

МИНЕРАЛОГИЯ И МИКРОМОРФОЛОГИЯ ПОЧВ

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ ПРОФИЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И КРИСТАЛЛОХИМИИ СЛОИСТЫХ СИЛИКАТОВ В ПОЧВАХ ЛЕСОСТЕПИ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

© 2018 г. **Н.П. Чижикова**¹, **Г.П. Гамзиков**^{2,*}, **Е.С. Чечетко**¹

¹Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Россия, 109017, Москва, Пыжевский пер., 7

²Новосибирский государственный аграрный университет, Россия, 633039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160
*e-mail: gamolgen@mail.cis.ru

Поступила в редакцию 07.05.2015 г.

Исследован минералогический состав агросерых, темно-серых, агротемно-серых (Luvic Greyzemic Retic Phaeozems), агротемногумусовых остаточно-карбонатных почв (Calcaric Cambic Phaeozems), агрочерноземов глинисто-иллювиальных (Luvic Chernic Phaeozems) и агрочерноземов миграционно-мицелярных (Haplic Chernozems), распространенных на восточном островном участке лесостепи Средней Сибири, расположенном в Иркутской впадине на юго-западной окраине Средне-Сибирского плоскогорья. Фракция менее 1 мкм, выделенная из почв, состоит из сложных смешанослойных образований, представляющих собой чередование пакетов следующих типов – гидрослюдистых, смектитовых, вермикулитовых, хлоритовых, изменяющихся в пределах профилей. Присутствуют гидрослюды, каолинит, хлорит, примесь тонкодисперсного кварца. Для каждого типа почв характерен свой профиль глинистого материала, в котором отражены особенности перераспределения минералов и чередования пакетов в смешанослойных образованиях. В верхних горизонтах текстурно-дифференцированных почв преобладают смешанослойные минералы хлорит-вермикулитового типа, вниз по профилю постепенно увеличивается содержание смешанослойных слюда-смектитовых образований. В илистой фракции агротемногумусовых остаточно-карбонатных почв наблюдается равномерное распределение илистой фракции и минеральных фаз, среди которых повышено содержание хорошо окристаллизованных форм каолинита. В агрочерноземах отмечена слоистость почвообразующего материала, которая проявляется в облегчении верхней части профиля и высоком содержании каолинита в горизонтах его средней и нижней частей. По ряду минералогических показателей (соотношению основных минеральных фаз, биотитовых и мусковитовых компонентов, а также по содержанию, степени совершенства и поведению каолинита и хлорита) илистый материал почв Тулуно-Иркутской лесостепи существенно отличается от аналогов на лёссовидных и покровных суглинках европейской территории России.

Ключевые слова: Тулуно-Иркутская лесостепь, агросерые, темно-серые, агротемно-серые, агрочерноземы, минералогия, смешанослойные образования, гидрослюды, каолинит, хлорит.

DOI: 10.7868/S0032180X18010100

ВВЕДЕНИЕ

Почвенный покров южного Предбайкалья изучен с позиций природно-ресурсного потенциала, установлены особенности генетической самобытности почв, проведено картографирование территорий, разработаны подходы рационального использования почв в сельскохозяйственном производстве [1, 5, 7, 23, 24, 26, 28].

На территории Иркутской обл. отмечают широкое распространение палеогеновых и более древних (мезозойских и палеозойских) каолиновых кор выветривания, продукты которых были вовлечены в формирование современных почвообразующих

пород [3, 16]. Среди них встречаются остаточные и переотложенные образования.

Особенности минералогического состава тонкодисперсных фракций почв Предбайкалья были отмечены еще в 60 и 70-х годах прошлого столетия [12–15, 21]. В работе Градусова и Таргульяна [15] представлены материалы по физико-химическим свойствам, химическому составу почв и выделенных из них илистых фракций, по минералогии этих фракций почв, развитых на разнообразных (элювии биотит-мусковитового гнейса, граносинитах, гранитогнейсах, траппах) почвообразующих породах северного склона Восточного Саяна и его предгорий. Подчеркивалось большое

разнообразии глинистых минералов в сформированных почвах в зависимости от состава минералов почвообразующих пород. Продукты выветривания мусковит-биотитовых гнейсов имеют гидрослюдистый состав, продукты выветривания траппов – монтмориллонитовый состав илистых фракций. Особое внимание было обращено на упорядоченное смешанослойное образование из триоктаэдрических биотитовых и вермикулитовых пакетов, обнаруженных в горно-тундровой гумусовой подзолистой почве, развитой на биотит-мусковитовом гнейсе [11].

Особенностью профильного распределения илистых фракций является его аккумулятивный характер. В илистой фракции, выделенной из дерново-карбонатных разной степени оподзоленности почв, развитых на элювиально-делювиальных продуктах выветривания верхнекембрийских карбонатных песчаников, зафиксирован довольно редко встречающийся по тем временам тосудит – упорядоченное смешанослойное образование с чередованием пакетов хлоритового и смектитового (монтмориллонитового) типов [4, 6, 11–15]. При почвообразовании существенно уменьшается степень совершенства структуры этого образования, и оно переходит в категорию неупорядоченных смешанослойных хлорит-смектитовых образований. Основную массу крупных фракций составляют угловатокатанные минералы группы кварца – кварцин (скрытокристаллическая разновидность кварца волонистого строения) и халцедон [4].

Минералогический состав илистых фракций степных почв Средней Сибири был исследован Карнауховым и Пьявчуком [17]. Авторы подчеркивают, что основными минералами исследованных почв являются смешанослойные образования, гидрослюдистые и монтмориллонитовые. При сравнении почв Хакасии и Приангарья установлено, что в хакасских почвах происходит накопление в поверхностных горизонтах слюд с преобладанием триоктаэдрических форм, меньшее содержание хлорита и вермикулита и более равномерное распределение этих минералов по генетическим горизонтам. Подчеркнуто небольшое количество гипса по всему профилю названных почв.

Минералогический состав почв межгорных участков лесостепи Средней Сибири ранее не исследовали.

Цель работы – анализ минералогического состава илистой фракции трех типов почв (черноземов, серых лесных и дерново-карбонатных почв) Тулуно-Иркутской лесостепи, используемых в сельском хозяйстве.

Объектами исследования явились почвы самого восточного островного участка лесостепи Средней Сибири, расположенного в Иркутской впадине на

юго-западной окраине Средне-Сибирского плоскогорья [30]. Горшенин [10] называет этот участок Тулуно-Иркутской лесостепью. В некоторых источниках [22] данная территория называется Иркутско-Черемховской равниной (котловиной). По природному районированию – это Иркутско-Черемховская лесостепная котловина [25].

Котловина вытянута с юго-востока на северо-запад. С севера и востока она обрамлена хребтами Среднесибирского плоскогорья, с юго-востока – приморским хребтом, отделяющим ее от оз. Байкал, и на западе – Верхнесаянским хребтом. Котловина рассечена верховьями рек Ангара и долинами ее левых притоков.

Котловина выполнена мощной толщей юрских отложений (песчаниками, конгломератами, алевролитами), в которых имеются месторождения каменных и бурых углей, гипса, поваренной соли. Рельеф котловины представлен равниной с плоскими малорасчлененными междуречьями с высотами 550–650 м и глубиной вреза долин 120–150 м. Климат в котловине является наиболее теплым и сухим для Предбайкалья, годовая сумма осадков 300–400 мм, безморозный период длится 80–90 дней [25].

