тогда как в песчаных почвах эти показатели в несколько раз меньше. В глинистых разновидностях почв нарастает доля инертного, а в песчаных — лабильного гумуса. В средне-

и легкосуглинистых почвах доля этих форм гумуса и содержание ила и пыли в физической глине приблизительно равны. Это обуславливает более высокое эффективное плодородие средне- и легкосуглинистых почв.

Таблица 1 — Зависимость содержания и состава гумуса разновидностей почв от состояния динамического равновесия полидисперсной системы почвенных образцов

Разновидности почв*	Фактическое содержание фракций, %			Базовое содержание фракций, %			Насыщенность физической глины илом (пылью), %	Константы динамического равновесия	Гумус, %		Насыщенность физической глины гумусом, %	С _{гк} : С _{фк} *
	< 0.01 мм	< 0.01 мм	0.01-0.01 мм	< 0.01 мм	0.01-0.01 мм	в почве			в физической глине			
	*	*							*			
Пойменные почвы												
Легкоглинистые	66,7	43,5	23,2		22,5	44,2			4,2			2,10
Тяжелосуглинистые	51,8	31,3	20,5		25,8	26,0	65,2	0,978	4,0	4,3	6,4	64,1
Среднесуглинистые	39,2	22,4	16,9		24,3	15,0	60,4	1,168	3,0	4,6	8,8	26,1
Легкосуглинистые	25,1	12,8	12,3		18,3	6,3,8	56,8	1,464	2,8	4,3	10,9	26,1
							51,0	2,032	8	5,6	22,3	101
Серые лесостепные почвы												
Легкоглинистые	72,1	42,4	29,7		20,9	51,2			3,4			2,07
Среднесуглинистые	33,5	18,2	15,3		22,2	11,3	58,1	0,817	4,4	4,2	5,8	1,10
Легкосуглинистые	25,1	13,0	12,1		18,2	6,3,8	54,3	1,625	2,2	3,9	11,6	1,00
							51,5	2,063	2	4,5	17,9	0,00
Черноземы типичные												
Легкоглинистые	66,5	42,9	23,6		22,2	44,3	64,5	0,971	6,6	6,8	10,2	16,2
Тяжелосуглинистые	51,8	32,3	19,7		25,3	26,0	62,3	1,228	6,0	7,2	13,8	1,60
Среднесуглинистые	41,7	26,3	15,4		24,4	17,3	63,0	1,512	3,3	5,0	12,0	1,26
							52,4	1,906	3	4,1	15,5	26

Легкосугли нистые	26, 3	13, 8	12, 5	6,9 7	19			2, 0			1, 12
----------------------	----------	----------	----------	----------	----	--	--	---------	--	--	----------

* — данные Б. П. Ахтырцева и др. (1986)

Как видно из таблицы 1, параметры дисперсности и гумусности ПСП имеют общую функциональную среду. Так, глубина гумификации гумуса теснейшим образом связана со значениями констант динамического равновесия: при $K \sim 1,0$ значения $C_{гк}:C_{фк}$ стремятся к 2,0, а при $K \sim 2,0$ — к 1,0.

Для удобства систематизации и ранжирования данных была разработана система классификации и диагностики индивидуальных почвенных образцов по параметрам ПСП. Как видно из рисунка 1, от глинистых к песчаным почвам выделяются классы по содержанию физической глины, которые, в свою очередь, подразделяются на группы (иловатые и пылеватые) и подгруппы (насыщенные или ненасыщенные илом или пылью). Подгруппы (а, б, в, г) характеризуются степенью насыщенности их илом или пылью (V) и значениями $K > 1,0$ или $K < 1,0$. В соответствии с данной классификацией структурированы таблицы 2 и 3.

Анализируя данные таблиц 2 и 3 по величине значений и, можно отметить, что константам динамического равновесия ПСП присуще двуединое генетическое свойство: с одной стороны они уникальны (индивидуально неповторимы), а с другой — универсальны (матричная повторяемость).

