

ЧЕРНОЗЕМЫ ТИПИЧНЫЕ НА ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОДОРАЗДЕЛОВ МОЛДОВЫ И СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ: БАЛАНС МИНЕРАЛОВ

В.Е. Алексеев

*Институт Почвоведения, Агрохимии и Защиты почв им. Н.А. Димо,
г. Кишинев, Молдова*

ВВЕДЕНИЕ

Задача исследования – сравнительная характеристика минералогического состояния силикатной части черноземов Русской равнины и Молдовы, сформировавшихся на покровных отложениях водоразделов, посредством определения в них баланса минералов. Исследованием в этом направлении будет решаться и другая задача – установлено, применим ли данный прием анализа, используемый на черноземах Молдовы, к черноземам Русской равнины.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования остаются те же два чернозема, охарактеризованные в предыдущей статье. Напомним, что сравнительные минералогические исследования проведены на черноземах одного и того же тяжелосуглинистого гранулометрического состава, что снимало проблему влияния гранулометрии на их минералогию и обеспечивало сравнимость объектов. В балансовых расчетах использованы результаты определения содержания первичных минералов во фракции >1 мкм и глинистых минералов во фракции <1 мкм в пересчете их содержания на почву в целом.

Методика исследования почв освещена также в предыдущей статье. В настоящей статье приведены расчеты двух этапов анализа результатов. На первом этапе показана динамика содержания минералов по отношению к силикатной части почвы после приведения по кварцу их содержания в горизонтах к содержанию в породе. Выражена она в кг/100 кг силикатной части породы, для чего использовано численное равенство весового процента содержания минерала его содержанию в кг/100 кг (табл. 1, 2). На втором этапе, используя полученные результаты, произведен расчет динамики масс минералов по горизонтам по отношению к силикатной части породы (табл. 3, 4). Такой прием и такая последовательность таблиц позволяют наглядно проследить, как складывается конечная картина по объемам трансформации минералографии исследуемых черноземов под влиянием процессов выветривания и почвообразования, но также в результате возможных геологических проявлений.

Расчеты произведены из допущения изначальной однородности пород. Результаты расчетов, не укладывающиеся в логику естественного развития процессов выветривания и почвообразования на однородной породе, относили к проявлениям ее неоднородности. Практически абсолютно однородные осадочные породы в природе вообще вряд ли существуют. К этому следует добавить, что также не

существует критерия, с какого момента породу следует считать однородной. В статье используется термин «баланс минералов», когда потери и прибавки минералов в конкретном горизонте выражены в кг/100 кг породы (табл. 1, 2), и термин «баланс масс минералов», когда потери и прибавки минералов выражены в т/га с учетом мощности и массы силикатов всего горизонта (табл. 3, 4). Способ расчета названных балансов минералов впервые описан и использован нами в [1, 2].