Естественная растительность представлена сосновыми, лиственнично-сосновыми и мелколиственными травяными лесами. Значительные территории распаханы. В почвенном покрове на равнинных участках распространены серые лесные почвы, а на террасах и пологих южных склонах коренных берегов – черноземы выщелоченные и обыкновенные. Местами встречаются дерново-карбонатные глинистые и суглинистые почвы [20].

Для исследования были проанализированы 8 разрезов, характеризующих серые лесные (4 разреза), дерново-карбонатные почвы (2 разреза) и черноземы (2 разреза), распространенные в Тулуно-Иркутской лесостепи. Использованы классификации почв СССР [19], России [18] и WRB-2015 [32].

Разр. 1, представляющий темно-серую лесную слабооподзоленную среднесуглинистую пахотную почву (агротемно-серую типичную или Luvisc Greyzemic Retic Phaeozem (Loamic, Aric)), заложен на опытном поле Иркутского научно-исследовательского института сельского хозяйства близ пос. Пивовариха; координаты: 52°16' с. ш., 104°30' в. д.

Целинный аналог (разр. 1-а) был взят там же под лесом. Почва – темно-серая лесная слабооподзоленная среднесуглинистая (темно-серая типичная или Luvisc Greyzemic Retic Phaeozem (Loamic)).

Разр. 2 приурочен к плакорным позициям на пашне возле пос. Хомутово приблизительно в 18 км севернее Иркутска. Почва – светло-серая

слабоподзоленная тяжелосуглинистая пахотная (агросерая типичная или Luvic Greyzem Retic Phaeozem (Loamic)); координаты: 52°26' с. ш., 104°24' в. д. Все три разреза расположены в юго-восточной части котловины.

Разр. 4 заложен на пашне в центральной части котловины возле пос. Бельск в 29 км южнее Черемхово. Почва — серая лесная неоподзоленная тяжелосуглинистая (агросерая типичная или Luvic Phaeozem (Loamic, Aric)); координаты: 52°53' с. ш., 103°03' в. д.

Разрезы дерново-карбонатных почв были приурочены к центральной и северо-западной частям котловины.

Разр. 5 заложен на пашне возле пос. Поздеево в 15 км северо-восточнее Черемхово, координаты: 53°12' с. ш., 103°18' в. д., а разр. 8 — также на пашне возле пос. Бажир в 62 км северо-западнее Черемхово, приблизительные координаты: 53°36' с. ш., 102°34' в. д. Почвы — дерново-карбонатные типичные среднесуглинистые пахотные (агрогумусовые остаточно-карбонатные или Calcaric Cambic Phaeozem (Loamic, Aric)).

Разрезы черноземов на пашне были приурочены к центральной части котловины в 23 и 31 км к северо-западу от Черемхово. Разр. 6 возле пос. Кутулик представлен черноземом выщелоченным среднемогущим пониженной мощности легкосуглинистым (агрочерноземом глинисто-иллювиальным типичным или Luvic Chernic Phaeozem (Loamic, Aric)); координаты: 53°21' с. ш., 102°48' в. д. Разр. 7 заложен возле пос. Забитуй. Почва: чернозем типичный среднемогущий пониженной мощности среднесуглинистый (агрочернозем миграционно-мицелярный или Haplic Chernozem (Loamic, Aric)), координаты: 53°17' с. ш., 102°52' в. д.

Методы. Выделение илистых фракций (<0.001 мм) проведено по методике Горбунова [9].

Исследование минералогического состава илистых фракций выполнено рентгендифрактометрическим методом. Ориентированные препараты, полученные методом седиментации, рентгенографированы на аппаратуре ДРОН-2. Режим работы прибора: напряжение на трубке 30кВ, анодный ток 30 мА, скорость вращения гониометра 2 град/мин., излучение медное, фильтрованное никелем. Рентгендифрактограммы получены для: а — воздушно-сухих образцов в Mg-форме, б — насыщенных этиленгликолем, в — прокаленных при температуре 550 °С в течение 2 ч. Диагностика минералов проведена по общепринятым руководствам [8, 11, 27, 29].

Полуколичественное содержание основных минеральных фаз во фракции менее 1 мкм определено по методике Biscaye [31]. Измеряли относительные площади дифракционных максимумов в области

0,7, 1,0, 1,7–1,8 нм на рентгенограммах насыщенных этиленгликолем препаратов, что соответствует интенсивностям базальных рефлексов соответственно суммы каолинита и хлорита, гидрослюды и смешанослойных образований. Затем были рассчитаны величины площадей дифракционных пиков к их сумме с поправкой на структурные факторы. Для гидрослюды (рефлекс 1,0 нм) использовали поправочный коэффициент 4, для 0,7 нм рефлекса (каолинит и хлорит в сумме) — 2, для смешанослойных образований (рефлекс 1,7 нм) — 1.

Физико-химические свойства почв определяли общепринятыми методами [2]. Содержание гумуса в почвах определяли по Тюрину в модификации Пономаревой и Плотниковой, сумму обменных оснований — по Каппену—Гильковицу, рН — потенциометрически при соотношении почва : вода или почва : раствор 1 : 2,5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Светло-серая лесная слабоподзоленная (агросерая типичная, Luvic Greyzem Retic Phaeozem (Loamic)) почва (разр. 2) имеет слабокислую реакцию среды в пределах верхних 45 см, которая сменяется нейтральной в нижней части профиля (табл. 1). Содержание гумуса колеблется от 2,9% в пахотном горизонте до 2,6% в нижележащем с резким уменьшением этого показателя вниз по профилю. Сумма обменных оснований имеет наибольшую величину в пределах верхних 30 см и равномерно распределена в нижележащей части профиля. В валовом химическом составе по более высокому содержанию оксидов кремния и наименьшим показателям содержания оксидов алюминия и магния выделяется пахотный горизонт (табл. 2). Эта почва содержит от 17 до 24% фракции менее 1 мкм. Основными компонентами фракции являются гидрослюды, составляющие 30–56% от компонентов фракции, или 6–13% от почвы в целом (рис. 1, табл. 3). Смешанослойные образования, состоящие из пакетов нескольких типов — смектитовых, вермикулитовых, гидрослюдистых, хлоритовых, составляют 23–42%. Количество каолинита в сумме с хлоритом колеблется от 20 до 36%.

