

ХИМИЧЕСКИЙ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФРАКЦИЙ  
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО  
КУРСКОЙ ОБЛАСТИВ.Г. МАМОНТОВ<sup>1</sup>, А.В. ЧИНИЛИН<sup>1</sup>, О.Б. РОГОВА<sup>2</sup>,  
Е.Б. ВАРЛАМОВ<sup>2</sup>, П.Ю. ПАНОВА<sup>1</sup>( <sup>1</sup> РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; <sup>2</sup> Почвенный институт имени В.В. Докучаева)

*Изучение химического состава гранулометрических фракций (пыль крупная, средняя, мелкая, ил), выделенных из горизонта А чернозема типичного методом отмучивания после обработки образца почвы ультразвуком показало, что с изменением размера почвенных частиц меняется валовое содержание химических элементов, составляющих основу кристаллической решетки многих минералов. Больше всего  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Na}_2\text{O}$  содержит фракция крупной пыли, с уменьшением размера частиц их содержание снижается, а содержание  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{R}_2\text{O}_3$  наоборот возрастает. По сравнению с фракцией крупной пыли илистая фракция содержит в 2,2 раза больше  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , в 3  $\text{R}_2\text{O}_3$  и в 9  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Валовое содержание  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$  последовательно возрастает от крупнопылевой к илистой фракции с 0,60; 0,54 и 0,05% до 2,31; 1,88 и 0,25% соответственно.  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{TiO}_2$  практически равномерно распределены по гранулометрическим фракциям, тогда как  $\text{SO}_3$  отчетливо обеднена фракцией крупной пыли.*

*С размером почвенных частиц связано и валовое содержание микроэлементов, количество которых в крупнопылевой фракции в большинстве случаев в 4–8 раз меньше по сравнению с другими фракциями. Распределение микроэлементов по фракциям гранулометрических элементов различно. Содержание Mn, Zn, Ni, Rb, Ga и Br последовательно возрастает при переходе от фракции крупной пыли к илистой фракции. Sr больше всего содержит фракция мелкой пыли, Zn и Sr среднепылевая фракция, Si обогащены фракции мелкой и средней пыли. Pb, Y, Nb и As практически равномерно распределены по фракциям средней, мелкой пыли и ила. Гранулометрические фракции состоят из смеси минералов различного происхождения, но только отдельные из них имеют определяющее значение для минералогического состава. Так фракции крупной и средней пыли на 70–75% состоят из кварца и калиевых полевых шпатов, во фракции мелкой пыли на их долю приходится более 50% и более 20% на долю гидрослюд. Илистая фракция более чем на 70% представлена смешанослойным слюда-смакитовым минералом с преобладанием смакитового компонента и гидрослюдой.*

**Ключевые слова:** гранулометрические фракции, крупная пыль, средняя пыль, мелкая пыль, илистая фракция, химические элементы, макроэлементы, микроэлементы, минералогический состав, глинистые минералы.

## Введение

Почва представляет собой сложную гетерогенную систему, включающую ряд иерархических уровней структурной организации, одним из которых является уровень элементарных почвенных частиц, составляющих основу твердой фазы большинства почв и в зависимости от размера объединяемых во фракции гранулометрических элементов [6, 9, 10, 15].

В большинстве почв более 90% элементарных почвенных частиц представлено компонентами неорганической природы, различающихся между собой не только размером, но также составом и свойствами [6, 9, 10, 19, 21]. Вследствие этого их участие в почвенных процессах различно.

Гранулометрические элементы, входящие в состав крупных фракций, представлены преимущественно первичными минералами (кварц, полевые шпаты и др.) и образуют своеобразный устойчивый каркас твердой фазы почвы. Они в значительной степени инертны и в малой степени участвуют в большинстве почвенных процессов. С уменьшением размера почвенных частиц активизируется их участие в протекающих в почвах абиотических процессах и явлениях, имеющих биологическую природу [9]. Особенно это касается тонкодисперсных частиц, преимущественно состоящих из минералов вторичного происхождения, в том числе и высокодисперсных глинистых (монтмориллонит, гидрослюда и др.) [7, 11, 19, 21]. Эта совокупность почвенных частиц представляет собой своеобразную почвенную матрицу, которая является наиболее активной частью твердой фазы почвы и в значительной степени определяет проявление коллоидных свойств, поглотительной и каталитической способности, агрегато- и средообразующие возможности почвенной массы. Считается, что почвенная матрица – поверхность почвенных частиц, непосредственно взаимодействующая с водой, катионами, органическим веществом, микроорганизмами и ферментами [8, 9].

Частицы, формирующие почвенную матрицу, неоднородны и различаются своими свойствами, что во многом обусловлено особенностями их химического состава. К настоящему времени получен значительный объем информации, касающийся химико-минералогических особенностей почвенных частиц различного размера. Реже проводилось сопряженное изучение их химического и минералогического состава [3, 4, 6, 10–12, 14, 16, 19, 21]. При этом часть химических элементов почвы осталась вне зоны внимания исследователей. В первую очередь это касается обширной группы микроэлементов, особенно тех ее представителей, которые не относятся к числу традиционно изучаемых (Ga, Rb, Y, Zr и др.). Между тем внимание к этим химическим элементам в последнее время заметно возросло и высказывается мнение о необходимости не только оценки их содержания и поведения в почвах, но и построения для них рациональных группировок [5].