Для ориентации в представленных таблицах заметим, что таблицы 1 и 2 состоят из трех частей. В первой приведены исходные данные по содержанию минералов (первичных или глинистых) в силикатной части горизонтов почв в весовых процентах. Во второй (средней) – данные по содержанию этих минералов в кг/100 кг (численно равные процентам), приведенные к содержанию кварца в породе. В третьей – данные по разнице содержания в горизонте и породе отдельных минералов и их сумм, полученных во второй части таблиц. В конце таблицы 2 подведен общий баланс минералов. Другим способом оценки минералогического состояния исследуемых черноземов является расчет баланса масс минералов, выраженного в т/га (табл. 3, 4). Исходными данными для расчетов послужили установленные потери/прибавки первичных и глинистых минералов по горизонтам, определенные ранее в кг/100 кг силикатов породы (табл. 1, 2), мощности генетических горизонтов, их плотность и масса силикатной части в т/га. В таблицах 3 и 4 показаны два вида баланса. Первый подводит окончательный баланс минерала по профилю, второй – баланс между минералами одного горизонта. Оба баланса выполняют дополнительную полезную диагностическую функцию, поскольку дают возможность видеть, за счет каких статей (минералов и горизонтов) формируется общий баланс масс минералов в черноземах. Конечные результаты обоих балансов сходятся в одной ячейке таблицы, т.е. они совпадают.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По содержанию кварца, первичных и глинистых минералов в почвообразующей породе молдавский и курский черноземы практически идентичны, что создает благоприятные условия для сравнительного анализа (чернозем на Среднерусской возвышенности в Курской области для краткости будем именовать курским). Расчеты показали, что в обоих черноземах баланс первичных минералов отрицательный по всем группам, что указывает на одинаковое в них течение процесса выветривания этой категории силикатов (табл. 1). Он нарастает от породы к верхним горизонтам, где до глубины 65–70 см сверху в обоих черноземах достигает близких величин в пределах 7,4–9,9 кг/100 кг силикатов породы. Различия заключаются в том, что в молдавском черноземе потери первичных минералов уже на глубине 80 см приближаются к минимуму (1,9 кг/100 кг), в то время как в курском черноземе они и на глубине 115 см достаточно велики (6,4 кг/100 кг). При этом следует помнить о рыхлом состоянии курского чернозема. В обоих черноземах основные потери первичных минералов связаны со слоистыми силикатами (слюдами, хлоритом и глинистым минералом каолинитом). В отношении глинистых минералов складывается похожая картина, но с некоторыми отличиями. Здесь основные потери прежде всего относятся к смектиту (до 6,8–6,9 кг/100 кг) и в значительно меньшей степени – к

хлориту и каолиниту (табл. 2). По-разному в исследуемых черноземах ведет себя иллит. В молдавском черноземе, как обычно для данного региона, наблюдается положительный его баланс в верхней части профиля [1]. В курском черноземе, как и в молдавском, первичные данные слабо демонстрируют некоторый рост содержания иллита к верхним горизонтам, но в конечном счете его баланс по отношению к кварцу оказывается отрицательным. Поскольку положительный баланс иллита в молдавском черноземе снижает суммарный отрицательный баланс глинистых минералов, различие в суммарных отрицательных балансах по этой группе минералов между черноземами резко возрастает. В верхних горизонтах они составили соответственно 5,8 и 12,1 кг/100 кг силикатов породы. Прежде отметим, что в обоих черноземах наряду с первичными идет выветривание глинистых минералов. Общий отрицательный баланс по первичным и глинистым минералам в верхней части профиля в молдавском черноземе выразился в 15,6, в курском черноземе – в 21,3 кг/100 кг силикатов породы (табл. 2). Таким образом, общий отрицательный баланс минералов в курском черноземе в сравнении с молдавским оказался примерно в полтора раза выше, и эта разница образовалась за счет глинистых минералов и, главным образом, в связи с необычным поведением иллита в курском черноземе.

В исследуемых черноземах отрицательные балансы масс первичных минералов (вместе с каолинитом) оказались соизмеримыми: в молдавском – 740, в курском – 815 т/га (табл. 3). В обоих черноземах основные потери первичных минералов (70–80 %) связаны со слоистыми силикатами. Размеры отрицательного баланса минералов по профилю в большой степени определяются мощностью горизонтов, что особенно наглядно можно видеть на примере курского чернозема. К тому же в этом черноземе даже на глубине 115 см потери первичных минералов остаются значительными и глубже они вообще остались не учтенными. Так что в целом потери первичных минералов в курском черноземе должны быть выше, чем в молдавском черноземе. В этом свою роль сыграло более высокое содержание кварца в почвенной части курского чернозема.

Баланс масс глинистых минералов в обоих черноземах отрицательный (табл. 4). Принципиально различается, как показано ранее, поведение в этих почвах иллита. В молдавском черноземе его положительный баланс составил 212 т/га. В курском черноземе, напротив, баланс иллита отрицательный, и достиг 202 т/га.