В процессе почвообразования произошло формирование профиля глинистого материала почвы, для каждого генетического горизонта которой характерно свое сочетание минеральных фаз. Распределение гидрослюд по профилю имеет аккумулятивный характер: наибольшее их содержание отмечается в пахотном горизонте. Меняется соотношение между ди- и триоктаэдрическими гидрослюдами в сторону возрастания триоктаэдрических компонентов в верхней части профиля. В пределах профиля меняется тип чередования

Таблица 1. Некоторые физико-химические свойства почв Тулуно-Иркутской лесостепи

Горизонт	Глубина, см	рН		Содержание гумуса, %	Сумма обменных оснований, смоль(экв)/кг
		H ₂ O	KCl		
Светло-серая слабоподзоленная тяжелосуглинистая пахотная почва (разр. 2)					
A пах{P}	0–23	6.25	5.04	2.9	40.6
A1 {AYel}	23–30	6.57	5.69	2.6	40.4
B1{BEL}	35–45	6.77	5.04	0.3	31.9
B2 {BT}	60–70	6.88	5.14	0.1	31.4
C	120–130	6.83	5.17	0.05	30.6
Серая лесная неоподзоленная тяжелосуглинистая почва (разр. 4)					
A пах {P}	0–16	7.07	5.86	4.7	45.9
A1{AY}	16–24	7.12	5.91	2.0	48.1
B {BT}	50–60	7.60	5.91	0.1	39.8
C	110–120	7.44	5.64	0.1	34.6
Темно-серая лесная слабоподзоленная среднесуглинистая почва (разр. 1-а)					
A1 {AU}	5–35	5.82	4.67	7.4	39.8
B{BT}	50–60	6.04	4.19	0.2	25.9
C	115–125	6.31	4.28	0.1	28.9
Темно-серая лесная слабоподзоленная среднесуглинистая пахотная почва (разр. 1)					
A пах {PU}	0–24	6.03	4.8	6.5	42.1
A1 {AUel}	24–32	6.01	4.68	4.2	31.8
AB {BEL}	32–37	6.24	4.53	0.9	24.6
B {BT}	50–60	6.46	4.39	0.1	24.6
C	130–140	6.53	4.65	0.1	27.1
Дерново-карбонатная типичная среднесуглинистая пахотная почва (разр. 5)					
A пах {PU}	0–20	7.92	7.06	5.9	Не опр.
A1 {AU}	22–32	7.93	7.09	3.0	”
Вк {BCca}	50–60	8.39	7.43	0.4	”
Ск {Cca}	120–130	8.74	7.54	0.1	”
Дерново-карбонатная типичная среднесуглинистая пахотная почва (разр. 8)					
A пах {PU}	0–22	7.77	7.00	6.3	58.9
Чернозем выщелоченный среднемощный пониженной мощности легкосуглинистый пахотный (разр. 6)					
A пах {PU}	0–20	7.08	6.26	5.5	41.9
A1 {AU}	22–34	6.93	6.15	4.2	42.9
AB{AB}	35–45	5.77	4.86	0.8	27.3
B1 {BI}	65–75	6.21	5.12	0.1	29.2
Cca	120–130	8.84	7.85	0.1	Не опр.
Чернозем типичный среднемощный пониженной мощности среднесуглинистый (разр. 7)					
A пах{PU}	0–22	6.17	5.2	7.4	55.5
A1{AU}	22–32	6.17	5.37	5.2	51.8
ABк {AUb,ca}	40–50	7.93	7.47	2.0	Не опр.
Вк {BCA}	70–80	8.76	8.09	0.1	”
Ск{Cca}	125–135	8.81	7.93	0.2	”

Примечание. Здесь и далее в фигурных скобках указаны индексы горизонтов по классификации почв России [18], без скобок указаны индексы по классификации почв СССР [19].

Таблица 2. Валовой химический состав почв и выделенных из них фракций менее 1 мкм Тулуно-Иркутской лесостепи.

Горизонт (глубина, см)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃	Cl	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / P ₂ O ₅
Светло-серая слабоподзоленная тяжелосуглинистая пахотная почва (разр. 2)														
A пах {P}(0–23)	75.39	10.19	6.11	1.97	1.33	2.21	1.33	0.95	0.24	0.13	0.08	0.09	7.40	4.63
A1 {AYel} (23–30)	71.24	12.81	6.24	2.06	2.06	2.29	1.74	0.97	0.25	0.14	0.10	0.09	5.56	3.74
B1 {BEL} (35–45)	70.32	14.44	6.56	1.65	2.32	2.05	1.23	1.01	0.14	0.13	0.06	0.08	4.87	3.35
B2 {BT} (60–70)	71.51	13.79	6.27	1.55	1.95	2.23	1.51	0.93	0.07	0.12	0.01	0.05	5.19	3.56
C (120–130)	71.76	14.95	5.72	1.54	1.35	2.40	1.16	0.91	0.04	0.10	0.02	0.05	4.80	3.47
Фракция <1 мкм (разр. 2)														
A пах {P} (0–23)	52.52	20.84	15.41	0.37	4.24	2.82	1.65	1.60	0.19	0.18	0.16	0.01	2.52	1.45
A1 {AYel} (23–30)	50.96	21.92	15.24	0.35	4.48	2.75	2.31	1.47	0.22	0.17	0.13	0.00	2.32	1.37
B1 {BEL} (35–45)	55.14	23.32	13.29	0.24	2.44	2.52	1.54	1.21	0.17	0.07	0.06	0.00	2.36	1.51
B2 {BT} (60–70)	55.05	22.66	12.53	0.27	2.94	2.57	2.32	1.19	0.26	0.07	0.12	0.01	2.43	1.56
C (120–130)	54.74	23.88	12.45	0.27	2.70	2.41	2.16	1.17	0.12	0.06	0.05	0.00	2.29	1.51
Серая лесная неоподзоленная тяжелосуглинистая почва (разр. 4)														
A пах {P} (0–16)	69.90	13.87	7.04	2.24	1.96	2.08	1.38	1.01	0.25	0.15	0.08	0.05	5.04	3.34
A1 {AY} (16–24)	69.59	14.08	6.96	2.27	1.94	2.06	1.55	0.99	0.26	0.14	0.11	0.05	4.94	3.31
B {BT} (50–60)	4.68	94.29	0.48	0.12	0.14	0.12	0.08	0.07	0.01	0.01	0.00	0.00	0.05	0.05
C (110–120)	70.21	14.33	7.01	1.85	2.08	1.95	1.27	1.01	0.08	0.13	0.03	0.05	4.90	3.29
Фракция <1 мкм (разр. 4)														
A пах {P} (0–16)	54.08	22.41	14.02	0.30	2.27	2.88	2.13	1.28	0.44	0.06	0.13	0.00	2.41	1.48
A1 {AY} (16–24)	53.87	27.23	13.14	0.21	1.25	2.63	0.00	1.13	0.34	0.06	0.13	0.00	1.98	1.33
B {BT} (50–60)	54.53	27.27	11.44	0.21	2.31	2.27	0.37	1.28	0.13	0.05	0.13	0.00	2.00	1.41
C (110–120)	55.45	27.55	11.74	0.19	1.30	2.34	0.04	1.12	0.17	0.05	0.04	0.00	2.01	1.41
Темно-серая лесная слабоподзоленная среднесуглинистая пахотная почва (разр. 1)														
A пах {PU} (0–24)	69.56	13.48	7.06	2.60	2.24	1.97	1.49	1.01	0.28	0.14	0.12	0.05	5.16	3.39
A1 {AUel} (24–32)	69.97	14.07	6.64	2.25	2.07	1.96	1.64	1.00	0.17	0.12	0.04	0.04	4.97	3.38
AB {BEL} (32–37)	71.56	13.43	6.51	2.04	1.91	1.91	1.40	0.97	0.11	0.13	0.00	0.03	5.33	3.59

Таблица 2. (продолжение)

