

УДК 641.41

**МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ  
ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ФРАКЦИЙ (<1, 1–5, 5–10 МКМ)  
АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ СО  
СЛОЖНЫМ ОРГАНОПРОФИЛЕМ В ВЯТСКОМ  
ПРИКАМЬЕ**

© 2016 г. Н. П. Чижикова<sup>1</sup>, А. М. Прокашев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Почвенный институт им. В.В. Докучаева,  
Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2  
e-mail: chizhikova38@mail.ru*

<sup>2</sup>*Вятский государственный гуманитарный университет,  
Россия, 610002, Киров, ул. Красноармейская, 26  
e-mail: aprokashev@gmail.com*

Исследован минералогический состав тонкодисперсных (<1, 1–5, 5–10 мкм) фракций, выделенных из агродерново-подзолистых почв со вторым гумусовым горизонтом на покровных иловато-крупнопылеватых суглинках внеледниковой зоны на территории Вятского Прикамья. Почвы текстурно-дифференцированы по элювиально-иллювиальному типу за счет фракции <1 мкм. Минералогический состав фракции <1 мкм покровных суглинков представлен сложными неупорядоченными смешанослойными образованиями с сегрегацией пакетов следующих типов: смектитовых, слюдистых, хлоритовых, вермикулитовых. Среди индивидуальных минералов присутствуют гидрослюды, смектит, каолинит, хлорит. Подзолообразование привело к изменению соотношения основных минеральных фаз и тип структуры смешанослойных образований. В элювиальной части профиля произошло увеличение содержания гидрослюд и хлоритов, исчез индивидуальный смектит и смешанослойные слюда-смектиты. Изменился мотив чередования пакетов 1.4 нм фазы фракции: вместо слюда-смектитов эта фаза представлена хлорит-вермикулитом. В переходном гор. ВЕL помимо хлорит-вермикулита присутствуют слюда-смектитовые образования, количество которых значительно увеличивается вниз по профилю, достигая максимума в гор. ВТ1 и почвообразующей породе. Отмечено более высокое содержание индивидуального смектита и хлорита в отложениях Вятского Прикамья по сравнению с покровными суглинками Клинско-Дмитровской гряды. Распределение фракции тонкой пыли (1–5 мкм) имеет сложный характер: равное содержание в почвообразующей породе и верхних горизонтах и минимум в иллювиальных гор. ВТ в средней части профиля. Это связано с частичным выносом фракции тонкой пыли из элювиальной части профи-

ля, но в меньшем количестве, чем вынос ила, и общим относительным уменьшением содержания фракции 1–5 мкм за счет элювиально-иллювиального распределения фракции ила. Состав минералов фракции тонкой пыли резко отличается от такового фракции <1 мкм значительным содержанием кварца и калиевых полевых шпатов, наибольшее количество которых отмечается в гор. AELh. В распределении слоистых силикатов можно отметить следующее: в элювиальной части профиля присутствуют гидрослюды, каолинит, хлорит и хлорит-вермикулитовые смешанослойные образования. Ниже по профилю диагностируются хлорит-сметитовые смешанослойные образования с максимумом в карбонатной части профиля BCsa,nc,dc с глубины 115–125 см.

*Ключевые слова:* Вятское Прикамье, неупорядоченные смешанослойные образования, слюда-сметит, хлорит-вермикулит, индивидуальный смектит, каолинит, хлорит.

**DOI:** 10.19047/0136-1694-2016-84-10-28

## ВВЕДЕНИЕ

Покровные суглинки Вятского Прикамья, являющиеся почвообразующими породами для дерново-подзолистых почв, встречаются в пределах внеледниковой и внутриледниковой территории этого региона (Восточно-Европейская суббореальная область, Вятско-Камская провинция по [М.И. Герасимовой \(2007\)](#)). Ранее были получены ([Прокашев и др., 2002](#), [2004а](#), [б](#), [2005а](#), [б](#), [2009](#), [2015](#)) данные о географии, вещественном составе, закономерностях педогенной трансформации, времени и палеогеографических условиях их формирования. Плащ покровных суглинков подстилается коренными пермскими отложениями в пределах внеледниковой зоны и моренными песчано-глинистыми наносами внутри ледниковой зоны. Средние мощности покровных суглинков на плакорах составляют 1.5–2(3) м, а в нижней части склона могут достигать 5–8 м и более. Характерно исчезновение или ослабление степени карбонатности и увеличение глубины залегания известковых материалов в северном направлении.

По гранулометрическому составу покровные суглинки относятся к иловато-крупнопылеватым (или крупнопылеватоловатым) тяжело- и легкосуглинистым разностям. В их составе наблюдается резкое преобладание лёссовидной фракции крупной пыли, доля которой приближается к 50% от суммы фракций. В пределах таежных ландшафтов в целом наблюдается чаще отрица-

тельный баланс ила в профилях зональных дерново-подзолистых почв ([Прокашев и др., 2004а, б](#)).

Почвенный покров бассейна нижней Вятки занимает переходное положение между южно-таежным и смешанными широколиственно-хвойными лесами. Почвы сформированы на бескарбонатных и карбонатных покровных суглинках, и большинство из них имеет сложный органофильный профиль.

[Хантулевым и Гагариной](#) (1972) обобщены материалы по почвам со сложным гумусовым профилем, столь широко распространенных в России, особенно под лесной растительностью. Они отмечали наличие в профиле реликтовых признаков. [Каравасовой и др. \(1986\)](#) выполнена генетико-эволюционная систематизация вторых гумусовых горизонтов (ВГГ) в почвах таежно-лесной зоны, с подразделением их на инситу педореликты, погребенные педо- и (лито)реликты и откопанные лито(педо-)реликты. Для Кировской области эти авторы выделяют “палеоклиматогенные” ВГГ в подзолистом горизонте и погребенный педореликтовый в гор. ВТ.