### **Материалы и методика**

Объектом исследования служил целинный типичный чернозем Центрального черноземного заповедника им. Алехина, о котором в литературе имеется подробная информация [13]. В работе был использован образец гумусового горизонта чернозема (А), отобранный с глубины 5–25 см. Фракции гранулометрических элементов (пыль крупная, пыль средняя, пыль мелкая, илистая фракция) выделяли методом отмучивания при соотношении почва/дистиллированная вода, равном 1:100, начиная с илистой фракции и далее по мере увеличения размера фракций [10], и высушивали под кварцевой лампой. Образец почвы перед отмучиванием был подвергнут обработке ультразвуком на установке УЗДН-2Т согласно имеющимся рекомендациям [17]. Валовое содержание химических элементов определяли рентгенфлуоресцентным методом на анализаторе состава вещества РеСПЕКТ, минералогический состав – рентгенодифрактометрическим методом на универсальном дифрактометре марки XZG-4A Carl Zeiss Jena. Режим работы: напряжение на трубке 30 кВ, анодный ток 20 мА, скорость вращения гониометра 2°/мин, излучение медное, фильтрованное никелем. Рентгендифрактограммы получали для воздушно-сухих образцов, насыщенных этиленгликолем и прокаленных при температуре 550°C в течение 2 часов. Ориентированные

препараты готовили осаждением водной суспензии на покровное стекло размером 20×20 мм. Полуколичественное содержание минералов во фракциях гранулометрических элементов определяли согласно имеющимся рекомендациям [20].

### Результаты и обсуждение

Содержание некоторых макроэлементов, играющих важную роль в формировании кристаллической решетки первичных и вторичных минералов, приведено в таблице 1.

Таблица 1

#### Валовое содержание макроэлементов в гранулометрических фракциях горизонта А чернозема типичного, % на прокаленную навеску

Фракция	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$
Пыль крупная	86,1	7,7	1,0	8,7	1,2	0,7	16,8
Пыль средняя	65,9	10,0	4,5	14,5	0,8	0,9	8,7
Пыль мелкая	52,9	13,8	6,9	20,7	0,7	0,9	4,9
Ил	45,5	16,9	9,4	26,3	0,4	0,9	3,4

В большинстве случаев наблюдается четко выраженная зависимость между размером фракций гранулометрических элементов и их химическим составом. При переходе от частиц крупной пыли к илистой фракции валовое содержание SiO<sub>2</sub> последовательно уменьшается с 86,1 до 65,9; и с 52,9 до 45,5%. По мере уменьшения размера почвенных частиц также последовательно снижается и валовое содержание Na<sub>2</sub>O с 1,2 до 0,8; и с 0,7 до 0,4%. Наоборот, чем меньше размер почвенных частиц, тем выше в них содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Так, в илистой фракции, при сравнении с фракцией крупной пыли, содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> выше в 2,2; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в 9; R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в 3 раза. Такой характер изменения валового химического состава почвенных частиц в зависимости от их размера неоднократно отмечался в литературе [6, 10, 14], в том числе и по усредненным данным для черноземов центральной черноземной области России [18].

В отличие от остальных элементов TiO<sub>2</sub> преимущественно равномерно распределен по гранулометрическим фракциям.

Таким образом, фракции гранулометрических элементов почвы заметно дифференцированы по химическому составу. Отражает особенности изменения химического состава гранулометрических фракций, по мере уменьшения их размера, величина молекулярного отношения SiO<sub>2</sub>: R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. При переходе от крупнопылевой фракции к илистой это отношение последовательно снижается с 16,8 у фракции крупной пыли до 8,7 у фракции средней пыли и далее до 4,9 у мелкопылевой фракции и до 3,4 у илистой фракции, что обусловлено преимущественной аккумуляцией в тонкодисперсных фракциях почвы соединений алюминия и железа, в том числе и их свободных оксидов.

В геологии для оценки химической дифференциации пород используется величина отношения Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Na<sub>2</sub>O [22]. Считается, что Al в структуре глинистых

минералов является наименее подвижным компонентом, в то время как Na наиболее легко удаляется из зоны выветривания и в структуре минералов не восстанавливается. Минералы обогащаются алюминием и отношение  $Al_2O_3: Na_2O$  возрастает по мере усиления химической дифференциации пород или усиления химического выветривания.

Использование этого отношения для сравнительной характеристики фракций гранулометрических элементов чернозема показало следующее. Величина отношения  $Al_2O_3: Na_2O$  у частиц крупной пыли равна 6,4, у частиц средней и мелкой пыли возрастает до 12,5 и 19,7, а у илистой фракции составила 42,3. Исходя из имеющихся представлений, можно считать, что вещественный состав пылеватых фракций характеризуется низкой степенью зрелости, а илистой фракции средней [2].

С размером почвенных частиц связано и содержание тех макроэлементов, которые не только участвуют в формировании кристаллической решетки первичных и вторичных минералов, но и являются важнейшими биофильными элементами (табл. 2).