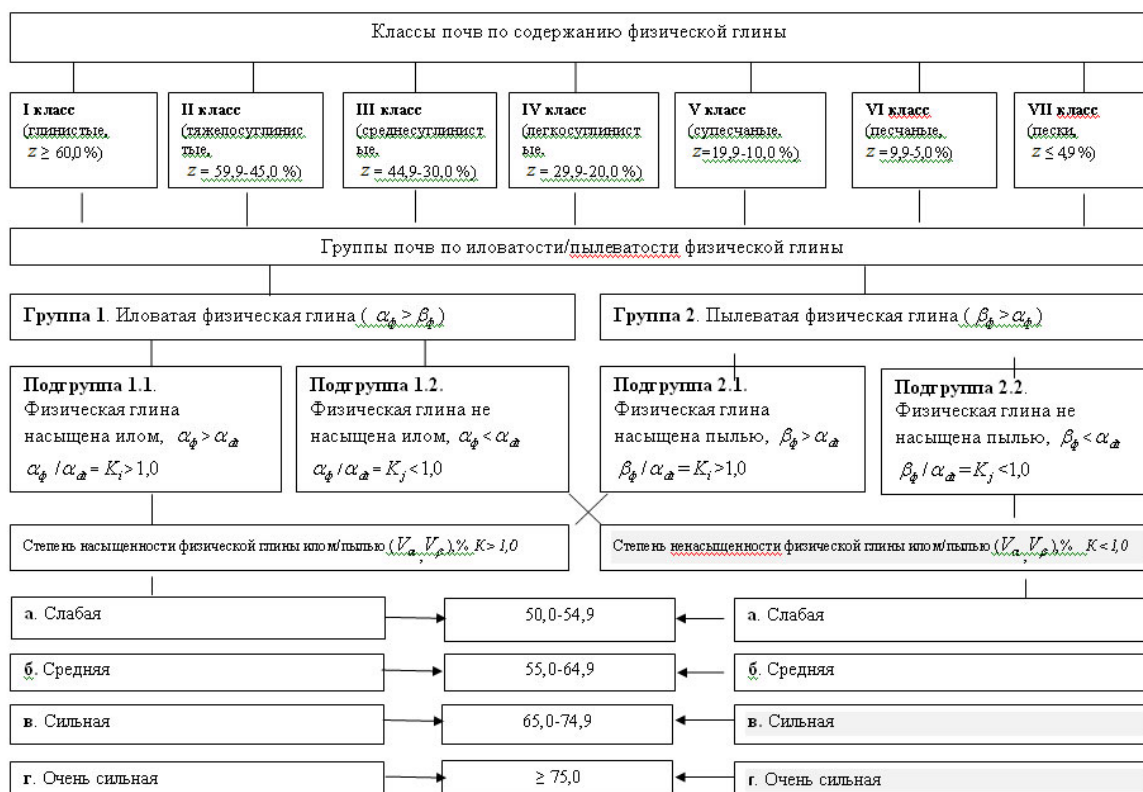


Рисунок 1 — Классификация индивидуальных почвенных образцов по параметрам полидисперсной системы почв (для верхнего почвенного горизонта)

Таблица 2 — Взаимосвязь гумусности физической глины ($x_{ср}, x_p$) и состояния динамического равновесия полидисперсной системы почв (K)

Глубина взятия образца, см*	*	*							*	*	*	*								
I класс																				
Чернозем выщелоченный (Трофименко и др, 1967), группа 1, подгруппа 1.2.а.																				
0-10	,4	63	,3	34	,1	29	,2	40	,2	23	,1	54	0,8	11	14	13	7	11	12	18
40-50	,5	69	,7	46	,8	22	,3	48	,2	21	,2	67	0,9	3,	5,	3,	1	3,	3,	5,
Чернозем обыкновенный (пашня) (Покотило, 1967), группа 1, подгруппа 1.2.б																				
0-10	,6	66	,9	40	,7	25	,3	44	,3	22	,4	61	0,9	7,	8,	10	5	8,	7,	12
30-40		66		40		26		44		22		60	0,9	6,	7,	9,	4	7,	6,	10