Информация о минералогическом составе дерново-подзолистых почв на покровных суглинках Вятского Прикамья крайне ограничена. Имеются работы о свойствах покровных суглинков Вятского Прикамья ([Прокашев и др., 2002, 2004, 2005](#)) и по минералогическому составу серых лесных почв Камского Предуралья ([Вологжанина, Чижикова, 1986](#); [Вологжанина, 1996](#)).

Цель исследований – определение характера формирования глинистого материала агродерново-подзолистой почвы со ВГГ на проблематичных покровных суглинках, сформированных во внеледниковой зоне Вятского Прикамья.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования послужил разр. Я-2 агродерново-подзолистой со ВГГ среднесуглинисто(30)-легкоглинисто(105)-тяжелосуглинистой почвы на покровном суглинке (Eutric Retisol Episiltic, Endoclayic, Aric, Cutanic, Greyzemic) по WRB-2014), заложенный около д. Сушинцы на залежи в верхней пологой части обширного склона южной экспозиции (уклон  $0^{\circ}$ – $1^{\circ}$ ). Морфологическое строение профиля следующее:

Гор. РУ (0–26 см) – свежий, светло-серый, с пепельным оттенком, среднесуглинистый, непрочная пылевато-комковатая структура, рых-

лый, много мелких ортштейнов величиной до 2–3 мм, многочислен-ные корни в верхнем 10-сантиметровом слое, переход резкий по структуре, граница ровная.

Гор. AELh (26–32 см) – фрагментарные морфоны, чередующиеся с морфонами BEL, светло-серые, с углистым оттенком, тяжелосуглинистые, непрочная плитчатая структура, рыхлые, на поверхности структурных отдельностей белесая скелетана, внутренняя часть агрегатов более темная, равномерно прокрашенная гумусом, много серо-бурых ортштейнов, корней мало, переход заметный по цвету и структуре.

Гор. BEL (26–32(42) см) – фрагментарные морфоны, чередующиеся с морфонами AELh, свежие, неоднородные по цвету, буровато-белесые, тяжелосуглинистые, структура ореховатая с горизонтальной делимостью, рыхлый, мучнистый на ощупь, ортштейнов меньше, чем в морфонах AELh или гор. P, обилие белесых скелетан на гранях структурных отдельностей, корней мало, переход заметный по цвету и структуре, граница языковатая.

Гор. BT1 (32(42)–58 см) – влажный, коричневато-бурый с шоколадным оттенком, глинистый, ореховатая структура, плотный, но легко распадающийся на структурные отдельности, в верхней части горизонта заметное количество белесых скелетан на стенках межагрегатных трещин и корневых ходов, на нижних гранях педов глинистые кутаны, корней мало, изредка встречаются крупные отмершие корни хвоща полевого, по стенкам корневых ходов обычна гумусовая лакировка, встречаются редкие червороины диаметром 3–5 мм, заполненные копролитами, переход заметный по изменению структуры.

Гор. BT2 (58–87 см) – сырой, бурый с шоколадно-черной гумусовой лакировкой на поверхности агрегатов, глинистый, структура крупноореховатая, менее плотный, чем гор. BT1, на нижних гранях агрегатов мелкие глинистые натеки, корни редкие, среди них характерны корневища хвоща, переход постепенный.

Гор. BC (87–112 см) – сырой, желтовато-бурый, со слабой гумусовой лакировкой на поверхности агрегатов и стенках корневых ходов, глинистый, ореховато-призматическая структура, плотный, корни редкие, переход ясный по вскипанию от HCl.

Гор. BCsa,nc,dc (112–160 см) – сырой, бурый, с желтовато-белыми пятнами, крапинками и черной сетчатой гумусовой лакировкой, тяжелосуглинистый, в нижней части с заметным облегчением гранулометрического состава, бесструктурный, липкий, менее плотный, чем гор. BC, бурно вскипает от HCl, много карбонатных, мягких сегрегаций с четкой и диффузной границей, характерны палевые диффузные пятна от разложившихся карбонатов, корней нет.

Основным методом изучения состава тонкодисперсных фракций является рентгеноструктурный анализ. Выделение тонкодисперсных фракций для этого анализа и валового химического состава проводили по методу [Н.И. Горбунова \(1960\)](#). Ориентированные препараты готовили методом седиментации на покровные стекла. Съемку осуществляли на универсальном рентгендифрактометре HZG-4A марки Carl Zeiss Jena (Германия). Режим работы прибора: 30 мВ, 30 мА. Для диагностики минералов препараты с фракциями размерностью <1, 1–5, 5–10 мкм снимали в воздушно-сухом состоянии, после сольватации образцов этиленгликолем, после прокаливания их в течении 2 ч при температуре 550°C. Гранулометрический анализ выполнен пирофосфатным методом ([Вадюнина, Корчагина, 1986](#)).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованный разр. Я-2 имеет хорошо выраженное элювиально-иллювиальное распределение гранулометрического и валового составов. По гранулометрическому составу покровный суглинок, на котором сформировалась почва, иловато-крупнопылеватый. В пределах профиля наблюдается четкая дифференциация илистой фракции по элювиально-иллювиальному типу. В элювиальной части количество ила не превышает 8.9%, а в тектурном гор. ВТ его содержание достигает 38% (табл. 1).

В валовом химическом составе образцов почвы в пределах профиля отмечается существенное увеличение (78.63%) содержания  $\text{SiO}_2$  в элювиальной части профиля с одновременным минимумом здесь оксидов железа и алюминия. Содержание оксидов кальция и магния минимально именно в этой части профиля (табл. 2). В гор. ВТ отмечается иллювиальный максимум содержания оксидов алюминия и железа, сопровождаемый минимальным количеством кремнезема.

В илистой фракции характерно равномерное распределение валового состава всех элементов на фоне существенного снижения содержания кремнезема и значительного возрастания количества всех других (в первую очередь оксидов железа и алюминия). Последнее обусловлено преобладанием алюмосиликатов глинистых минералов.