Горизонт (глубина, см)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃	Cl	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / P ₂ O ₅
В {ВТ} (50–60)	71.07	13.30	6.67	1.97	2.07	1.97	1.64	0.99	0.11	0.14	0.02	0.05	5.34	3.56
С (130–140)	67.65	13.89	6.17	2.21	3.76	2.14	2.57	1.21	0.13	0.16	0.07	0.04	4.87	3.37
Фракция < 1 мкм (разр. 1)														
А пах {PU} (0–24)	51.15	25.96	15.47	0.24	1.52	2.40	0.60	1.45	0.74	0.10	0.36	0.00	1.97	1.23
АВ {ВЕЛ} (32–37)	51.87	21.98	16.02	0.32	3.55	2.57	1.77	1.61	0.10	0.15	0.07	0.00	2.36	1.37
В {ВТ} (50–60)	51.32	22.63	15.26	0.33	4.10	2.67	2.01	1.49	0.02	0.14	0.04	0.00	2.27	1.35
С (130–140)	51.95	21.58	16.18	0.27	4.00	2.27	1.92	1.52	0.10	0.14	0.07	0.00	2.41	1.38
Дерново-карбонатная типичная среднесуглинистая пахотная почва (разр. 5)														
А пах {PU} (0–20)	68.27	14.35	7.00	3.12	1.97	2.33	1.41	1.02	0.25	0.13	0.13	0.04	4.76	3.20
А1 {АУ} (22–32)	67.86	14.78	6.96	3.20	2.03	2.29	1.35	1.04	0.24	0.13	0.09	0.02	4.59	3.12
Вк {ВСа} (50–60)	65.38	14.68	5.80	7.24	2.12	2.12	1.34	0.85	0.28	0.11	0.06	0.01	4.46	3.19
Ск {Са} (120–130)	67.86	14.86	6.37	3.88	2.30	2.20	1.19	0.94	0.24	0.11	0.03	0.02	4.57	3.20
Фракция < 1 мкм (разр. 5)														
А пах {PU} (0–20)	55.84	21.85	11.44	0.27	3.16	3.00	2.59	1.19	0.45	0.05	0.15	0.00	2.56	1.68
А1 {АУ} (22–32)	54.44	27.37	11.47	0.24	2.41	2.34	0.04	1.10	0.31	0.06	0.23	0.00	1.99	1.40
Вк {ВСа} (50–60)	55.83	27.37	10.46	0.21	2.34	2.25	0.22	1.00	0.19	0.05	0.07	0.00	2.04	1.48
Ск {Са} (120–130)	55.95	23.41	11.33	0.24	3.04	2.75	1.87	1.05	0.22	0.05	0.08	0.00	2.39	1.61
Дерново-карбонатная типичная среднесуглинистая пахотная почва (разр. 8)														
А пах {PU} (0–20)	70.60	14.41	5.67	2.60	1.59	2.36	1.22	0.96	0.16	0.10	0.28	0.05	4.90	3.52
А1 {АУ} (20–27)	71.90	13.87	5.46	2.64	1.38	2.37	0.92	0.89	0.18	0.09	0.25	0.03	5.18	3.72
Вк {ВСа} (45–55)	68.80	14.03	5.42	5.08	2.03	2.12	1.04	0.89	0.24	0.09	0.22	0.04	4.90	3.54
Фракция < 1 мкм (разр. 8)														
А пах {PU} (0–20)	56.56	25.65	11.99	0.27	1.26	1.90	0.14	1.17	0.66	0.05	0.33	0.01	2.21	1.50
Чернозем выщелоченный среднемощный пониженной мощности легкосуглинистый пахотный (разр. 6)														
А пах {PU} (0–20)	77.96	10.73	4.04	1.74	1.12	2.33	1.02	0.64	0.15	0.10	0.10	0.07	7.27	5.28

Таблица 2. (окончание)

Горизонт (глубина, см)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	SO ₃	Cl	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / P ₂ O ₅
A1 {AU} (22–34)	76.42	11.20	4.14	1.94	1.45	2.42	1.20	0.67	0.24	0.09	0.16	0.08	6.82	4.98
AB {AU} (35–45)	77.52	11.26	4.64	1.23	1.14	2.27	1.02	0.72	0.05	0.09	0.04	0.03	6.89	4.88
B1 (65–75)	75.68	12.77	4.66	1.19	1.22	2.29	0.98	0.78	0.13	0.09	0.14	0.09	5.93	4.34
Cca (120–130)	77.35	10.39	3.91	2.95	1.27	2.08	0.93	0.64	0.15	0.08	0.16	0.08	7.44	5.41
Фракция <1 мкм (разр. 6)														
A пах {PU} (0–20)	52.71	28.08	12.81	0.23	1.16	2.85	0.00	1.17	0.47	0.09	0.43	0.00	1.88	1.29
A1 {AU} (22–34)	52.90	27.72	12.85	0.26	1.09	2.54	0.49	1.20	0.45	0.07	0.42	0.00	1.91	1.30
AB {AB} (35–45)	53.09	28.27	12.54	0.21	1.46	2.42	0.29	1.22	0.25	0.06	0.19	0.00	1.88	1.30
B1 {B1} (65–75)	53.59	27.49	11.24	0.14	2.11	2.30	1.61	1.16	0.20	0.05	0.09	0.00	1.95	1.38
Cca (120–130)	54.03	27.68	11.41	0.17	2.23	2.55	0.35	1.21	0.18	0.05	0.12	0.00	1.95	1.38
Чернозем типичный среднемощный пониженной мощности среднесуглинистый (разр. 7)														
A пах {PU} (0–22)	68.86	13.17	7.14	2.71	2.17	2.36	1.68	1.13	0.32	0.15	0.24	0.06	5.23	3.39
A1 {AU} (22–32)	68.93	13.51	7.06	2.36	2.32	2.27	1.73	1.13	0.28	0.15	0.20	0.05	5.10	3.35
ABк {AU} (40–50)	68.33	13.72	6.94	2.56	2.36	2.10	1.68	0.99	0.22	0.13	0.90	0.08	4.98	3.31
Bк {B1} (70–80)	63.96	15.59	6.95	3.00	4.40	2.16	2.28	0.90	0.24	0.15	0.35	0.03	4.10	2.84
Cк {Cca} (125–135)	69.64	12.81	5.94	4.15	2.25	2.07	1.66	0.89	0.20	0.11	0.20	0.08	5.44	3.71
Фракция <1 мкм (разр. 7)														
A пах {PU} (0–22)	51.82	20.96	15.11	0.44	4.52	2.76	2.21	1.53	0.20	0.18	0.27	0.00	2.47	1.44
A1 {AU} (22–32)	52.81	26.42	13.78	0.29	1.32	2.88	0.05	1.39	0.57	0.11	0.38	0.00	2.00	1.31
ABк {AU} (40–50)	52.32	27.13	13.12	0.24	2.42	2.54	0.48	1.16	0.27	0.08	0.23	0.00	1.93	1.30
Bк {B1} (70–80)	54.93	26.57	12.08	0.19	2.48	2.24	0.01	1.16	0.26	0.06	0.03	0.00	2.07	1.42
Cк {Cca} (125–135)	55.68	27.37	11.75	0.16	1.40	2.19	0.07	1.04	0.12	0.05	0.16	0.00	2.03	1.42

Таблица 3. Соотношение основных минеральных фаз фракции <1 мкм в почвах Тулуно- Иркутской лесостепи