	,9	,3	,6	,7	,2	,2	00	0	8	1	,2	0	7	,4	
Чернозем выщелоченный (Винокуров и др., 1972), группа 2, подгруппа 2.1.б.															
0-18	,5	60	23	37	36	23	61	1,0	8,	11	15	1	9,	9,	15
18-38	,2	62	28	33	38	23	53	0,8	7,	10	14	0	8,	8,	13
II класс															
Лугово-каштановая (Воронин, 1958), группа 1, подгруппа 1.2.а.															
0-26	,0	57	30	19	32	24	52	0,9	3,	4,	9,	0	4,	3,	8,
30-40	,0	54	36	18	29	24	66	1,2	1,	2,	3,	0	2,	1,	3,
Светло-серая лесная (Винокуров и др., 1972), группа 2, подгруппа 2.2.б.															
0-16	,7	46	17	28	31	24	60	1,3	3,	5,	7,	3	5,	4,	11
22-32	,1	54	33	23	30	24	61	1,1	1,	2,	2,	0	1,	1,	2,
III класс															
Светло-каштановая (Трофименко и др, 1967), группа 1, подгруппа 1.1.а.															
0-10	,5	35	18	17	12	22	50	1,4	1,	3,	4,	2	3,	2,	9,
40-50	,4	47	33	14	22	14	69	1,4	0,	1,	1,	0	1,	1,	2,
Светло-серая лесная (целина) (Личманова, 1962), группа 2, подгруппа 2.1.б.															
0-15	,4	42	15	27	18	24	63	1,5	2,	6,	5,	2	4,	3,	10
20-30	,5	41	15	25	17	24	61	1,4	0,	2,	1,	1	1,	0,	3,

* — литературные данные

Таблица 3 — Гумус-гранулометрические отношения в полидисперсной системе разновидностей почв

Почвенный горизонт, см														
I класс														
Разрез № 215. Чернозем выщелоченный (Кабардино-Балкария), группа 1, подгруппа 1.2.а														
A 0-10		63,	34,	29,	40,	23,	54,	0,85	11,	12,	12,			19,8

Крыщенко В. С., Рыбьянец Т. В., Замулина И. В., Бирюкова О. А., Кравцова Н. Е. Моделирование отношений элементов полидисперсной системы почв с использованием эталона сравнения // «Живые и биокосные системы». – 2013. - № 2; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-2/article-9>

В 40–50	4	3	1	2	2	1	3	0	5	8	5,2
	5	69,7	46,8	22,3	48,2	21,2	67,6	0,96	3,5	3,6	3,6
Разрез № 202. Чернозем обыкновенный карбонатный (Кабардино-Балкария), подгруппа 1.2.б											
А 0–10	0	62,2	36,7	25,4	38,6	23,4	58,1	0,94			
В 40–50	7	56,8	32,9	23,1	32,1	24,8	57,9	1,01	4,2	5,0	4,5
									2,3	2,5	2,3
II класс											
Разрез №5. Чернозем южный (Ростовская область), группа 1, подгруппа 1.1.б.											
Апах.0–20	9	53,0	31,9	22,0	29,9	24,5	57,7	1,06			4,1
АВ 35–45	7	53,7	36,7	17,0	28,8	24,8	68,3	1,27	3,9	4,2	4
С 120–130	8	61,1	39,7	22,2	38,7	23,2	63,4	1,02	4,0	4,8	5,1
									0,4	0,5	0,4
									6	0	7
											0,8
Разрез №242. Луговая солончаковая (Кабардино-Балкария), группа 1, подгруппа 1.1.б.											
А 0–10	2	45,5	26,7	18,4	20,7	24,6	58,7	1,29			
В 40–50	7	27,3	13,4	14,7	7,7	20,9	51,6	1,87	7,6	10,2	9,9
									1,3	2,5	2,4
III класс											
Разрез №6. Чернозем южный (Ростовская область), группа 1, подгруппа 1.1.б.											
Апах. 0–25	0	30,0	18,9	11,9	9,0	21,0	60,0	2,00			
АВ 35–45	4	32,4	20,4	12,4	10,4	20,9	62,3	1,94	3,8	7,8	7,6
									3,5	7,0	6,9
											26,0
											21,5
Разрез №200. Чернозем типичный (Кабардино-Балкария), группа 2, подгруппа 2.1.в.											
Апах. 0–25	1	43,7	12,4	30,6	18,6	24,6	70,5	1,63			
Ап/п 30–40	5	43,4	11,4	32,1	18,9	24,6	73,7	1,69	2,5	4,3	4,1
В1 60–70	5	44,6	11,9	32,8	19,7	24,9	73,9	1,66	2,2	4,0	3,7
									1,4	2,5	2,3
											5,6
IV класс											
Разрез №30. Чернозем южный на опесчаненных суглинках (Ростовская область), группа 1, подгруппа 1.1.б.											