**Таблица 1.** Гранулометрический состав агродерново-подзолистой почвы (разр. Я-2), анализ выполнен пиррофосфатным методом

Горизонт	Глубина, см	Плотность, $\text{г/см}^3$	$W^*$ , %	Содержание фракций (мм), % от сухой почвы							Накопление ила, %
				1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01	
PY	0-26	1.21	2.0	0.6	15.6	46.7	13.6	16.0	7.5	37.1	-75
AELh	26-32	-	1.8	0	14.1	44.3	15.9	16.8	8.9	41.7	-70
BEL	26-32	1.48	2.8	0	10.4	42.6	9.2	14.2	23.6	47.0	-22
BT1	32-42	1.46	4.0	0	9.0	34.9	9.9	13.5	32.7	56.1	+9
BT1	43-53	1.46	4.8	0	8.7	30.7	9.0	13.9	38.1	61.0	+27
BT2	70-80	-	4.5	0	11.5	34.1	8.1	12.4	33.9	54.4	+13
BC	95-105	-	4.2	0.6	12.1	33.9	8.7	14.6	30.1	53.4	0
BCca	115-125	-	4.0	6.1	22.7	22.9	6.3	16.1	25.9	48.3	-
BCca	140-150	-	3.9	11.5	28.2	15.0	5.3	16.1	23.9	45.3	-

$W^*$  – гигроскопическая влажность.

**Таблица 2.** Валовой химический состав агродерново-подзолистой почвы (разр. Я-2), % от прокаленной массы

Горизонт	Глубина, см	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
Почва в целом												
PY	0-26	78.63	10.10	3.95	0.96	0.91	0.89	0.04	0.19	1.31	2.13	0.06
AELh	26-32	78.50	9.99	3.69	0.88	0.88	0.93	0.05	0.11	1.35	2.09	0.13
BEL	26-32	74.14	12.37	5.15	0.88	1.66	0.99	0.03	0.05	1.24	2.09	0.05
BT1	32-42	72.38	13.85	6.42	0.98	1.97	0.98	0.03	0.06	1.16	2.04	0.08
BT1	43-53	70.19	15.00	7.13	1.14	2.19	0.96	0.04	0.08	1.08	2.14	0.05
BT2	70-80	71.68	13.66	6.42	1.35	2.04	0.89	0.06	0.08	1.25	1.96	0.05
BC	95-105	71.95	13.52	6.50	1.50	1.46	0.91	0.04	0.09	1.29	2.10	0.05
BCca	115-125	72.32	12.50	5.88	2.42	2.22	0.79	0.05	0.09	1.19	1.75	0.06
BCca	140-150	73.90	12.79	5.84	1.35	2.20	0.74	0.05	0.10	1.20	1.71	0.05
Фракция <1 мкм												
PY	0-26	54.90	24.16	10.73	1.59	3.36	1.07	0.11	0.09	0.45	2.39	0.15
AELh	26-32	54.23	23.98	11.58	1.41	3.34	1.11	0.12	0.11	0.41	2.56	0.12
BEL	26-32	54.11	23.67	12.24	1.17	3.44	0.94	0.06	0.09	0.37	2.28	0.07
BT1	32-42	54.84	23.88	12.27	1.36	3.92	0.87	0.08	0.07	0.26	2.22	0.13
BT1	43-53	54.88	23.82	12.18	1.35	3.56	0.79	0.09	0.09	0.33	2.28	0.06
BT2	70-80	55.23	23.53	12.11	1.68	3.79	0.78	0.07	0.12	0.34	2.27	0.08
BC	95-105	54.91	22.57	11.98	2.00	4.01	0.78	0.10	0.12	0.37	2.29	0.11
BCca	115-125	54.27	22.55	11.90	2.51	3.89	0.81	0.07	0.14	0.35	2.20	0.07
BCca	140-150	54.88	22.84	12.04	2.52	4.15	0.78	0.08	0.13	0.37	2.09	0.07

Используя данные по содержанию ила и валового состава почвы в целом и фракции ила, рассчитано содержание оксидов элементов в суммарной фракции пыли и песка (частицы  $>1$  мкм) (табл. 3). Для этого сначала получено содержание оксида элемента в иле в процентах от почвы. Затем содержание оксида элемента в суммарной фракции пыли и песка, выраженное в процентах от почвы, рассчитано по разности его содержания в почве в целом и в иле, выраженном в процентах от почвы.

Результаты расчетов показали, что в суммарной фракции пыли и песка ( $>1$  мкм) отмечается очень небольшое относительное накопление  $\text{SiO}_2$  и уменьшение  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  в элювиальной части профиля до глубины 30–40 см по сравнению с нижележащими горизонтами. Вместе с тем, расчеты содержания оксидов элементов в процентах от почвы демонстрируют отчетливую элювиально-иллювиальную дифференциацию профиля. В поверхностных элювиальных горизонтах характерно существенное относительное накопление кремнезема (73.7–74.5%) в суммарной фракции пыли и песка по сравнению с 49–55% в текстурном горизонте и 58–61% в гор. ВС. Аналогичное, но менее выраженное распределение по профилю содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (7.9–8.3, 5.7–6.0 и 6.7–7.3 соответственно) и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (2.7–3.2, 2.3–2.5 и 2.8–3.0 соответственно) в суммарной фракции пыли и песка. Распределение по профилю  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$  в суммарной фракции пыли и песка имеет чисто элювиальный характер.

Профильное распределение содержания в почве оксидов элементов (% от почвы) во фракции ила полностью повторяет распределение самого ила. Из этого следует, что текстурная дифференциация профиля во многом обусловлена перераспределением содержания илистой фракции.