Горизонт (глубина, см)	Содержание фракции <1 мкм	Минеральные фазы, %						Отношения	
		в илистой фракции			в почве			$\frac{I_{1.0 \text{ нм}}}{I_{0.5 \text{ нм}}}$	$\frac{I_{1.0 \text{ нм}}}{I_{0.42 \text{ нм}}}$
		каолинит + хлорит	гидро- слюда	смешанос- лойные образования	каолинит + хлорит	гидро- слюда	смеша- нос- лойные образо- вания		
Светло-серая слабоподзоленная тяжелосуглинистая пахотная почва (разр. 2)									
А пах {P} (0–23)	23.4	20	56	23***	4.8	13	5.5	1.4	4.3
А1 {AYel} (23–30)	22.6	24	43	33**	5.3	9.4	7.2	1.2	4
В1 {BEL} (35–45)	17.4	24	35	42**	4.0	5.9	7.1	1.1	5.5
В2 {BT} (60–70)	21.6	30	30	40	6.3	6.3	8.4	1.3	5
С (120–130)	24.6	36	36	28	8.6	8.6	6.7	1.0	3.6
Серая лесная неоподзоленная тяжелосуглинистая почва (разр. 4)									
А пах {P} (0–16)	20.6	25	38	37**	5.0	7,8	7.6	1.5	8.3
А1 {AY} (16–24)	24.0	29	41	29**	7.0	9.8	6.9	1.7	13
В {BT} (50–60)	28.6	28	26	46	8.0	7.4	13.2	1.1	6.3
С (110–120)	18.0	23	23	64	4.1	4.1	11.5	1.6	8.7
Темно-серая лесная слабоподзоленная среднесуглинистая почва (разр. 1-а)									
А1 {AU} (5–35)	18	18*	64	17***	3.2	11.5	3.1	1.7	8.3
В {BT} (50–60)	20	16*	57	27***	3.2	11.4	5.4	1.3	8.6
С (115–125)	20.4	27	43	30	5.5	8.8	6.1	1.6	10.7
Темно-серая лесная слабоподзоленная среднесуглинистая пахотная почва (разр. 1)									
А пах {PU} (0–24)	12.6	31*	42	27	3.7	5.3	3.4	1.4	3.3
А1 {AUel} (24–32)	12.8	30*	44	26***	3.8	5.6	3.3	1.5	4.5
АВ {BEL} (32–37)	18.0	27*	37	36***	4.8	6.6	6.5	1.3	4.7
В {BT} (50–60)	19.2	27*	37	35	5.2	9.0	4.8	1.3	6.6
С (130–140)	22.8	18	44	37	4.1	10.0	8.4	1.3	6.3

Таблица 3. (окончание)

Горизонт (глубина, см)	Содержание фракции <1 мкм	Минеральные фазы, %						Отношения	
		в илистой фракции			в почве			$\frac{I_{1.0 \text{ нм}}}{I_{0.5 \text{ нм}}}$	$\frac{I_{1.0 \text{ нм}}}{I_{0.42 \text{ нм}}}$
		каолинит + хлорит	гидро- слоуда	смешанос- лойные образования	каолинит + хлорит	гидро- слоуда	смешанос- лойные образо- вания		
Чернозем выщелоченный среднесильный пониженной мощности легкосуглинистый пахотный (разр. 6)									
А пах {PU} (0–20)	6.4	30	60	10	1.9	3.8	0.6	1.4	0.9
А1 {AU} (22–34)	7.2	33#	55	12	2.4	3.9	0.8	1.8	0.6
АВ {AU} (35–45)	15.6	28#	46	26	4.4	7.2	4.0	1.8	2.9
В1 (65–75)	18.4	29#	43	28	5.3	7.9	4.9	1.4	1.4
Ск (120–130)	12	33#	33	34	3.9	3.9	4.1	1.1	1
Чернозем типичный среднесильный пониженной мощности среднесуглинистый (разр. 7)									
А пах { PU} (0–22)	14.2	28#	44	27	3.9	6.3	3.8	1.8	2
А1 { AU} (22–32)	12.4	40#	39	21	4.9	4.8	2.6	1.5	1.2
АВк {AU} (40–50)	19.6	35#	29	36	6.8	5.7	7.0	1.4	Нет
Вк (70–80)	17.4	32#	42	26	5.6	7.3	4.5	1.5	4.9
Ск {Cca} (125–135)	16.8	29#	30	41	4.8	5.0	6.7	1.3	8.7
Дерново-карбонатная типичная среднесуглинистая пахотная почва (разр. 5)									
А пах {PU} (0–20)	14.6	27	34	39	3.9	4.9	5.7	1.4	4.5
А1 {AU} (22–32)	12.2	28	32	40	3.4	3.9	4.9	1.8	4.5
Вк {BCca} (50–60)	12.8	37#	31	32	4.7#	3.9	4.1	1.4	4.2
Ск {Cca} (120–130)	16.4	28#	28	44	4.5#	4.6	7.2	1.3	5.9
Дерново-карбонатная типичная среднесуглинистая пахотная почва (разр. 8)									
А пах {PU} (0–22)	18.4	33#	24	43	6.1#	4.4	7.9	1.5	7.9

*– Преобладают хлориты.

**– Преобладают смешанослойные хлорит-вермикулиты и хлорит-сметиты.

***– Преобладают смешанослойные хлорит-вермикулитовые образования.

– Преобладают каолиниты.