Таблица 2

**Валовое содержание биофильных элементов в гранулометрических фракциях горизонта А чернозема типичного, % на прокаленную навеску**

Фракция	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
Пыль крупная	0,60	0,54	1,86	0,05	0,23
Пыль средняя	1,13	0,98	1,95	0,12	0,30
Пыль мелкая	1,93	1,50	2,07	0,18	0,34
Ил	2,31	1,88	1,97	0,25	0,32

Из полученных данных следует, что чем меньше размер частиц, тем выше в них валовое содержание кальция, магния и фосфора, количество которых последовательно возрастает от частиц крупной пыли к илистой фракции с 0,60; 0,54 и 0,05% до 2,31; 1,88 и 0,25% соответственно. В содержании K<sub>2</sub>O и SO<sub>3</sub> такая закономерность отсутствует. Причем, если K<sub>2</sub>O практически равномерно распределяется по фракциям гранулометрических элементов, то формой SO<sub>3</sub> отчетливо обеднена фракция крупной пыли при одинаковом содержании серы в остальных фракциях. Величина отношения K<sub>2</sub>O: (CaO + MgO) при переходе от крупнопылеватой фракции к илистой последовательно уменьшается и составляет 1,6 для фракции крупной пыли, 0,9 – для фракции средней пыли, 0,6 – для фракции мелкой пыли и 0,5 у илистой фракции. Величина отношения P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: SO<sub>3</sub> наоборот, возрастает в этом направлении с 0,2 у фракции крупной пыли до 0,4 у фракции средней пыли, 0,5 у фракции мелкой пыли и 0,8 у илистой фракции.

Во взаимосвязи с размером почвенных частиц находится и валовое содержание микроэлементов, которые традиционно изучаются при проведении различных почвенно-агрохимических исследований, поскольку относятся к числу необходимых (Cu, Zn, Mn) или условно необходимых (Cr, Ni) элементов питания растений [1], а в последнее время все чаще рассматриваются в категории «тяжелых металлов» [5]. При этом в приуроченности данной группы элементов к гранулометрическим фракциям почвенных частиц есть как общие черты, так и заметные различия (табл. 3).

**Валовое содержание традиционно определяемых микроэлементов  
в гранулометрических фракциях горизонта А чернозема типичного,  
мг/кг прокаленной почвы**

Фракция	Mn	Cr	Zn	Cu	Ni	Pb
Пыль крупная	348	82	19	11	7	4
Пыль средняя	573	75	104	89	37	19
Пыль мелкая	766	144	125	92	51	24
Ил	921	116	155	70	58	22

Общей особенностью является то, что частицы крупной пыли, по сравнению с другими фракциями, отчетливо обеднены большинством микроэлементов: Mn – в 1,7–2,7 раза, Zn – в 5,5–8,2, Cu – в 6,4–8,4, Ni – в 5,3–8,3, Pb – в 4,8–6 раз, исключение составляет только Cr. Различия касаются валового содержания микроэлементов и характера их распределения по фракциям почвенных частиц.

Преобладает среди микроэлементов марганец, содержание которого последовательно возрастает от 348 мг/кг в крупнопылевой фракции до 921 мг/кг в илистой фракции. Аналогичным образом изменяется содержание Zn – с 19 до 155 мг/кг и Ni – с 7 до 58 мг/кг. Иное распределение по фракциям гранулометрических элементов характерно для Cr, Cu и Pb.

Больше всего Cr – 144 мг/кг сосредоточено в мелкопылевой фракции, а Cu – 89–92 мг/кг – во фракциях средней и мелкой пыли. Уменьшение или увеличение размера почвенных частиц сопровождается снижением валового содержания этих элементов. В илистой фракции содержание Cr снижается до 116 мг/кг, а Cu до 70 мг/кг. Во фракциях средней и крупной пыли валовое содержание Cr составило 75 и 82 мг/кг, а Cu во фракции крупной пыли всего лишь 11 мг/кг. Валовое содержание Pb во фракциях средней, мелкой пыли и ила близко и варьирует от 19 до 24 мг/кг, тогда как в крупнопылевой фракции содержится только 4 мг/кг Pb.

Наряду с рассмотренными микроэлементами в формировании химического состава почв принимают участие и другие микроэлементы, содержанию и поведению которых в почвах в исследованиях не уделяется достаточного внимания, хотя в количественном отношении некоторых из них могут превосходить традиционно определяемые элементы или находиться на их уровне. Данные по валовому содержанию таких элементов приведены в таблице 4.

Как и в предыдущем случае (табл. 3) характер распределения этой группы микроэлементов по фракциям гранулометрических элементов имеет как общие особенности, так и заметные различия. Общим является то обстоятельство, что фракция крупной пыли по сравнению с другими фракциями содержит меньше всего изученных элементов: Zr – в 2,6–3,9 раза; Rb – в 9,2–12,8 раза; Sr – в 3,2–5,6 раза; Y – в 9–10 раз; Ga – в 4,4–8 раз; Nb в 3,8–4,3 раза, а Vg и As вообще отсутствуют в этой фракции.