Наибольшие потери глинистых минералов связаны с утратой смектита – более 600 т/га в каждом из черноземов. При близких потерях хлорита, в курском черноземе вдвое выше потери каолинита. В связи с разной направленностью поведения иллита суммарные потери глинистых минералов в курском черноземе (1072 т/га) вдвое превышают таковые в молдавском черноземе (556 т/га). По этой же причине общие потери минералов силикатной частью в курском черноземе (1887 т/га) оказались в полтора раза выше потерь в молдавском черноземе (1296 т/га). Принимая во внимание, что отрицательный баланс глинистых минералов на глубине 115 см остается еще высоким и глубже не учтен, общие потери силикатных минералов в курском черноземе на самом деле будут еще выше. Вместе с тем понятно, что различия в потерях минералов возникли в результате более высокого содержания в почвенной части курского чернозема кварца, по отношению к которому велись все расчеты.

Таблица 2

Баланс глинистых и общий баланс минералов силикатной части черноземов типичных тяжелоуглинистых

Горизонт	Глубина, см	Весовой % в силикатной части почвы				Мгп*, кг/100кг силикатной части породы				Мд, кг/100кг силикатной части породы				Баланс минералов					
		СМКТИ	иллит	хлорит	каолинит	СМКТИ	иллит	хлорит	каолинит	СМКТИ	иллит	хлорит	каолинит	Баланс глинистых минералов	Баланс первичных минералов	Баланс глинистых минералов	общий баланс минералов		
<i>Молдова, чернозем типичный, разрез 50, плато, абс. выс. 236 м</i>																			
Ап	0-30	18,5	13,5	2,3	4,2	38,5	15,7	11,4	1,9	3,6	32,6	-6,8	2,5	-0,8	-0,7	-5,8	-9,8	5,8	-15,6
А ₁	30-55	17,6	12,7	2,3	3,9	36,5	15,0	10,8	2,0	3,3	31,1	-7,5	1,9	-0,7	-1,0	-7,3	-7,4	-7,3	-14,7
В ₁	55-65	19,6	12,3	2,3	4,2	38,4	17,2	10,8	2,0	3,7	33,7	-5,3	1,9	-0,7	-0,6	-4,7	-7,7	-4,7	-12,4
В _{2к}	65-80	20,2	11,0	2,3	4,3	37,8	19,4	10,6	2,2	4,1	36,3	-3,1	1,7	-0,5	-0,2	-2,1	-1,9	-2,1	-4,0
С _к	190-200	22,5	8,9	2,7	4,3	38,4	22,5	8,9	2,7	4,3	38,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Среднерусская возвышенность, чернозем типичный, разрез 26, водораздел, абс. выс. 240 м</i>																			
А _д	0-28	15,8	10,1	1,7	4,0	31,5	12,4	8,0	1,3	3,1	24,8	-6,9	-2,0	-1,2	-2,0	-12,1	-9,2	-12,1	-21,3
А ₁	28-40	16,1	10,8	2,0	4,8	33,6	13,1	8,7	1,6	3,9	27,3	-6,3	-1,2	-0,9	-1,2	-9,6	-9,2	-9,6	-18,8
А _{1к}	40-70	14,4	9,5	2,4	5,1	31,4	11,6	7,7	1,9	4,1	25,3	-7,7	-2,3	-0,6	-1,0	-11,6	-7,8	-11,6	-19,4
А ₁ В _к	70-115	17,1	9,4	2,7	4,3	33,6	14,6	8,0	2,3	3,7	28,7	-4,7	-1,9	-0,2	-1,4	-8,2	-6,4	-8,2	-14,6
С _к	210-235	19,3	9,9	2,5	5,1	36,9	19,3	9,9	2,5	5,1	36,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

* Мгп – содержание минерала в горизонте, приведенное к содержанию кварца в породе; Мд – убыль (прибавка) минерала в сравнении с породой.