Разрез 2

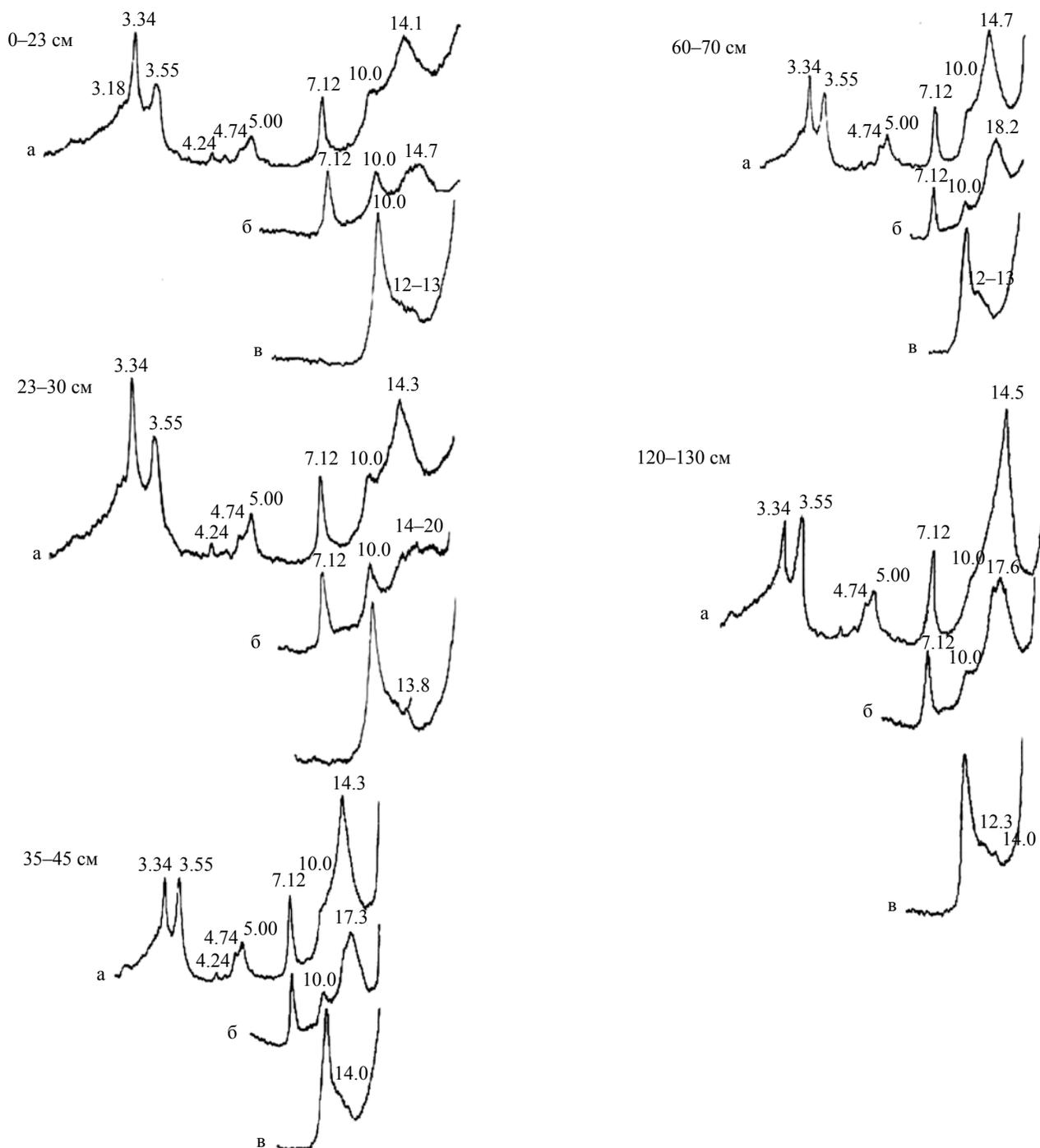


Рис. 1. Рентгendifрактограммы фракции менее 1 мкм. Разр. 2 – светло-серая слабоподзоленная тяжелосуглинистая пахотная почва (агросерая типичная или Luvic Greyzemic Retic Phaeozem (Loamic)). Здесь и далее: межплоскостные расстояния в ангстремах (Å); а – воздушно-сухое состояние образца, б – после сольватации этиленгликолем, в – после прокалывания при 550°C в течение 2 ч.

пакетов в сложных неупорядоченных смешанослойных образованиях; в верхних горизонтах доминируют смешанослойные хлорит-вермикулитовые образования (23%), ниже пахотного горизонта в илистой фракции помимо хлорит-вермикулитовых присутствуют хлорит-сметитовые образования.

В иллювиальных горизонтах (глубина 60–70 см) помимо образований с хлоритовым пакетом появляется слюда-сметитовое смешанослойное образование. Распределение смешанослойных образований по профилю имеет элювиально-иллювиальный характер; наибольшее количество

Разр. 4

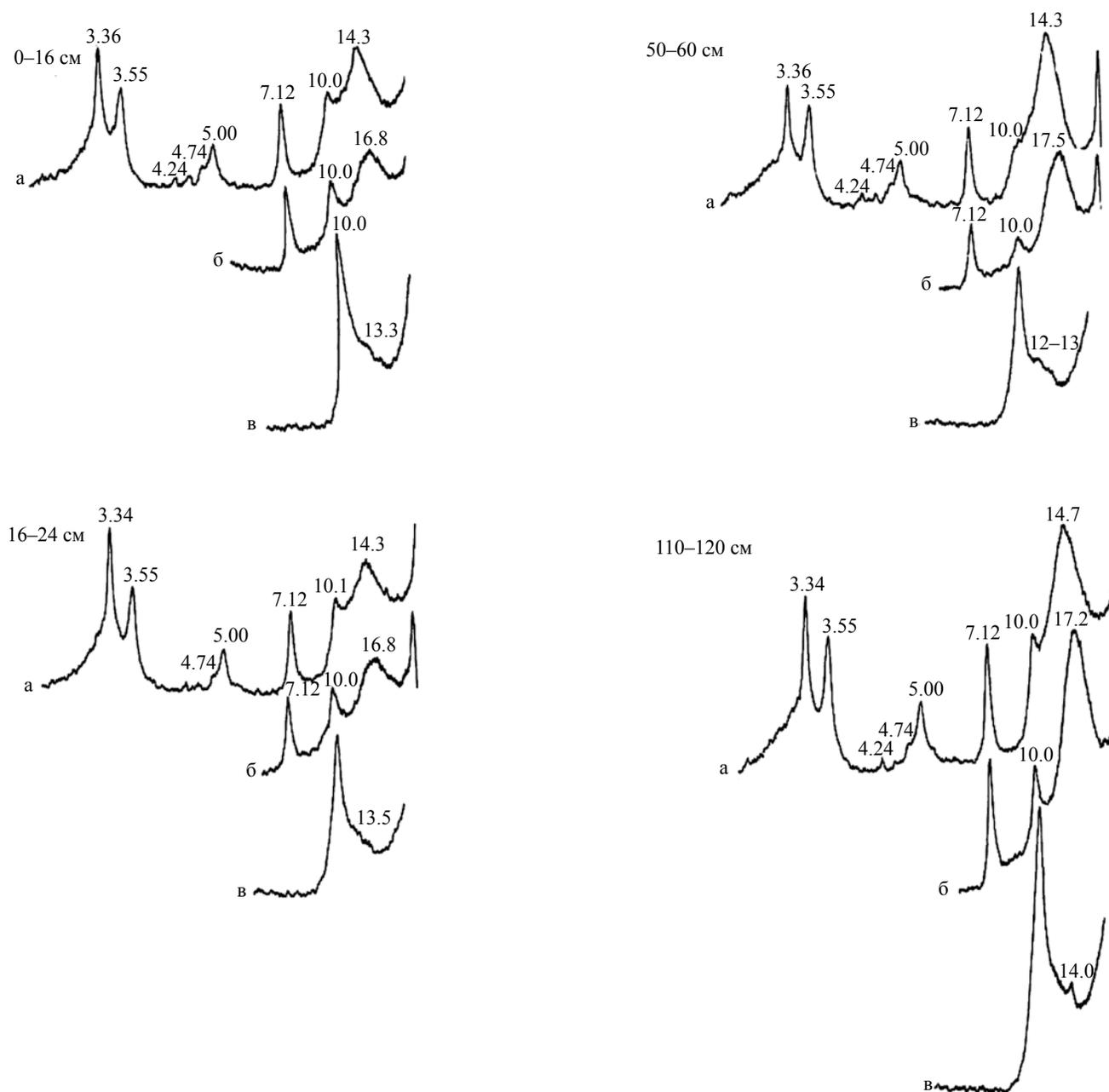


Рис. 2. Рентгendifрактограммы фракции менее 1 мкм. Разр. 4 – серая лесная неоподзоленная тяжелосуглинистая (агросерая типичная или Luvic Phaeozem (Loamic, Aric)).

отмечается в гор. ВТ1 и ВТ2. Однако, если в верхних горизонтах как доминирующие отмечаются хлорит-вермикулитовые и хлорит-сметитовые образования, то в нижней части профиля преобладают слюда-сметитовые. Небольшая дифференциация отмечается также для суммы хлорита с каолинитом, количество которых возрастает вниз по профилю в основном за счет хлорита.