Рассмотрим теперь результаты определения минералогического состава фракций. Илистая фракция ( $<1$  мкм) покровного суглинка состоит из сложных неупорядоченных смешанослойных минералов с сегрегацией пакетов нескольких типов: смектитовых, слюдистых, хлоритовых, вермикулитовых; а также индивидуального смектита, хлорита, каолинита. Присутствует тонкодисперсный кварц (табл. 4, рис. 1).

Фракция тонкой пыли (1–5 мкм) покровного суглинка отличается от ила резким увеличением количества кварца и полевых

**Таблица 3.** Расчетные значения валового содержания элементов во фракциях агродерново-подзолистой почвы (разр. Я-2)

Горизонт	Глубина, см	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O
Пыль + мелкий песок (>1 мкм), %							
PY	0–26	80.55	8.96	3.41	0.91	0.71	2.11
AELh	26–32	80.87	8.63	2.92	0.82	0.64	2.04
BEL	26–32	80.33	8.87	2.96	0.79	1.11	2.03
BT1	32–42	80.91	8.97	3.58	0.80	1.03	1.95
BT1	43–53	79.61	9.56	4.02	1.02	1.34	2.05
BT2	70–80	80.12	8.59	3.49	1.18	1.15	1.80
BC	95–105	79.28	9.63	4.13	1.29	0.36	2.02
BCca	115–125	78.62	8.99	3.78	2.39	1.63	1.59
BCca	140–150	79.87	9.63	3.89	0.99	1.59	1.59
Пыль + мелкий песок (> 1мкм), % от почвы							
PY	0–26	74.51	8.29	3.15	0.84	0.66	1.95
AELh	26–32	73.67	7.86	2.66	0.75	0.58	1.86
BEL	26–32	61.37	6.78	2.26	0.60	0.85	1.55
BT1	32–42	54.45	6.04	2.41	0.54	0.69	1.31
BT1	43–53	49.28	5.92	2.49	0.63	0.83	1.27
BT2	70–80	52.96	5.68	2.31	0.78	0.76	1.19
BC	95–105	55.42	6.73	2.89	0.90	0.25	1.41
BCca	115–125	58.26	6.66	2.8	1.77	1.21	1.18
BCca	140–150	60.78	7.33	2.96	0.75	1.21	1.21
Ил (<1 мкм), % от почвы							
PY	0–26	4.12	1.81	0.8	0.12	0.25	0.18
AELh	26–32	4.83	2.13	1.03	0.13	0.3	0.23
BEL	26–32	12.77	5.59	2.89	0.28	0.81	0.54
BT1	32–42	17.93	7.81	4.01	0.44	1.28	0.73
BT1	43–53	20.91	9.08	4.64	0.51	1.36	0.87
BT2	70–80	18.72	7.98	4.11	0.57	1.28	0.77
BC	95–105	16.53	6.79	3.61	0.60	1.21	0.69
BCca	115–125	14.06	5.84	3.08	0.65	1.01	0.57
BCca	140–150	13.12	5.46	2.88	0.60	0.99	0.50

шпатов (рис. 2). Слоистые силикаты представлены в основном гидрослюдами диоктаэдрического типа и магнезиально-железистым хлоритом. Присутствуют также хлорит-сметиты с низким содержанием смектитовых пакетов. Средняя пыль (5–10 мкм) состоит в основном из тонкодисперсного кварца и калиевых полевых шпатов (рис. 3).

**Таблица 4.** Содержание основных минеральных фаз во фракции <1 мкм агродерново-подзолистой почвы (разр. Я-2)

Горизонт	Глубина, см	Фракция <1 мкм, %			Почва в целом, %		
		каолинит	гидро-слюды	хлорит + смектит	каолинит	гидро-слюды	хлорит + смектит
PY	0–26	14	28	59*	1.5	3.0	6.4*
AELh	26–32	15	38	47*	2.0	5.4	6.7*
BEI	26–32	14	30	57**	3.8	8.4	16.2**
BT1	43–53	7	21	72	2.5	7.4	25.2
BT2	70–80	7	26	68	2.1	8.2	21.5
BC	95–105	13	17	71	3.6	4.7	20.2
BCca	115–125	12	18	70	2.9	4.5	17.3
BCca	140–150	10	18	71	2.5	4.3	16.7

\* Преобладает хлорит-вермикулит.

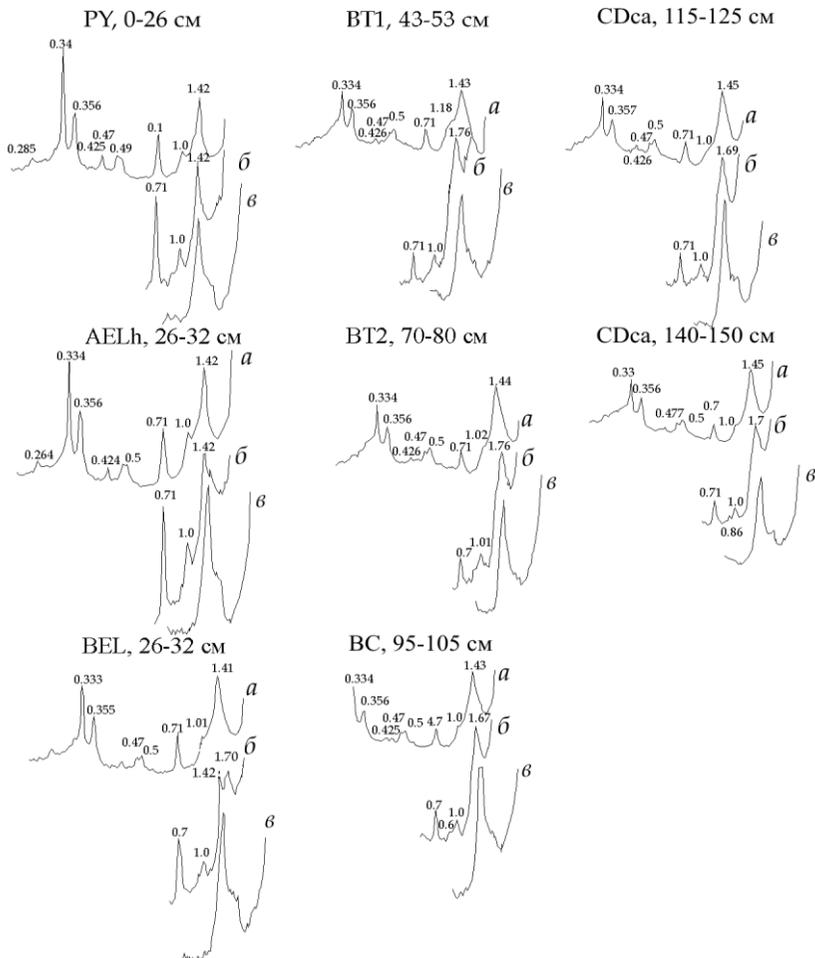
\*\* Присутствуют хлорит-вермикулит и слюда-смектит.