Апах.0–25	7	29,2	19,5	10,5	8,8	20,8	64,6	2,170	2,3	5,2	5,0	17,5
Апах. 0-20	0	30,0	18,0	11,9	9,0	21,0	60,0	2,000	3,5	7,8	7,1	26,0
Разрез №17. Чернозем оподзоленный (Кабардино-Балкария), группа 2, подгруппа 2.1.г.												
Апах.0–28	9	24,9	19,5	18,7	6,2	18,3	78,3	1,277	3,8	4,7	4,8	18,8
АВ 30-40	9	26,9	5,49	17,9	7,27	19,5	66,3	1,503	3,0	4,2	4,5	15,6
V класс												
Разрез № 102. Чернозем обыкновенный на цветных песках (Ростовская область), подгруппа 1.1.б.												
Апах. 0-20	6	12,6	6,2	6,0	1,50	11,0	50,8	3,968	3,64	12,1	14,4	111,4
АВ 25-35	6	14,6	6,3	6,3	1,65	12,5	63,4	4,342	3,57	10,1	15,1	98,4
В1 45-65	6	14,6	9,3	5,3	2,15	10,5	63,4	4,342	3,57	10,1	15,1	73,2
В2 80-90	4	12,4	7,4	5,03	1,58	10,8	59,7	4,819	3,68	16,5	17,4	135,4
Разрез № 2. Чернозем южный на цветных песках (Ростовская область), подгруппа 1.1.б.												
А0 0-15	8	19,8	12,0	7,2	3,73	15,3	62,8	3,223	3,2	8,64	10,4	45,8
АВ 20-30	6	17,6	11,5	6,8	3,55	14,5	65,3	3,712	3,2	9,08	10,8	53,2
В1 30-40	6	15,6	10,2	6,1	3,12	13,2	65,4	4,191	1,3	4,8	4,8	27,2
В2 40-60	6	15,6	10,2	6,1	3,12	13,2	65,4	4,191	1,3	4,8	4,8	27,2
В2 40-60	6	15,6	10,2	6,1	3,12	13,2	65,4	4,191	1,3	4,8	4,8	27,2
С 130-140	2	47,2	38,3	8,93	22,3	24,9	81,1	1,719	0,7	2,6	2,9	16,7
									0,4	0,6	0,7	1,5

Ранее нами уже отмечалось [6,9], что реализация свойства уникальности констант динамического равновесия сводится к тому, чтобы привести к единому масштабу показатели содержания гумуса в почве, которые несравнимы из-за различия дисперсности и, как следствие, констант динамического равновесия индивидуальных почвенных образцов. Умножив (при $K > 1,0$) или разделив (при $K < 1,0$) содержание гумуса в почве на константы равновесия получаем расчетные значения x_r . Эти параметры гумусового состояния «очищены» теперь от индивидуальных переменных величин, которые всегда имеют место, если речь идет о содержании гумуса в почве. Полученные таким

образом рафинированные значения гумуса почвенных образцов абсолютно сопоставимы друг с другом, так как приведены к общему знаменателю, к единому «идеальному» состоянию динамического равновесия при $K=1,0$.

Возникающие вполне логичные вопросы о генетическом смысле полученных расчетных концентраций гумуса в физической глине и вообще о природе констант динамического равновесия не вполне решены в настоящее время. Однако, анализируя данные таблиц 1, 2 и 3, можно увидеть, что расчетные значения x_p и результаты прямого аналитического определения содержания гумуса в физической глине (x , x_{cp}) близки между собой ($n=135$, $r=0,968$ при $P=0,95$). Следовательно, константа динамического равновесия ПСП выполняет функцию универсального коэффициента пропорциональности между дисперсностью и гумусностью почв и ее физической глиной.

Важное теоретическое и практическое значение имеет степень насыщенности физической глины гумусом (W). Этот показатель совокупно выражает общий принцип связи дисперсности и гумусности почв, учитывая все многообразие отношений гранулометрических фракций (K) во взаимосвязи с гумусностью физической глины (x , x_p) и содержанием гумуса почвы (y). Значения степени насыщенности физической глины гумусом являются, на наш взгляд, довольно объективными параметрами для оценки почвенного плодородия.