Преобладает среди химических элементов цирконий, самое высокое валовое содержание которого – 268 мг/кг приурочено к фракции средней пыли. С уменьшением размера почвенных частиц его валовое содержание снижается до 186 мг/кг в мелкопылевой фракции и до 176 мг/кг в илистой фракции. Очень

резко, до 68 мг/кг снижается содержание Zr во фракции крупной пыли. Аналогичный характер распределения по фракциям гранулометрических элементов отмечается и у стронция. Больше всего Sr – 100 мг/кг характерно для фракции средней пыли. В мелкопылевой и илистой фракциях валовое содержание стронция снижается до 74 и 57 мг/кг соответственно, а во фракции крупной пыли содержится всего лишь 18 мг/кг Sr.

Таблица 4

**Валовое содержание микроэлементов, не относящихся к традиционно определяемым в гранулометрических фракциях горизонта А чернозема типичного, мг/кг прокаленной почвы**

Фракция	Zr	Rb	Sr	Y	Ga	Br	Nb	As
Пыль крупная	68	11	18	4	5	-	4	-
Пыль средняя	268	101	100	37	22	11	17	6
Пыль мелкая	186	119	74	41	28	19	15	5
Ил	176	141	57	36	40	26	17	9

Вторым по значимости элементом является рубидий, валовое содержание которого последовательно возрастает по мере уменьшения размера почвенных частиц с 11 мг/кг в крупнопылевой фракции до 101 мг/кг во фракции пыли средней, с 119 мг/кг в мелкопылевой фракции и до 141 мг/кг в илистой фракции. Аналогичным образом изменяется валовое содержание галлия и брома. В крупнопылевой фракции содержание Ga составляет 5 мг/кг, а Br отсутствует. Фракции средней и мелкой пыли содержат 22 и 28 мг/кг галлия, 11 и 19 мг/кг брома соответственно. Самое высокое валовое содержание этих элементов отмечается в илистой фракции – 40 мг/кг Ga и 26 мг/кг Br. За исключением фракции крупной пыли иттрий, ниобий и мышьяк равномерно распределяются по фракциям гранулометрических элементов. Валовое содержание Y варьирует в пределах 36–41 мг/кг, Nb – 15–17 мг/кг, As – 5–9 мг/кг.

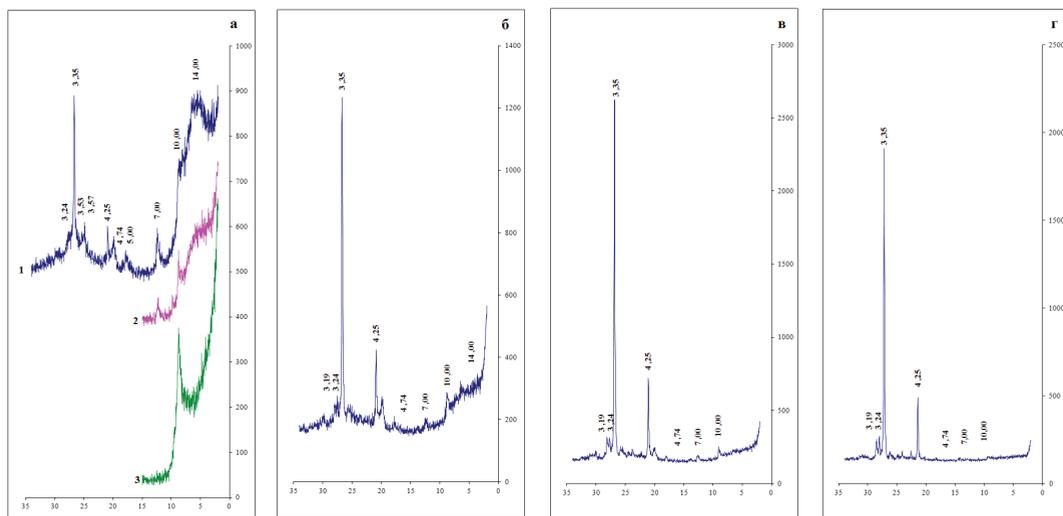
Таким образом, эта группа микроэлементов преимущественно локализована во фракциях средней, мелкой пыли и ила. При этом большинство из них по валовому содержанию находятся или на уровне с традиционно определяемыми микроэлементами, или превосходят их в количественном отношении. В первую очередь это относится к таким элементам как Rb, Sr, Y и особенно Zr.

Судя по рентгенограммам (рис. 1) минералогический состав разных фракций гранулометрических элементов имеет как сходные черты, так и существенные различия, которые обусловлены наличием или отсутствием во фракциях определенных минералов и их содержанием.

Из первичных минералов во всех фракциях гранулометрических элементов присутствуют кварц и плагиоклазы, диагностируемые по отражениям 4,25; 3,34 Å и 3,24 Å. Заметную роль в формировании минералогического состава пылевых фракций играют калиевые полевые шпаты, которые диагностируются по отражению 3,19 Å, однако в илистой фракции эти минералы отсутствуют.