Серая лесная неоподзоленная пахотная (агросерая типичная, Luvic Phaeozem (Loamic, Aric))

почва (разр. 4). Реакция среды – нейтральная по всему профилю. В пахотном горизонте содержание гумуса достигает 4.7%. Глубже количество его резко уменьшается. В почве сравнительно более низкое валовое содержание оксида кремния (69.9%) и более высокое – оксида кальция. Распределение всех элементов по профилю равномерное. Количество фракции ≤ 1 мкм равно 20–28%. Характер ее распределения элювиально-иллювиальный с наибольшим содержанием ее в гор. ВТ. Основными

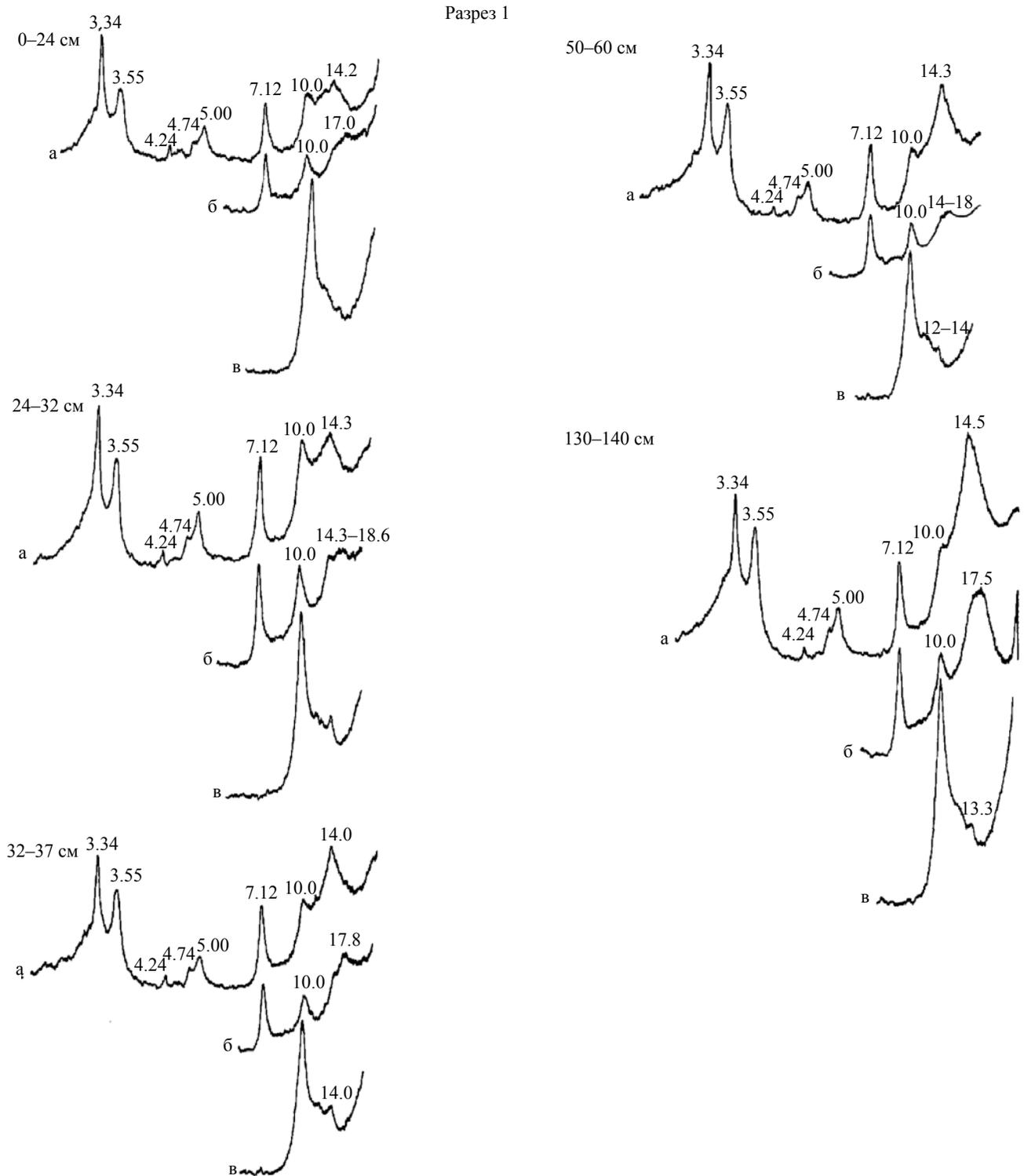


Рис. 4. Рентгendifрактограммы фракции менее 1 мкм. Разр. 1 – темно-серая лесная слабоподзоленная среднесуглинистая пахотная почва (агротемно-серая типичная или Luvisc Greyzemc Retic Phaeozem (Loamic, Aric)).

с максимумом в гумусово-аккумулятивном горизонте (64%). Чередование пакетов в смешанослойных образованиях в пределах профиля следующее: в верхних горизонтах в пределах 60 см смектитовые пакеты в смешанослойных образованиях отсутствуют, здесь диагностируются

хлорит-вермикулитовые образования (рис. 3). Лишь в почвообразующей породе на глубине 115–125 см смектитовая фаза представлена слюда-смектитами с высоким содержанием смектитовых пакетов. Фаза с рефлексом 0.7 нм в большей мере представлена хлоритом. Присутствует

высокое. В валовом химическом составе повышенное содержание оксида кальция, достигающее 5.08%, за счет присутствия остаточных форм карбонатов. Минералогический состав пахотного горизонта этой почвы аналогичен по составу минералов нижней части профиля описанной выше почвы (разр. 5).

Чернозем выщелоченный пахотный (агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный, Luvis Chernic Phaeozem (Loamic, Agric)) (разр. 6) в пахотном горизонте имеет нейтральную реакцию среды, которая изменяется до слабокислой в нижней части гумусового и в глинисто-иллювиальном горизонтах. В слое 0–32 см содержание гумуса составляет 4.2–5.5%, резко уменьшаясь глубже. По содержанию илистой фракции профиль резко дифференцирован. Верхняя часть профиля значительно обеднена илом (6.4–7.2%). Основными компонентами этой части профиля являются совершенный каолинит и гидрослюды, смешанослойные образования составляя всего 10–12%, они представлены хлорит-вермикулитами (рис. 6). Содержание ила в нижней части профиля увеличивается вдвое. Состав минералов также существенно отличается от такового верхней части профиля увеличением доли смешанослойных образований слюда-сметитового типа с примесью хлорит-сметитов. Существенно уменьшается количество каолинита и гидрослюды, большая часть которых отнесена к категории мусковитов. В данном разрезе зафиксирована литогенная разнородность почвообразующего материала, в формировании которого принимали участие продукты древних кор выветривания.

Чернозем типичный пахотный (агрочернозем миграционно-мицелярный, Haplic Chernozem (Loamic, Agric)) (разр. 7) характеризуется слабокислой реакцией среды, переходящей в нейтральную на глубине 40–50 см, а ниже в щелочную. Содержание гумуса достигает 7.4% в пахотном горизонте, на глубине 40–50 см уменьшается до 2.0%, еще глубже – до 0.1%. Сумма обменных оснований равна 55.5 смоль(экв)/кг. Профиль почвы по содержанию илистой фракции менее дифференцирован по сравнению с черноземом выщелоченным, хотя и в этой почве верхняя часть профиля облегчена, по сравнению с нижней. Состав минералов в различных частях профиля существенно различается (рис. 7). Верхние горизонты выделяются по наибольшему содержанию хорошо окристаллизованного каолинита и низкому содержанию смешанослойных образований двух типов – слюда-сметитов в меньшем количестве и хлорит-сметитов. В нижележащей части профиля увеличивается доля смешанослойных образований в основном слюда-сметитового типа, а также гидрослюды ди- и триоктаэдрического типа. Весьма вероятно, что и в данном случае почвообразование происходило на литогенно разнородном субстрате.