Проведенные исследования позволили разработать динамическую модель взаимосвязи дисперсности и гумусности почв:

А) для почв с иловатой физической глиной

$$k_1/k_2 = a\phi/adt = x/yK \text{ при } K > 1,0(1)$$

$$k_1/k_2 = a\phi/adt = x/yK \text{ при } K < 1,0(2)$$

Б) для почв с пылеватой физической глиной

$$k_1/k_2 = b\phi/adt = x/yK \text{ при } K > 1,0(3)$$

$$k_1/k_2 = b\phi/adt = x/yK \text{ при } K < 1,0(4)$$

Предлагаемая математическая модель имеет определенные ограничения. Выражения (1)—(4) справедливы в интервале содержания физической глины 75,0—25,0%, степени насыщенности физической глины илом/пылью 50,0—75,0%. При этом значения констант динамического равновесия варьируют от 0,5 до 2,0.

Природа констант динамического равновесия связана с равновесием обратимых процессов синтеза и распада глино-металлорганических ультра- и микроагрегатов. В свою очередь, структурообразование в почвах затрагивает вопросы взаимосвязи глинистых минералов и органического вещества. Так, в работе Н. А. Титовой [7] указывается, что ведущим фактором распределения органического вещества по гранулометрическим фракциям является изменения соотношения слюда-гидролюдистого ↔ слюда-монтмориллонитового компонентов в физической глине: с первым связано увеличение, со вторым — уменьшение количества органического вещества. При кислой реакции почв допускается межслоевое закрепление органических фульвокислот минералами группы монтмориллонита. В слабощелочных и щелочных условиях органо-минеральные комплексы с монтмориллонитом оказываются очень неустойчивыми. Способность слюд-гидролюдов более прочно удерживать адсорбированные органические соединения является определяющим фактором дифференциации гумуса по гранулометрическим фракциям. В связи с этим возникает острая необходимость не только знать количество тех или иных фракций в почве, но и контролировать динамику изменяющихся отношений между ними в индивидуальных почвенных образцах.

Выводы

1. Исследование гумус-гранулометрических отношений является строго обязательной характеристикой полидисперсной системы почв и новым подходом к интерпретации гранулометрического состава.
2. Математическое моделирование взаимосвязи дисперсности и гумусности полидисперсной системы почв представляется возможным. Технология построения и использования такой модели протестирована с привлечением аналитических данных.
3. Предлагаемая математическая модель позволяет любую почвенную систему ($K > 1,0$, $K < 1,0$, $K = 1,0$) привести к состоянию квазистационарного динамического равновесия ($K = 1,0$). В этом состоянии содержание илистой фракции является базовым, эталонным (adt). Модель позволяет сравнивать любое состояние почвенной системы с квазистационарным, отслеживать состояние динамического равновесия системы каждого индивидуального почвенного образца, унифицировать и стандартизировать анализ ПСП.
4. Оценка гумусового состояния разновидностей почв по величине содержания гумуса без учета дисперсности и степени гумусированности фи-

зической глины не дает возможности корректного сравнения результатов. Это связано как с разным содержанием в почвах физического песка и физической глины, так и с разным соотношением ила и пыли в самой физической глине, что предопределяет варьирование гумусности почв.

Список литературных источников

1. Артемьева З. С. Органическое вещество и гранулометрическая система почвы. М.: ГЕОС, 2010. — 240с.
2. Ахтырцев Б. П., Яблонских Л. А. Зависимость состава гумуса от гранулометрического состава в почвах лесостепи //Почвоведение, №7, 1986. — С. 114—121.
3. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста //АН СССР; Ред. колл. А. Л. Яншин, С. Р. Микулинский, И. И. Мочалов; сост. М. С. Бастркова и др. М.: Наука, 1988. — 520с.
4. Дьяконова К. В. Оценка почв по содержанию и качеству гумуса для производственных моделей почвенного плодородия. М.: Агропромиздат, 1990. — 32с.
5. Крыщенко В. С., Рыбьянец Т. В., Бирюкова О. А., Беседина О. А. Матричные черты гумус-гранулометрических отношений в полидисперсной системе почв. Ч.2.// Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки, №4, 2003. — С. 102—110.
6. Крыщенко В. С., Рыбьянец Т. В., Бирюкова О. А., Кравцова Н. Е. Компенсационный принцип анализа гумус-гранулометрических соотношений в полидисперсной системе почв //Почвоведение, №4, 2006. — С. 473—483.
7. Титова Н. А. Органическое вещество тонкодисперсных фракций целинных почв солонцового комплекса Калмыцкой степи// Почвоведение, №7, 1976. — С. 37—44.