Из вторичных глинистых минералов во всех фракциях гранулометрических элементов присутствуют гидрослюда, хлорит и каолинит. Гидрослюда диагностируется по отражениям, соответствующим межплоскостным расстояниям 10,0,

4,9–5,03 и 3,33 Å, не изменяющимся в результате прокаливания образца при температуре 550°C в течении 2 часов и при насыщении этиленгликолем. О присутствии хлорита свидетельствуют отражения от серии базальных плоскостей с межплоскостными расстояниями равными 14,2; 7,0–7,10 и 4,74 Å. По отражениям 7,0–7,15 Å можно судить о присутствии каолинита, хотя его диагностика затруднена вследствие наложения отражения, соответствующего хлориту, на отражение каолинита.



**Рис. 1.** Рентген-дифрактограммы воздушно-сухих фракций горизонта А чернозема типичного (а – илистая фракция (1 – воздушно-сухая навеска, 2 – насыщенная этиленгликолем, 3 – прокаленная при 550°C), б – фракция мелкой пыли, в – фракция средней пыли, г – фракция крупной пыли)

Наряду с этими минералами в илистой и мелкопылевой фракциях обнаруживается глинистый смешанослойный минерал слюда-сметитового типа с преобладанием смектитовых пакетов. Он диагностируется по наличию на рентгенограмме исходного воздушно-сухого образца базальных рефлексов, соответствующих межплоскостным расстояниям 14,3–14,7 Å и увеличивающихся после насыщения этиленгликолем до 17,0–17,8 Å, с последующим сжатием кристаллической решетки в результате прокаливания при 550°C в течении 2ч до 10,0–13,0 Å. О преобладании смектитовых пакетов свидетельствует усиление почти в два раза интенсивности рефлекса 10,35 Å после прокаливания образца по сравнению с образцом, насыщенным этиленгликолем.

Гранулометрические фракции различаются между собой не только составом, но и содержанием минералов (табл. 5).

В крупных фракциях гранулометрических элементов преобладает кварц, количество которого с уменьшением размера почвенных частиц последовательно снижается с 63% во фракции крупной пыли до 60% в среднепылевой фракции, с 37 во фракции мелкой пыли до 15% во фракции ила. Аналогичным образом изменяется содержание плагиоклазов, количество которых по мере уменьшения размера фракции снижается с 12,4% во фракции крупной пыли до следовых количеств в илистой фракции. Калиевые полевые шпаты отсутствуют в илистой фракции, во фракциях средней и мелкой пыли их содержание находится на уровне 16%, а во фракции крупной пыли возрастает до 20,7%.

**Содержание минералов во фракциях гранулометрических элементов  
горизонта А чернозема типичного, %**

Фракция	Минералы						
	Кварц	Плагиокла- зы	Калиевые полевые шпаты	Гидрослю- да	Смешанос- лойные об- разования	Хлорит	Каолинит
Пыль крупная	63,1	12,4	20,7	2,6	нет	0,9	0,4
Пыль средняя	59,7	11,2	16,1	9,4	нет	2,7	1,0
Пыль мелкая	37,4	9,0	16,1	23,3	8,5	3,8	1,8
Ил	15,0	сл	нет	31,1	41,5	3,6	8,8

Глинистые минералы преимущественно приурочены к фракциям мелкого размера. Содержание гидрослюда последовательно возрастает по мере уменьшения размера почвенных частиц с 2,6% в крупнопылевой фракции до 9,4% во фракции средней пыли, с 23,3% во фракции мелкой пыли до 31,1% в илистой фракции. Смешанослойный минерал появляется только на стадии мелкопылевой фракции в количестве 8,5%, в илистой фракции его содержание составляет 41,5% и он является доминирующими среди всех минералов этой тонкодисперсной фракции. Хлорит не играет значимой роли в минералогическом составе чернозема типичного, поскольку содержится лишь в следовых количествах во фракции крупной пыли и на уровне 3–4% в остальных фракциях. Каолинит присутствует в очень незначительном количестве в пылеватых фракциях (< 2%), однако в илистой фракции его содержание находится на уровне 8,8%.

Таким образом, по составу и содержанию минералов фракции гранулометрических элементов горизонта А чернозема типичного отчетливо различаются между собой. С одной стороны это фракции средней и крупной пыли, на 70–75% состоящие из кварца и калиевых полевых шпатов. С другой стороны илестая фракция, которая более чем на 80% состоит из глинистых минералов, среди которых ведущую роль играют смешанослойный минерал с преобладанием смектитовых пакетов и гидрослюда. Фракция мелкой пыли занимает промежуточное положение. Хотя в ней и преобладают первичные минералы, такие как кварц и калиевые полевые шпаты, вторичные глинистые минералы и в первую очередь гидрослюда, играют значимую роль в формировании ее минералогического состава.

### Выводы

1. Химический состав фракций гранулометрических элементов горизонта А чернозема типичного тесно связан с их размером. Чем меньше размер почвенных частиц, тем выше в них содержание Al, Fe, Ca, Mg, P и меньше содержание Si и Na. При этом K, Ti и отчасти S относительно равномерно распределены по гранулометрическим фракциям.