Из слоистых силикатов установлена примесь слюд-гидрослюд диоктаэдрического типа, хлорита и хлорит-смектитовых смешанослойных образований.

Подзолообразование привело к резкой дифференциации содержания фракции <1 мкм, изменило соотношение основных минеральных фаз и тип структуры смешанослойных образований.

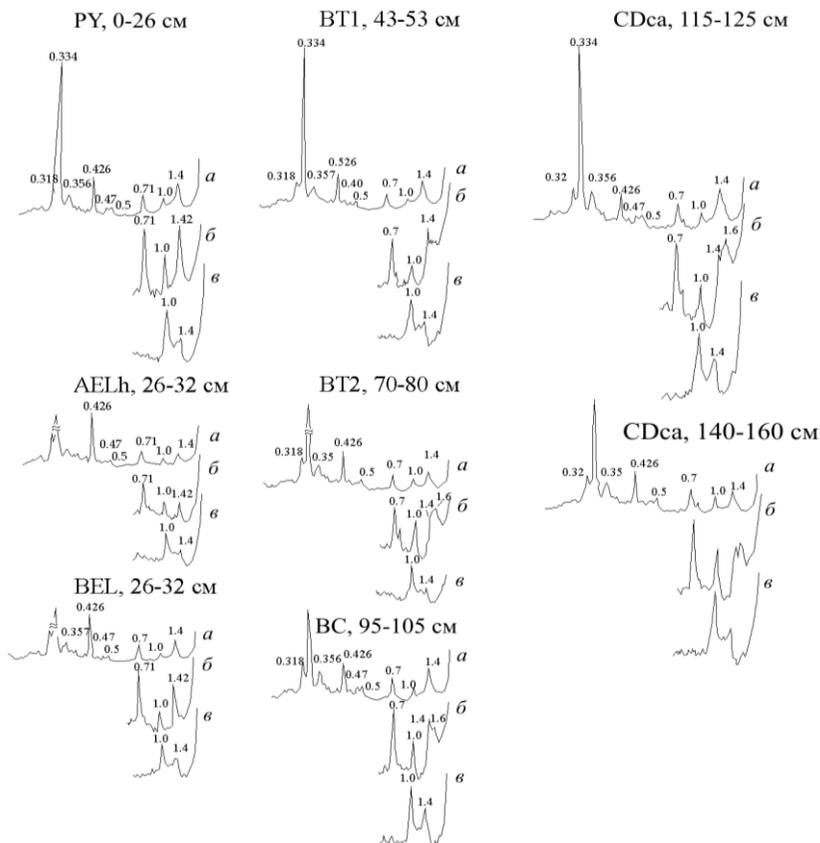
Наблюдается вертикальное перераспределение минералов в пределах толщи, переработанной почвообразованием, хотя по всему профилю доминируют смешанослойные образования, количество которых колеблется от 47 до 71% (табл. 4, рис. 1–3).

Элювиальная часть профиля обеднена смешанослойными структурами. Одновременно здесь меняется и кристаллохимическая их сущность. Компонент, представленный пакетами с набухающей решеткой, в элювиальной толще замещается смешанослойными образованиями хлорит-вермикулитового типа, сохраняющими межплоскостное расстояние в области 1.4 нм при сольватации образцов этиленгликолем. В гор. AELh наблюдается наименьшее количество смешанослойных образований, причем количество их с набухающим пакетом минимально. Аналогичная картина в пахотном гор. P. В нем увеличивается количество гидрослюд, достигая 38%, причем, судя по изменению соотношений интенсивностей рефлексов 001 к 002 и 003, здесь увеличивается доля триоктаэдрических структур.



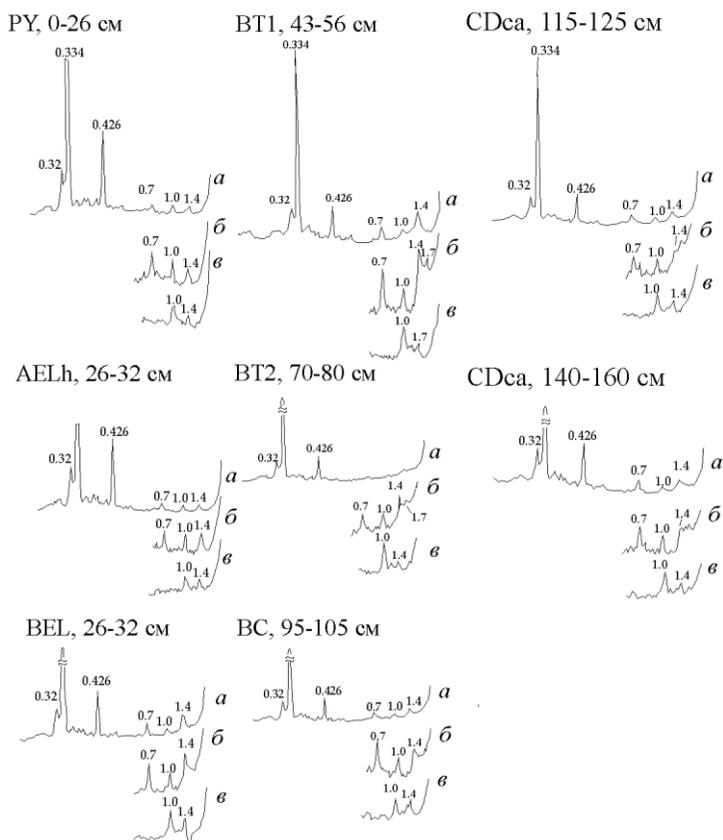
**Рис. 1.** Рентген-дифрактограммы фракции <1 мкм из агродерново-подзолистой почвы со сложным органомпрофилем бассейна нижней Вятки (разр. Я-2): *a* – воздушно-сухое состояние; *б* – после сольватации этиленгликолем; *в* – после прокаливания при 550°C в течение 2 ч.

