

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУППОВОГО СОСТАВА СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ГОРНЫХ ПОЧВ СРЕДНЕГО УРАЛА

© 2015 г. **И. А. Самофалова¹, О. Б. Рогова²,
О. А. Лузянина¹**

¹*Пермская государственная сельскохозяйственная академия,
614000, Пермь, Петропавловская, 23
e-mail: samofalovairaida@mail.ru*

²*Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
119017, Москва, Пыжевский пер., 7 стр.2
e-mail: olga_rogova@inbox.ru*

Цель исследования – уточнить диагностику горных почв Среднего Урала (на примере горы Северный Басег) с неясным классификационным положением. Для решения этой задачи были изучены содержание и формы соединений железа, их соотношения и типы распределения в почвенном профиле. Установлено, что среднее содержание валового железа составило 6%, что выше кларка почв и литосферы. Валовое содержание железа позволяет определить степень дифференциации профиля, что указывает на различное соотношение процессов почвообразования и выветривания. Установлено, что в горно-лесном поясе и парковом редколесье в большинстве почв содержание силикатных форм железа в мелкоземе в два раза больше несиликатных. Это указывает на преобладание процессов физической дезинтеграции над высвобождением железа из кристаллической решетки породообразующих минералов. На высоте более 700 м над ур. м. отмечается обратная тенденция, преобладает физико-химическая деструкция. Анализ изменения содержания несиликатного железа по профилю помогает определить моно- или полигенетичность почв, например, буроземов (разр. 30, 32, 27) на разной высоте (900, 655, 590 м соответственно). Отношения $Fe_{nc} : Fe_{вал}$ изменяются в почвах в пределах 0.17-0.45, что указывает на слабую степень оксидогенеза в почвах, формирующихся на высоте ниже 700 м, а в почвах на высоте более 700 м отношение более 0.5, что указывает на оксидогенез, переувлажнение почв. Несиликатные формы соединений железа по профилю помогают определить наличие процессов метаморфизации, оглинивания, буроземообразования. Аккумуляция $Fe_{ам}$ про-

является в органо-минеральных горизонтах буроземов, органо-аккумулятивных почвах и глееземах, что указывает на усиленный биологический круговорот. Наиболее благоприятные условия для аккумуляции $Fe_{ам}$ складываются в почве субальпийского пояса на высоте 900 м. В условиях горных стран соотношение рассмотренных групп соединений железа отражает зависимость изменений их содержания от вертикально-высотных поясов, экспозиции склонов, высоты местности. Отношения $Fe_c : Fe_{nc}$ подтверждает большую степень проявления процессов почвообразования, чем выветривания, в почвах криволеся на южном склоне. В буроземах на западном склоне г. Северный Басег почвообразование выражено сильнее, чем в почвах на восточном склоне. В почвах, формирующихся на высоте более 650 м н.у.м., активнее проявляются процессы выветривания. Групповой состав соединений железа в горных почвах на Среднем Урале диагностирует преобладание и нарастание с глубиной окристаллизованных форм железа и уменьшением аморфных его форм (буроземообразование); биологическое закрепление железа, оксидогенез; оглеение, альфегумусовое иллювиирование; редокс-альфегумусовую дифференциацию, что нашло отражение в названии типов и подтипов исследуемых почв. Классификационные названия подтипов почв даны в соответствии с диагностикой почв по групповому составу соединений железа: иллювиально-гумусовые, ожелезненные, метаморфизированные, элювиированные. В условиях горной тундры на западном макросклоне Среднего Урала, впервые для гольцового пояса, диагностированы сухоторфяно-подбуры, подтип охристый (TJ–BH–BFan–CLM) и лито-глеезем грубогумусный ожелезненный (O–ay–G–CLMf,g–R).

Ключевые слова: горные почвы, диагностика, формы соединений железа, классификация почв.

ВВЕДЕНИЕ

При изучении генезиса почв, традиционно внимание почвоведов привлекают соединения железа: их содержание, распределение по профилю. Информация об этом необходима для диагностики и классификации почв, определения степени развития почвообразовательных процессов (Барри Абдулай, 1979; Белоусова, 2006; Водяницкий, Шишов, 2004; Водяницкий, Шоба, 2013; Двуреченский, 2010а,б; Ковалев, Сарычева, 2007; Козлова, Халбаев, 2014; Кузьмин, Чернегова, 1978; Кузьмин и др., 2012; Матинян и

др., 1980; Осипов, Шляхов, 2012; Blume, Shvertan, 1969; Mehra, Jackson, 1960; Shvertman, Fitzpatrick, 1992).