2. По мере уменьшения размера почвенных частиц в них увеличивается содержание Mn, Zn, Ni, Rb, Ga и Br, а такие микроэлементы как Zr, Sr, Cr, Cu преимущественно локализованы во фракциях средней и мелкой пыли. Pb, Y, Nb и As,

за исключением фракции крупной пыли, относительно равномерно распределены по фракциям гранулометрических элементов.

3. Такие элементы, как Zr, Rb, Sr, Ga, Y, могут находиться в почвах в количествах, сопоставимых или превышающих содержание традиционно определяемых микроэлементов, что необходимо учитывать при проведении почвенно-агрохимических исследований.

4. В гумусово-аккумулятивном горизонте А чернозема типичного минералогический состав пылеватых фракций преимущественно сформирован первичными минералами, среди которых преобладают калиевые полевые шпаты и особенно кварц. В формировании илистой фракции ведущую роль играют глинистые минералы, в первую очередь смешанослойные образования с высоким содержанием смектитового компонента и в меньшей мере гидрослюды. Чем меньше размер почвенных частиц, тем в большей мере они представлены вторичными глинистыми минералами.

### Библиографический список

1. Агрохимия / Под ред. Б.А. Ягодина. 2-е изд. М.: Агропромиздат, 1989. 639 с.
2. Акульшина Е.П. Методика определения условий выветривания, осадконакопления и постседиментационных преобразований по глинистым минералам // Глинистые минералы как показатели условий литогенеза. Новосибирск.: Наука, 1976. С. 9–37.
3. Алещенко М.Г. Состав и свойства фракций механических элементов предкавказских карбонатных малогумусных черноземов // Автореферат диссертации кандидата биологических наук. М.: МГУ, 1972. 20 с.
4. Васильевская В.Д., Иванов В.В., Погожев Е.Ю. Минералогический состав крупных фракций подзолистых почв и подзолов Кенозерья (Архангельская область) // Почвоведение, 2004. № 9. С. 1134–1141.
5. Водяницкий Ю.Н. Функциональные различия тяжелых и сверхтяжелых металлов и металлоидов в почвах // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2009. Вып. 64. С. 50–56.
6. Воронин А.Д. Основы физики почв. М.: МГУ, 1986. 224 с.
7. Градусов Б.П. Минералы со смешанослойной структурой в почвах. М.: Наука, 1976. 128 с.
8. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Матричная организация почв. М.: РУСАКИ, 2001. 296 с.
9. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М.: ГЕОС, 2005. 336 с.
10. Качинский Н.А. Физика почвы. М.: Высшая школа, 1962. 318 с.
11. Корнблюм Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирин А.Г. Изменение глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоди и солонца // Почвоведение. 1972. № 1. С. 107–114.
12. Коробова Е.М., Чижикова Н.П., Линник В.Г. Распределение <sup>137</sup>Cs по гранулометрическим фракциям и в профиле аллювиальных почв поймы р. Ипуть и ее притока р. Буддынка (Брянская область) // Почвоведение, 2007. № 4. С. 404–417.
13. Путеводитель почвенной экскурсии «Восточно-Европейская равнина. Лесостепная и степная зоны». М.: Наука, 1974. 95 с.
14. Роде А.А. Избранные труды. Т. 1. Теоретические проблемы почвоведения и вопросы генезиса почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. 600 с.
15. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: Академический Проект, 2004. 432 с.
16. Симонов Г.А. Содержание и минералогический состав коллоидных и предколлоидных фракций в зональном ряду почв Европейской России // Почвоведение, 2003. № 6. С. 722–732.

17. Шаймухаметов М.Ш., Титова Н.А., Травникова Л.С., Лабинец Е.М. Применение физических методов фракционирования для характеристики органического вещества почв // Почвоведение, 1984. № 8. С. 131–141.

18. Щербаков А.П., Васенев И.И. (Ред.) Антропогенная эволюция черноземов. Воронеж 2000. 412 с.

19. Bruce B. Velde, Alain Meunier. The Origin of Clay Minerals in Soils and Weathered Rocks. Springer, 2008. 426 p.

20. Cook H.E., Johnson P.D., Matti J.C., Zemmels I. Methods of sample preparation and X-ray diffraction data analysis. X-ray Mineralogy Laboratory Deep Sea Drilling Project, University of California? Riverside // Init. Repts. // Eds. Hayes D.E., Frakes L.A. et al. Washington, 1975. P. 999–1007.