Одновременно фиксируется некоторое увеличение содержания каолинита. Расчеты интенсивностей рефлексов позволяют отметить более высокое содержание тонкодисперсного кварца (рефлексы 0.426 и 0.334 нм) в верхней части профиля, особенно в гор. AELh (табл. 5).



**Рис. 2.** Рентген-дифрактограммы фракции 1–5 мкм из агродерново-подзолистой почвы со сложным органом профилем бассейна нижней Вятки (разр. Я-2): *a* – воздушно-сухое состояние; *б* – после сольватации этиленгликолем; *в* – после прокалывания при 550°C в течение 2 ч.

Илистый материал, выделенный из элювиально-иллювиального гор. BEL, сочетает признаки верхней и средней частей профиля. Как и для всей элювиальной части профиля здесь отмечается повышенное содержание гидрослюд ди-триоктаэдрического типа (23%). Вместе с тем, помимо неупорядоченных смешанослойных хлорит-вермикулитовых(сметитовых) образований, в этом горизонте присутствуют слюда-сметитовые образования с низким содержанием сметитовых пакетов.



**Рис. 3.** Рентген-дифрактограммы фракции 5–10 мкм из агродерново-подзолистой почвы со сложным органопрофилем бассейна нижней Вятки (разр. Я-2): *a* – воздушно-сухое состояние; *б* – после сольватации этиленгликолем; *в* – после прокаливания при 550°C в течение 2 ч.

Иными словами, в этом горизонте уже имеется набухающая фаза, практически полностью отсутствующая в вышележащих горизонтах. Зарегистрировано более высокое, но типичное для элювиальной части профиля дерново-подзолистых почв, количество каолинита и хлорита. Количество тонкодисперсного кварца в этом горизонте также несколько повышено (табл. 5).

**Таблица 5.** Интенсивности рефлексов (относительные единицы) минералов фракции <1 мкм агродерново-подзолистой почвы (разр. Я-2)

Горизонт	Глубина, см	Рефлекс, нм											Σ	
		2.4	1.4	1.2	1.0	0.7	0.5	0.47	0.44	0.426	0.356	0.334		0.318
PY	0–26	Нет	15.9	4.5	5.6	10.5	4.7	5.6	Нет	5.6	14.0	28.5	5.6	358
AELh	26–32	0.5	18.7	7.5	8.7	11.2	3.7	4.2	Нет	4.2	13.7	23.7	3.7	401
EIB	26–32	Нет	19.4	7.8	7.5	10.0	4.7	4.4	1.0	2.8	12.5	21.0	7.8	319
Bt1	43–53	Нет	19.8	9.0	7.2	5.8	6.5	5.4	1.8	3.6	12.6	18.0	9.0	277
Bt2	70–80	Нет	22.7	7.7	7.7	6.1	6.7	5.5	2.1	3.1	12.3	17.5	8.6	326
BC	95–105	3	21.4	6.9	6.9	6.9	6.7	5.2	2.7	3.4	10.3	17.6	9.6	290
CDca	115–125	2	22.5	6.1	3.7	7.5	7.2	5.6	3.0	4.5	11.6	19.5	8.6	267
CDca	140–150	Нет	25.7	6.7	5.9	6.7	6.7	4.3	Нет	2.8	12.6	17.8	8.7	253

Иллювиальная толща характеризуется резким преобладанием смешанослойных образований с высоким содержанием смектиновых пакетов, как слюда-смектитов, так и хлорит-смектитов. Наибольшее количество этой фазы отмечается в гор. BT1 – 72%, или 25.2% в пересчете на почвенную массу в целом. Количество гидрослюд диоктаэдрического типа составляет всего 20%, а хлорита (с небольшой примесью каолинита) – 7%.

Ниже, в гор. BT2 и BC, также отмечается очень большое количество смешанослойных образований с высоким содержанием смектиновых пакетов (68–71%), представленных в основном слюда-смектитами, в меньшей мере хлорит-смектитами. В пересчете на почву в целом это составляет 21.5 и 20.2%. Гидрослюды диоктаэдрического типа имеют тенденцию уменьшаться вниз по профилю: 26 и 17% в гор. BT2 и BC соответственно.

По распределению илистой фракции и ее компонентов исследуемая почва относится к категории текстурно-дифференцированных по элювиально-иллювиальному типу. Процесс уменьшения содержания ила верхней части профиля привел к максимальной аккумуляции продуктов выноса в гор. BT1. Состав элювиальной части профиля отражает процессы обеднения горизонтов компонентами с набухающей решеткой в виде слюда-смектитов и хлорит-смектитов. Остается материал продуктов трансформации хлоритов – хлорит-вермикулитовые смешанослойные образования и собственно хлорит. В элювиальной толще профиля происходит также относительное накопление тонкодисперсного кварца.