Таблица 3

Баланс масс первичных минералов силикатной части черноземов типичных тяжелосуглинистых

Горизонт	Глубина, см	Мощность, см	Плотность, г/см ³	Масса, т/га	* Масса силикатной части, т/га	Плагиоклазы		Калиевые полевые шпаты		Слюда		Хлорит		Каолинит		Баланс погоризонный	
						потеря/прибавка, вес, %	потеря/прибавка, т/га										
<i>Молдова, чернозем типичный, разрез 50, плато, абс. выс. 236 м</i>																	
Ап	0–30	30	1,22	3660	3499	-1,2	-42	-1,4	-49	-2,1	-73	-2,6	-91	-2,6	-91	-9,9	-346
А ₁	30–55	25	1,40	3500	3371	-0,6	-20	-0,5	-17	-1,7	-57	-2,2	-74	-2,4	-81	-7,4	-249
В ₁	55–65	10	1,40	1400	1366	-0,5	-7	-0,4	-5	-2,4	-33	-2,1	-29	-2,3	-31	-7,7	-105
В _{2к}	65–80	15	1,40	2100	2052	-0,2	-4	0,3	6	-0,3	-6	-1,3	-27	-0,4	-8	-1,9	-39
С _к	190–200	–	–	–	–	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га							-73		-65		-170		-220		-212		-740
<i>Среднерусская возвышенность, чернозем типичный, разрез 26, водораздел, абс. выс. 240 м</i>																	
А _д	0–28	28	1,00	2800	2567	-2,1	-54	-0,7	-18	-2,4	-62	-1,6	-41	-2,4	-62	-9,2	-236
А ₁	28–40	12	1,09	1308	1196	-1,7	-20	-0,6	-7	-2,5	-30	-1,5	-18	-3	-36	-9,2	-110
А _{1к}	40–70	30	1,06	3180	2857	-1,5	-43	-0,6	-17	-2,1	-60	-1,2	-34	-2,5	-71	-7,8	-223
А ₁ В _к	70–115	45	1,01	4545	3841	-1,3	-50	-0,5	-19	-1,7	-65	-1	-38	-1,8	-69	-6,4	-246
С _к	210–235	–	–	–	–	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га							-167		-61		-217		-132		-238		-815

Таблица 4

Баланс масс глинистых и общий баланс масс минералов силикатной части черноземов типичных тяжелосуглинистых

Горизонт	Глубина, см	Мощность, см	Плотность, г/см ³	Масса, т/га	* Масса силикатной части, т/га	Смектит		Иллит		Хлорит		Каолинит		Баланс погоризонтный		Общий баланс масс минералов		
						потеря/прибавка, вес, %	потеря/прибавка, т/га	Бпм	Бгм	Бо								
<i>Молдова, чернозем типичный, разрез 50, плато, абс. выс. 236 м</i>																		
Ап	0-30	30	1,22	3660	3499	-6,8	-238	2,5	87	-0,8	-28	-0,7	-24	-5,8	-203	-740	-556	-1296
А ₁	30-55	25	1,40	3500	3371	-7,5	-253	1,9	64	-0,7	-24	-1,0	-34	-7,3	-246			
В ₁	55-65	10	1,40	1400	1366	-5,3	-72	1,9	26	-0,7	-10	-0,6	-8	-4,7	-64			
В _{2к}	65-80	15	1,40	2100	2052	-3,1	-64	1,7	35	-0,5	-10	-0,2	-4	-2,1	-43			
С _к	190-200	-	-	-	-	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0			
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га																		
						-	-627	-	212	-	-72	-	-70	-	-556	-	-	-
<i>Среднерусская возвышенность, чернозем типичный, разрез 26, водораздел, абс. выс. 240 м</i>																		
А _д	0-28	28	1,00	2800	2567	-6,9	-178	-2,0	-50	-1,2	-31	-2,0	-51	-12,1	-310	-815	-1072	-1887
А ₁	28-40	12	1,09	1308	1196	-6,3	-75	-1,2	-14	-0,9	-11	-1,2	-14	-9,6	-115			
А _{1к}	40-70	30	1,06	3180	2857	-7,7	-221	-2,3	-64	-0,6	-17	-1,0	-29	-11,6	-332			
А _{1В_к}	70-115	45	1,01	4545	3841	-4,7	-181	-1,9	-73	-0,2	-8	-1,4	-53	-8,2	-315			
С _к	210-235	-	-	-	-	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0			
Баланс профильных потерь/прибавок минералов, т/га																		
						-	-656		-202		-68		-146		-1072	-	-	-

* Масса силикатной части почвы после вычета содержания гумуса и карбонатов.