21. Dixon J.B., Schulze D.G. (Ed) Soil Mineralogy with Environmental Application. Madison, Wisconsin, 2002. 866 p.

22. Pettijohn F.J. Sedimentary Rocks. New York. Harper and Row, 1957. 718 p.

## CHEMICAL AND MINERALOGICAL COMPOSITION OF DIFFERENT PARTICLE SIZE FRACTIONS OF TYPICAL CHERNOZEMS IN KURSK REGION

V.G. MAMONTOV<sup>1</sup>, A.V. CHINILIN<sup>1</sup>, O.B. ROGOVA<sup>2</sup>,  
YE.B. VARLAMOV<sup>2</sup>, P.YU. PANOVA<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;  
<sup>2</sup> V.V. Dokuchayev Soil Science Institute)

*The research of the chemical composition of particle-size fraction (coarse, medium, fine dust, silt), isolated from the A horizon of typical chernozems by the method of soaking after processing the soil sample with ultrasonic machining, has revealed that a change in the size of soil particles changes the total content of chemical elements that form the basis of the crystal lattice of many minerals. The fraction of coarse dust contains the most amount of SiO<sub>2</sub> and Na<sub>2</sub>O and their content decreases as the particle size decreases, but the content of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> increases, on the contrary. The silt fraction contains 2,2 times more Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3 times more R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and 9 times more Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> as compared to the fraction of coarse dust. The total content of CaO, MgO, and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> increases sequentially from coarse dust to silt fraction from 0.60%, 0.54% and 0.05% to 2.31%, 1.88% and 0.25%, respectively. K<sub>2</sub>O and TiO<sub>2</sub> are almost uniformly distributed over the particle-size fraction, and the fraction of coarse dust is significantly depleted by SO<sub>3</sub>.*

*The size of soil particles is also related to the total content of microelements, the amount of which in coarse dust fraction in most cases is 4–8 times less than in other fractions. The distribution of microelements along the particle-size fraction is different. The content of Mn, Zn, Ni, Rb, Ga and Br increases consecutively from fraction of coarse dust to silt fraction. The fraction of fine dust contains the largest amount of Cr, medium dust fraction contains Zn and Sr; while fine and medium dust fractions are enriched with Cu. Pb, Y, Nb and As are almost uniformly distributed over fractions of medium, fine dust, and silt. Particle-size fractions consist of a mixture of minerals of different origin, but only some of them determine the mineralogical composition. Thus, the fractions of coarse and medium dust are 70–75% composed of quartz and potassium feldspars, in the fraction of fine dust their content is more than 50% and more than 20% for hydrous mica. The silt fraction is more than 70% represented by a mixed-layer mica-smectite mineral with the prevailing smectite component and hydrous mica.*

**Key words:** particular granulometric fractions, coarse dust, medium dust, fine dust, silt, chemical elements, macroelements, microelements, mineralogical composition, clay minerals.

## References

1. Agrokhimiya [Agrochemistry] / Ed. by B.A. Yagodin. 2nd ed. Moscow: Agropromizdat, 1989. 639 p.
2. *Akul'shina Ye.P.* Metodika opredeleniya usloviy vyvetrivaniya, osadkonakopleniya i postsedimentatsionnykh preobrazovaniy po glinistym mineralam [Methods for determining weathering, sedimentation and postsedimentary transformations of clay minerals] // *Glinistyye mineraly kak pokazateli usloviy litogeneza*. Novosibirsk.: Nauka, 1976. Pp. 9–37.
3. *Aleshchenko M.G.* Sostav i svoystva fraktsiy mekhanicheskikh elementov predkavkazskikh karbonatnykh malogumusnykh chernozemov [Composition and properties of fractions of mechanical elements of pre-Caucasian carbonate low-humus chernozems] // Self-review of PhD (Bio) thesis. Moscow: MGU, 1972. 20 p.
4. *Vasil'yevskaya V.D., Ivanov V.V., Pogozhev Ye.Yu.* Mineralogicheskiy sostav krupnykh fraktsiy podzolistykh pochv i podzolov Kenozher'ya (Arkhangel'skaya oblast') [Mineralogical composition of large fractions of podzolic soils and podzols of Kenozerye (Arkhangelsk region)] // *Pochvovedeniye*, 2004. No. 9. Pp. 1134–1141.
5. *Vodyanitskiy Yu.N.* Funktsional'nyye razlichiya tyazhelykh i sverkhtyazhelykh metallov i metalloidov v pochvakh [Functional differences between heavy and super heavy metals and metalloids in soils] // *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*. 2009. Issue 50–56.
6. *Voronin A.D.* Osnovy fiziki pochv [Fundamentals of soil physics]. Moscow: MGU, 1986. 224 p.
7. *Gradusov B.P.* Mineraly so smeshannosloynoy strukturoy v pochvakh [Minerals with a mixed-layer structure in the soil composition]. Moscow: Nauka, 1976. 128 p.
8. *Zubkova T.A., Karpachevskiy L.O.* Matrichnaya organizatsiya pochv [Soil matrix organization]. Moscow: RUSAKI, 2001. 296 p.
9. *Karpachevskiy L.O.* Ekologicheskoye pochvovedeniye [Ecological soil science]. Moscow: GEOS, 2005. 336 p.
10. *Kachinskiy N.A.* Fizika pochvy [Soil physics]. Moscow: Vysshaya shkola, 1962. 318 p.
11. *Kornblyum E.A., Dement'yeva T.G., Zyrin N.G., Birina A.G.* Izmeneniye glinistykh mineralov pri obrazovanii yuzhnogo i slitogo chernozemov, limannoy solodi i solontsa [Changes in clay minerals during the formation of southern and merged black soils, estuary solod, and solonets] // *Pochvovedeniye*. 1972. No. 1. Pp. 107–114.
12. *Korobova Ye.M., Chizhikova N.P., Linnik V.G.* Raspredeleniye 137 Cs po granulometricheskim fraktsiyam i v profile allyuvial'nykh pochv poymy r. Iput' i yeye pritoka r. Buldynka (Bryanskaya oblast') [Distribution of 137 Cs in the granulometric fractions and in the profile of alluvial soils of the floodplain of the r. Iput and its tributary – the r. Buldynka (Bryansk region)] // *Pochvovedeniye*, 2007. No. 4. Pp. 404–417.
13. *Putevoditel' pochvennoy ekskursii "Vostochno-Yevropeyskaya ravnina. Lesostepnaya i stepnaya zony"* [Guide to the soil excursion "East European Plain. Forest-steppe and steppe zones"]. Moscow: Nauka, 1974. 95 p.
14. *Rode A.A.* Izbrannyye trudy. Vol 1. Teoreticheskiye problemy pochvovedeniya i voprosy genezisa pochv [Selected Works. Vol. 1. Theoretical problems of soil science and some issues of soil genesis]. Moscow: Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva Rossel'khozakademii, 2008. 600 p.
15. *Rozanov B.G.* Morfologiya pochv [Soil morphology]. M.: Akademicheskii Proyekt, 2004. 432 p.
16. *Simonov G.A.* Soderzhaniye i mineralogicheskiy sostav kolloidnykh i predkolloidnykh fraktsiy v zonal'nom ryadu pochv Yevropeyskoy Rossii [The content and mineralogical composition of colloidal and precolloidal fractions in the zonal series of soils in European Russia] // *Pochvovedeniye*, 2003. No. 6. Pp. 722–732.