Можно предположить следующие процессы: уменьшение содержания ила верхней части профиля как результат кислотного гидролиза и выноса наиболее дисперсной смектитовой фазы с ее частичной аккумуляцией в гор. BT1; остаточное сохранение хлоритов и хлорит-вермикулитов, а также тонкодисперсного кварца в элювирированных гор. (PY, AELh, BEL).

Распределение фракции тонкой пыли (1–5 мкм) по профилю переработанного почвообразованием покровного суглинка имеет тенденцию к некоторому увеличению в верхних горизонтах. В минералогическом отношении она отличается от фракции ила резким преобладанием кварца и полевых шпатов. Для элювирированной толщи характерно более высокое количество тонкодисперсного кварца и резкое увеличение содержания хлорита. Смешанослойные образования со смектитовым пакетом в этой части профиля фактически отсутствуют. Лишь в пахотном слое (0–26 см) наблюдается увеличение доли хлорит-вермикулитового образования – продукта трансформации хлоритов через вермикулитовую фазу в хлорит-смектит. В иллювиальной части профиля (с 43 до 100 см и более) во фракции тонкой пыли также доминирует кварц. Однако рентгенографически, помимо хлорита, мусковита, каолинита, здесь зафиксировано наличие серии смешанослойных образований хлорит-смектитового (вермикулитового) типа. Последнее может быть объяснено следующим: во-первых, более сильной агрегацией почвенного материала в иллювиальных горизонтах, не полностью пептизированным методом Н.И. Горбунова; во-вторых, активизацией трансформационных процессов в отношении хлоритов, с переходом их в смешанослойные хлорит-смектитовые образования. Вместе с тем, поведение минеральных компонентов в нижележащей толще профиля свидетельствует о литогенном наследовании хлорит-смектитов (вермикулитов) от исходного почвообразующего материала.

Таким образом, характер распределения фракции тонкой пыли и ее минералогический состав в целом свидетельствуют о литологической однородности исходного почвообразующего субстрата в пределах рассматриваемой толщи. Отмеченные выше особенности характера распределения его минеральных компонентов обусловлены подзолообразовательным процессом. Пере-

распределение произошло не только в илистой, но и во фракции тонкой пыли, что подтверждается более высоким содержанием кварца в тонкой пыли и разрушением смешанослойных хлорит-сметитов именно в элювиальной толще профиля.

Характер вертикального распределения фракции средней пыли (5–10 мкм) свидетельствует о литогенной однородности почвообразующего материала рассматриваемого разреза.

Эта фракция состоит из кварца (доминирует) и полевых шпатов. Слоистых силикатов здесь значительно меньше, чем в тонкопылевой фракции, они представлены небольшим количеством слюд, хлоритом с примесью каолинита и смешанослойных хлорит-сметитов. В этой фракции также отмечаются признаки вертикальной дифференциации. В элювиальной толще, особенно в гор. PУ и AELh, повышено количество тонкодисперсного кварца. Наблюдается небольшая примесь слоистых силикатов, представленная слюдами мусковитового типа, каолинитом, хлоритом; смешанослойные образования отсутствуют. В текстурно-иллювиальной части профиля количество кварца снижено: появляются хлорит-сметитовые и слюда-сметитовые образования с низким содержанием смектитовых пакетов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Минералогический состав фракции <1 мкм покровных суглинков внеледниковой зоны Вятско-Камского междуречья имеет большое сходство с таковым покровных суглинков Клиско-Дмитровской гряды. Для тех и других характерен похожий полиминеральный состав, включающий неупорядоченные смешанослойные образования нескольких типов с сегрегацией слюдистых, смектитовых, вермикулитовых и хлоритовых пакетов, гидрослюды, индивидуальный смектит, хлорит, каолинит.

2. Различия связаны с содержанием индивидуального смектита, хлорита и смешанослойных хлорит-вермикулитов. Можно предположить, что относительно более высокое содержание индивидуального смектита в покровных суглинках Вятско-Камского междуречья обусловлено подстиланием или выходом на поверх-

ность отложений пермского возраста, обогащенных этим минералом. Относительно повышенное содержание хлорита в покровных суглинках Вятско-Камского междуречья имеет другое происхождение. Оно может быть связано с широким распространением продуктов зеленокаменной пропилитизации, основным компонентом которой является хлорит, на территориях, прилегающих к Уралу.

3. Профиль глинистого материала агродерново-подзолистой почвы на покровных суглинках отражает резкую дифференциацию содержания ила по элювиально-иллювиальному типу и минералого-кристаллохимическому состоянию компонентов.

4. В поверхностных элювиальных горизонтах осталось наименьшее количество илистой фракции в пределах всего профиля, в составе которой глинистый материал представлен минералами с жесткой решеткой (гидрослюдами, хлоритом, каолинитом и смешанослойными хлорит-вермикулитовыми образованиями) и повышенным содержанием тонкодисперсного кварца и полевых шпатов. Это может быть результатом сочетания нескольких процессов: разрушения лабильных минералов за счет кислотного гидролиза, перемещения вниз этих же структур в ненарушенном состоянии (лессиважа) и трансформационного преобразования хлорита пылеватых фракций в смешанослойные хлорит-вермикулитовые образования с размером частиц  $<1$  мкм.

5. В иллювиальной части профиля аккумулируются продукты выноса из поверхностных горизонтов: индивидуальный смектит и неупорядоченные смешанослойные слюда-смектитовые образования с высоким содержанием смектитовых пакетов.