ВЫВОДЫ

1. Минералогический состав тонкодисперсной части (фракция ≤ 1 мкм) почвообразующих суглинистых отложений, на которых сформировались почвы лесостепной части Иркутско-Черемховской равнины (Тулуно-Иркутская лесостепь), представлен рядом смешанослойных образований с чередованием пакетов нескольких типов – гидрослюды, смектитовых, хлоритовых, вермикулитовых, характер чередования которых изменяется в пределах профилей анализируемых агросерых, темно-серых, агротемно-серых, агрочерноземов глинисто-иллювиальных, агрочерноземов миграционно-мицелярных, агротемно-гумусовых остаточных карбонатных почв. Характерно присутствие гидрослюды, каолинита, хлорита. По сравнению с покровными лёссовидными суглинками европейской части России, отложения Предбайкалья в лесостепной зоне более обогащены продуктами выветривания хлоритов, а именно, хлорит-вермикулитами (сметитами). В зоне распространения черноземов огромное значение приобретает литогенная разнородность почвообразующего субстрата, в формировании которого принимали участие продукты древних кор выветривания каолинитового состава.

2. Каждый тип почв имеет особый профиль глинистого материала, характер распределения минералов и особенно мотивов чередования пакетов в смешанослойных образованиях. В верхних горизонтах текстурно-дифференцированных почв (агросерые и агротемно-серые почвы) доминируют смешанослойные минералы хлорит-вермикулитового типа. В средней и нижней частях профиля постепенно увеличивается доля смешанослойных слюда-сметитовых образований. Элювиально-иллювиальное распределение илистой фракции в агросерых почвах более выражено в оподзоленных разностях по сравнению с неоподзоленными. В илистой фракции агротемно-гумусовых остаточных карбонатных почвах наблюдается равномерное распределение илистой фракции и высокое содержание хорошо окристаллизованных форм каолинита. Сделано предположение, что формирование этих почв произошло на отложениях, включающих продукты переотложения древних каолиновых кор выветривания. Слоистость почвообразующего материала более ясно фиксируется в профилях агрочерноземов глинисто-иллювиальных и агрочерноземов миграционно-мицелярных по содержанию илистой фракции и доле каолинита в ее составе. Этот факт позволяет предположить, что на территории Тулуно-Иркутской лесостепи почвообразование происходило на литогенно разнородном субстрате, оказавшем влияние на свойства исследованных почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агропочвенное районирование Иркутской области // Атлас Иркутской области. М.—Иркутск: ГУГК, 1962. С.82
2. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
3. *Бессолицын Е.П.* Древние коры выветривания Иркутской области // Кора выветривания. 1963. Вып. 5. С. 315–325.
4. *Воробьева Г.А.* Почвообразующие породы южной части Лено-Ангарского плато // Почвы юга Средней Сибири и их использование. Иркутск: Изд-во АН СССР, 1970. С. 30–38.
5. *Воробьева Г.А.* Почвы Иркутской области: вопросы классификации, номенклатуры и корреляции. Уч. пособие. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2009. 149 с.
6. *Воробьева Г.А., Бердникова Н.Е., Лежненко И.Л.* Возраст минерального субстрата в профиле почв Прибайкалья по данным археологических и радиоуглеродных датировок // Мат-лы Всерос. конф. “Современная Евразия в антропогене: человек, палеотехнологии, геоэкология, этнология и антропология”. Иркутск: Отгиск, 2007. Т. 1. С. 138–151.
7. *Воробьева Г.А.* Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2010. 205 с.
8. *Горбунов Н.И.* Минералогия и физическая химия почв. М.: Наука, 1978. 293 с.
9. *Горбунов Н.И.* Методика подготовки почв к минералогическим анализам // Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. М.: Наука, 1971. С. 5–15.
10. *Горшенин К.П.* Почвы Южной части Сибири. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 592 с.
11. *Градусов Б.П.* Смешанослойные минералы и генезис почв подзолистого типа // Научные докл. Высшей школы. Сер. Биол. науки. 1970. № 3. С. 114–120.
12. *Градусов Б.П.* Тосудит в почвообразующих верхнекембрийских песчанике Иркутского амфитеатра // Докл. Высшей школы. Сер. Биол. науки. 1967. № 8. С. 122–127.
13. *Градусов Б.П., Воробьева Г.А.* Реликтовые глинистые минералы в почвах на верхнекембрийских породах Ангаро-Удинского водораздела и связанные с ними особенности выветривания и почвообразования // Изв. АН СССР. Сер. Географ. 1969. № 2. С. 76–81.
14. *Градусов Б.П., Таргульян В.О.* Минералы илистой фракции в почвах, развитых на изверженных породах Восточного Саяна // Почвоведение. 1962. № 11. С. 24–33.
15. *Домбровская Ж.В.* Палеогеновая кора выветривания центрального Прибайкалья. М.: Наука, 1973. 155 с.
16. *Карнаухов Н.И., Пьявчук Э.И.* Минералогический состав илистых фракций степных почв Средней Сибири // Почвы юга Средней Сибири и их использование. Иркутск: АН СССР. Сиб. отд-ние. 1970. С. 39–45.
17. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
18. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
19. *Корзун М.А., Кузьмин В.А.* Почвы Иркутской области // Почвы Иркутской области. Их использование и мелиорация. Иркутск: Институт географии Сибири и Дальнего Востока, 1979. С. 17–35.
20. *Кузьмин В.А.* О минералогическом составе почв юго-восточного Присаянья // Докл. сибирских почвоведов к IX междунар. конгр. почвоведов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1968. С. 159–170.
21. *Кузьмин В.А.* Особенности почвообразования в Прибайкалье // Почвы юга Средней Сибири и их использование. Иркутск: Изд-во АН СССР, 1970. С. 14–19.
22. *Кузьмин В.А.* Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья // Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1988. 173 с.
23. *Макеев О.В.* Дерновые таежные почвы юга Средней Сибири. Улан-Удэ, 1959. 350 с.
24. *Мухина Л.И., Преображенский В.С., Томилов Г.М., Фадеева Н.В.* Природное районирование // Предбайкалье и Забайкалье. М.: Наука, 1965. С. 323–377.
25. *Ногина Н.А.* Почвы // Предбайкалье и Забайкалье. М.: Наука, 1965. С. 184–225.
26. Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов / Под ред. Г. Брауна. М.: Мир, 1965. 599 с.
27. *Рынкс И.Н.* Почвы Приангарской лесостепи и их использование. Иркутск: Иркутское кн. изд-во, 1959. 63 с.
28. *Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И.* Глинистые минералы в почвах. Тула: Гриф и К., 2005. 336 с.
29. *Флоренсов Н.А., Олюнин В.Н.* Рельеф и геологическое строение // Предбайкалье и Забайкалье. М.: Наука, 1965. С. 23–90.
30. *Biscaye P.E.* Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Oceans // Geol. Soc. Amer. Bulletin. 1965. V. 76. № 7. P. 803–832.
31. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.