По совокупности приведенных данных можно, казалось бы, заключить, что в курском черноземе процессы выветривания минералов продвинуты намного дальше, чем в молдавском черноземе. Настолько дальше, что они вызвали облегчение гранулометрического состава верхней части почвенного профиля и, как следствие, увеличение содержания кварца. Но имеются ли для такого заключения достаточные основания? Почвы принадлежат к одному типу – чернозем. По классическим представлениям их история полностью ограничивается голоценом. Нельзя руководствоваться в объяснении полученных результатов и ранее выдвинутой гипотезой [3], что черноземы на водораздельных поверхностях выравнивания могут наследовать минералогические профили от других эпох почвообразования в предшествующие голоцену межледниковья. Для этого нет оснований. Во-первых, на исследуемой территории Курской области, как и в Молдове, ледника не было. В этом отношении условия почвообразования молдавского и курского черноземов одинаковы. Во-вторых, вряд ли история четвертичного периода после Днепровского оледенения да и в голоцене на этих территориях в палеогеографическом отношении принципиально различалась. Поэтому курский чернозем, как представляется, не должен иметь настолько более выветренный минералогический профиль, чем молдавский чернозем.

Однако вернемся к некоторым данным баланса минералов. Прежде всего отметим, что примерно одинаковые потери первичных минералов в исследуемых черноземах вступают в противоречие с большими различиями в потере глинистых минералов. В курском черноземе они вдвое выше, чем в молдавском. При одинаковой минералогии почвообразующих пород такой эффект не может возникнуть даже при разных по интенсивности условиях выветривания и почвообразования, поскольку выветривание, как показывает молдавский опыт, в более или менее равной степени затрагивает как первичные, так и глинистые минералы. Привлекает внимание также необычное поведение иллита в курском черноземе, в котором обнаружилась потеря этого минерала в верхней части профиля, чего в молдавских черноземах никогда не отмечалось. При анализе расчетов становится понятным, что оба указанных необычных эффекта возникают только вследствие облегчения гранулометрии курского чернозема вверх по профилю. Но какова природа этого облегчения: процессы выветривания и почвообразования или особенности геологии почвообразующей породы? Такие случаи постепенного облегчения породы при движении к поверхности почвы трудно диагностируемы, т.к. минералогические признаки очень похожи на продукт интенсивных выветривания и почвообразования, которые также сопровождаются потерей способных к выветриванию минералов, изменениями в гранулометрии почв и относительным накоплением в них устойчивого кварца. Дело в том, что в лессовидных породах с укрупнением размера минеральных частиц силикатов количественное соотношение между кварцем, полевыми шпатами, грубодисперсными слоистыми силикатами и, особенно, глинистыми минералами изменяется в пользу кварца [1]. В данном случае противоречивость в балансе первичных и глинистых минералов, в поведении иллита, а также ранее отмеченные другие проявления неоднородности породы в курском черноземе в совокупности с палеогеографическими соображениями дают основание утверждать, что большие различия в общем балансе минералов в курском и молдавском черноземах не являются результатом процессов выветривания и почвообразования. Они являются следствием неоднородности почвообразующей породы в курском

черноземе, выражающейся в постепенном облегчении ее гранулометрического состава вверх по профилю. В результате вверх по профилю увеличивается содержание фракции $>1\text{ мкм}$ и, соответственно, увеличивается содержание кварца и уменьшается содержание фракции $<1\text{ мкм}$, а эффекты с балансом и иллитом являются следствием пересчета на возникшую новую ситуацию. В этом случае об объемах истинных изменений в минералогии исследуемых черноземов под воздействием выветривания и почвообразования правильнее судить по данным, относящимся к молдавскому чернозему. В курском черноземе скорее всего произошли соизмеримые процессы, на что указывают показатели трансформации первичных минералов, однако наложенные на неоднородную породу они, особенно в связи со снижением вверх по профилю содержания глинистой фракции, по общему балансу минералов приобрели утрированно большие размеры.