17. *Shaymukhametov M.Sh., Titova N.A., Travnikova L.S., Labinets Ye.M.* Primeniye fizicheskikh metodov fraktsionirovaniya dlya kharakteristiki organicheskogo veshchestva pochv [The use of physical methods of fractionation to characterize the organic matter of soil] // *Pochvovedeniye*, 1984. No. 8. Pp. 131–141.

18. *Shcherbakov A.P., Vasenev I.I.* (Ed.) *Antropogennaya evolyutsiya chernozemov* [Anthropogenic evolution of chernozem]. Voronezh 2000. 412 p.

19. *Bruce B. Velde, Alain Meunier.* *The Origin of Clay Minerals in Soils and Weathered Rocks.* Springer, 2008. 426 p.

20. *Cook H.E., Johnson P.D., Matti J.C., Zemmels I.* Methods of sample preparation and X-ray diffraction data analysis. X-ray Mineralogy Laboratory Deep Sea Drilling Project, University of California? Riverside // *Init. Repts.* // Eds. Hayes D.E., *Frakes L.A. et al.* Washington, 1975. Pp. 999–1007.

21. *Dixon J.B., Schulze D.G.* (Ed) *Soil Mineralogy with Environmental Application.* Madison, Wisconsin, 2002. 866 p.

22. *Pettijohn F.J.* *Sedimentary Rocks.* New York. Harper and Row, 1957. 718 p.

**Мамонтов Владимир Григорьевич** – д.б.н., проф. кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (125550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел (499) 976-08-97; e-mail: mschapochv@mail.ru).

**Чинилин Андрей Владимирович** – ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (125550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел (499) 976-08-97; e-mail: mschapochv@mail.ru).

**Рогова Ольга Борисовна** – к.с.-х.н., зав. отделом химии и физико-химии почв Почвенного института имени В.В. Докучаева (119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2; тел (495) 953-87-48; e-mail: rogova\_ob@esoil.ru).

**Варламов Евгений Борисович** – к.б.н., научный сотрудник лаборатории минералогии и микроморфологии почв Почвенного института имени В.В. Докучаева (119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2; тел (495) 953-72-59; e-mail: varlamob\_eb@esoil.ru).

**Панова Полина Юрьевна** – ассистент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (125550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел (499) 976-08-97; e-mail: mschapochv@mail.ru).

**Vladimir G. Mamontov** – DSc (Bio), Professor, the Department of Soils Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (125550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49 tel.: +7 (499) 976-08-97; e-mail: mschapochv@mail.ru).

**Andrey V. Chinilin** – PhD student, assistant of the Department of Soils Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (125550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49, (499) 976-08-97, e-mail: andreychinilin@gmail.com).

**Olga B. Rogova** – PhD (Bio), Chief of the Laboratory of Soil Chemistry and Physical Chemistry, V.V. Dokuchayev Soil Science Institute (119017, Moscow, Pyzhyovskiy lane 7, bld 2, (495) 953-87-48, e-mail: rogova\_ob@esoil.ru).

**Yevgeny B. Varlamov** – PhD (Bio), Researcher Associate, the Laboratory of Soil Mineralogy and Micromorphology, V.V. Dokuchayev Soil Science Institute (119017, Moscow, Pyzhyovskiy lane 7, bld. 2, (495) 953-72-59, e-mail: varlamob\_eb@esoil.ru).

**Polina Yu. Panova** – Senior Lecturer, the Department of Soils Science, Geology and Landscape Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (125550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49, (499) 976-08-97, e-mail: mschapochv@mail.ru).