6. Состав фракций тонкой и средней пыли существенно отличается от такового ила явным преобладанием кварца и полевых шпатов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

2. *Вологжанина Т.В.* Регионально-провинциальные особенности минералогического состава серых лесных почв // Агрометеорологические условия и агротехнические факторы повышения урожайности полевых культур в Предуралье. Сб. науч. тр. Перм. ГСХА, 1996. С. 20–26
3. *Вологжанина Т.В., Чижикова Н.П.* Минералогический состав илистой фракции светло-серых лесных почв Русской равнины // Свойства почв и рациональное использование удобрений. Пермь, 1986. С. 47–53.
4. *Герасимова М.И.* [География почв России](#). М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. 312 с.
5. *Горбунов Н.И.* Методика подготовки почв, грунтов, взвесей рек и осадков морей к минералогическому анализу // Почвоведение. 1960. № 11. С. 79–84.
6. *Караваева Н.А., Черкинский А.Е., Горячкин С.В.* Понятие “второй гумусовый горизонт”: опыт генетико-эволюционной систематизации // Успехи советского почвоведения. М.: Наука, 1986. С. 167–173.
7. *Прокашев А.М.* [Генезис и эволюция почв бассейна Вятки и Камы](#). Киров, 2009. 389 с.
8. *Прокашев А.М.* Голоценовая эволюция и антропогенная трансформация почвенного покрова Вятского Прикамья // [Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв](#). М.: ГЕОС, 2015. С. 401–421.
9. *Прокашев А.М., Пахомов М.М., Путьшева С.А., Парфенов М.И., Чижикова Н.П.* Покровные суглинки Вятского Прикамья // Вестник Вятского ГГУ. 2002. № 7. С. 69–72.
10. *Прокашев А.М., Пахомов М.М., Путьшева С.А., Парфенов М.И., Чижикова Н.П.* Свойства покровных суглинков Вятского Прикамья // Региональные и отраслевые географические исследования. СПб., 2005а. С. 54–57.
11. *Прокашев А.М., Пахомов М.М., Путьшева С.А., Парфенов М.И., Чижикова Н.П.* Субстантивно-генетические свойства покровных суглинков Вятского Прикамья // Мат-лы IV Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. Сыктывкар, 2005б. С. 345–350.
12. *Прокашев А.М., Чижикова Н.П.* Минералогия покровных суглинков Вятского Прикамья // Мат-лы 4-го съезда Докучаевского об-ва почвоведов. Новосибирск, 2004. Кн. 2. С. 599.
13. *Прокашев А.М., Чижикова Н.П., Пахомов М.М., Путьшева С.А.* Предварительные результаты минералогических исследований покровных суглинков Вятского Прикамья // Вестник Вятского ГГУ. 2004. № 9. С. 95–102.
14. *Хантулев А.А., Гагарина Э.И.* Материалы о генезисе и географии почв со сложным гумусовым профилем // Почвоведение. 1972. № 2. С. 3–13.

## **THE MINERAL COMPOSITION OF FINE-DISPERSED FRACTIONS (<1, 1–5, 5–10 $\mu\text{m}$ ) OF AGRO SODDY-PODZOLIC SOILS WITH COMPLICATED ORGANIC PROFILE IN KAMA RIVER AREA WITHIN VYATKA REGION**

**N. P. Chizhikova<sup>1</sup>, A. M. Prokashev<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,  
Russia, 119017 Moscow, Pyzhevskii per., 7, bld. 2*

*<sup>2</sup>Vyatka State Humanities University,  
Russia, 610002, Kirov, st. Krasnoarmejskaja, 2b*

The mineral composition of the fine fractions (<1, 1–5, 5–10  $\mu\text{m}$ ) is investigated. These fractions were separated from agro soddy-podzolic soils (Eutric Retisol Episiltic, Endoclayic, Aric, Cutanic, Greyzemic) with the second humus layer, which were developed on the clay loam mantle of silty large pulverescent clay loams of driftless area of Kama River area within Vyatka region. The soils have texture differentiation according to eluvial and illuvial type due to <1  $\mu\text{m}$  fraction. The mineral composition of a fraction <1  $\mu\text{m}$  of clay loam mantle is presented by complex interstratifications with mixed layers. They are characterized by segregation of the following packs: smectitic, micaceous, chloritic, and vermiculitic. Hydromicas, smectite, kaolinite, and chlorite are present among the individual minerals. Podzol formation led to the changes of correlations of the major mineral phases and the type of structure of formations with mixed layers. The increasing of hydromicas and chlorites occurred within the eluvial part of the profile. Individual smectite and mica-smectites disappeared. The type of alternation of packs of 1.4 nm phase of the fraction also changed: this phase is presented by chlorite- vermiculite instead of mica-smectites. mica-smectite neof ormations along with chlorite- vermiculite are presented within the transitional horizon BEL. Their number is increased downwards the profile, and reaches its maximum within the BT1 horizon and parent material. The higher content of individual smectite and chlorite is marked within the deposits of Kama River area within Vyatka region in comparison to clay loam mantle of Klin-Dmitrov Ridge. The distribution of fine silt fraction (1–5  $\mu\text{m}$ ) has a very complicated character: equal content within the parent material and the upper layers, and the minimal content at the BT horizon in the middle part of the profile. It is a result of the particulate outflow of the fine silt fraction from the eluvial part of the profile. The outflow of fine silt fraction is lower than the outflow of clay. The total relative decrease of 1–5  $\mu\text{m}$  fraction is due to eluvial-illuvial distribution of the clay fraction. The mineral composition of fine silt fraction sharply differs from that

of  $<1 \mu\text{m}$  fraction by the significant quartz content and potassic feldspars. The highest amount of potassic feldspars is observed within AELhh horizon. The following fact may be specified in distribution of layered silicates: the eluvial part of the profile includes hydromicas, kaolinite, chlorite, and chlorite-vermiculite interstratifications. Downwards the profile there are observed chlorite-smectite interstratifications. Their maximal amounts were detected within the carbonatic part of the profile BCca,nc,dc from the depth of 115–125 cm.

*Keywords:* Kama River area within Vyatka region, non-ordered formations with mixed layers, mica-smectite, chlorite-vermiculite, individual smectite, kaolinite, chlorite.