В заключение отметим, что детальный разбор полученных результатов сравнительного исследования молдавского и курского черноземов позволяет придти еще к одному выводу. Пример с курским черноземом убедительно демонстрирует эффективность примененной методики минералогической диагностики происходящих в почве процессов, позволяющей даже в трудных случаях различать изменения в ее минеральной части почвенного и геологического происхождения, что, конечно же, совершенно недоступно химическому анализу.

ВЫВОДЫ

1. Исследования показали, что состав и характер распределения первичных и глинистых минералов в молдавском и курском черноземах практически идентичны, балансы масс минералов одинаково отрицательные. В обоих черноземах основные потери первичных минералов (до 80 %) связаны со слоистыми силикатами, потери глинистых минералов – со смектитом. Наблюдаемая картина во многом указывает на однотипное в них течение процесса выветривания и почвообразования.

2. Отрицательные балансы масс первичных минералов в обоих черноземах соизмеримы: в молдавском – 740, в курском – 815 т/га. В связи с отклонением поведения иллита по профилю суммарные потери глинистых минералов в курском черноземе (1072 т/га) вдвое превышают таковые в молдавском черноземе (556 т/га). По этой же причине общие потери минералов в курском черноземе (1887 т/га) оказались в полтора раза выше потерь в молдавском черноземе (1296 т/га).

3. Различия в балансах масс, отчасти по первичным, но главным образом по глинистым минералам, а также в поведении иллита в курском черноземе в сравнении с молдавским являются следствием неоднородности почвообразующей породы в курском черноземе, выраженной в постепенном облегчении ее гранулометрического состава вверх по профилю и, как следствие, в увеличении содержания кварца в том же направлении. При отсутствии неоднородности почвообразующей породы курский чернозем по минералогическому состоянию оказался бы близким к молдавскому чернозему.

4. Проведенные исследования также показали возможность применения методики минералогического анализа и способа оценки минералогического состояния почв, используемые в Молдове, на черноземах Русской равнины. Однако требуются дальнейшие исследования в этой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев, В.Е.* Минералогия почвообразования в степной и лесостепной зонах Молдовы: диагностика, параметры, факторы, процессы / В.Е. Алексеев. – Кишинев, 1999. – 241 с.
2. *Алексеев, В.Е.* Элювиальный процесс и баланс масс породообразующих силикатных минералов в покровных отложениях водоразделов Молдовы / В.Е. Алексеев [и др.] // Buletinul Institutului de geologie și seismologie al AȘM. – 2009. – № 2. – Р. 99–108.
3. *Алексеев, В.Е.* Происхождение и возраст минералогических профилей черноземов Молдавии / В.Е. Алексеев // Почвоведение. – 2008. – № 4. – С. 454–466.

CHERNOZEMS TYPICAL ON THE COVERING SEDIMENTS OF THE WATERSHEDS OF MOLDOVA AND THE CENTRAL RUSSIAN UPLAND: BALANCE OF MINERALS

V.E. Alekseev

Summary

It is established that the composition and nature of distribution of primary and clay minerals along the profile of Moldovan and Kursk chernozems are almost identical. Mass balances of minerals in chernozems both negative. The loss of the primary minerals in the Moldovan and Kursk chernozems and close were, respectively, 740 and 815 t/ha, the loss of clay minerals, respectively 1072 and 556 t/ha. The difference in the losses of clay minerals is a result of heterogeneity of parent rocks in the Kursk chernozem, which is expressed in the gradual relief of her granulometry up the profile and the abnormal in connection with the distribution of illite in the soil profile.

Поступила 16.03.17