Железо относят к типоморфным химическим элементам в почвах гумидных ландшафтов (Водяницкий, 2010). Многие исследователи (Двуреченский, 2011; Двуреченский, 2010а,б; Зонн, 1982; Зонн и др., 1976; Карманова, 1978; Карпачевский, 2012; Карпачевский, Шевченко, 1997; Ковалев, Ковалева, 2012; Кузьмин, Чернегова, 1978; Матинян и др., 1980; Маунг Вин Хтин, 1970; Михайлова, 1975; Недбаев, 1995; Орлов, Садовникова, 2005; Сымпилова, Гынинова, 2013; Тоцкая, Гончарова, 2012) отмечали, что соотношение различных форм соединений железа по профилю и даже в пределах одного горизонта выполняет диагностическую роль для выявления элементарных процессов почвообразования, которые могут проявляться в их накоплении или перераспределении. Соединения этого элемента являются наиболее чувствительным индикатором изменения условий, отражающим изменения интенсивности процессов выветривания и почвообразования в целом, условий увлажнения и аэрации, обуславливающим формирование облика почвенного профиля (Богатырев, Ногина, 1962; Васильев и др., 2014; Водяницкий, Шишов, 2004; Зонн и др., 1976; Зонн, Рукака, 1978). Соотношения форм соединений железа во многом определяют физико-химические свойства почв, их сорбционные свойства, влияют на подвижность многих акцепторных элементов (Айсина, 2008; Барри Абдулай, 1979; Белоусова, 2006; Богатырев, 1947; Богатырев, Ногина, 1962; Борисова, 2012; Васильев и др., 2014; Васильев, 1989; Владыченский и др., 2006; Водяницкий, 2002, 1992, 2010, 2002, Водяницкий, Шишов, 2004; Водяницкий, Шоба, 2013, 2014; Градусов, 2005; Двуреченский, 2011, 2010; Дедков, Павлова, 1982; Дымов, Жангуров, 2011; Зонн, 1982; Зонн и др., 1976; Зонн, Рукака, 1978; Ильина и др., 1993; Карпачевский, 2012; Карпачевский, Шевченко, 1997; Ковалев, Ковалева, 2012; Ковалев, Сарычева, 2007; Козлова, Халбаев, 2014; Маунг Вин Хтин, 1970; Михайлова, 1975, 1976; Молчанов, 2010; Мурашкина и др., 2004).

Несмотря на значительное число работ, касающихся содержания и форм железа в почвах и выявления их связей с генетическими свойствами почв, рассматриваемая проблема имеет некоторые сложности, которые заключается в том, что формы железа в

почвах очень разнообразны и границы между ними во многом условны. Выявить реальное содержание и распределение разных форм железа в почвах можно только при сопряженном использовании редких и дорогостоящих физических методов его изучения. В этой связи в почвенной литературе данные о железе чаще всего ограничиваются определением валового содержания и реже несиликатных, окристаллизованных и аморфных его форм, что снижает возможности использования данных по содержанию и распределению форм железа при диагностике и установлении генетической природы почв.

Работ, посвященных диагностике малоизученных горных почв Урала по групповому составу соединений железа, очень мало, в основном они приходятся на 60–70-е годы прошлого века. Почвы горной части Урала начали исследовать позднее, чем других горных стран, классификация их долгое время была дискуссионной. Сначала эти почвы относили к подзолистым (Коротаев, 1962), затем к кислым неоподзоленным (Боратырев, 1947; Богатырев, Ногина, 1962; Иванова, 1947, 1949). Позже, представление об Урале как зоне подзолистых почв было пересмотрено, выделялись бурые лесные почвы (Дедков, Павлова, 1982; Михайлова, 1977; 1975, 1976; Ногина, 1948; Фирсова, 1991; Фирсова и др., 1963). По субстантивно-генетической классификации 2004 г. можно определить классификационное положение почв, используя предложенную полевую морфолого-генетическую и аналитическую диагностики почв (Классификация и диагностика..., 2004), однако строгих аналитических критериев свойств нет. При наличии сходных физических и морфологических показателей профиля нет твердых оснований судить об идентичности процессов дифференциации твердой фазы сравниваемых почв (Градусов, 2005), а полевой диагностики оказывается недостаточно для определения их генезиса. Окончательная диагностика должна проводиться на основании совокупности показателей химического состава генетических горизонтов профиля (Айсина, 2008; Барри Абдулай, 1979; Борисова, 2012; Васильев и др., 2014; Васильев, 1989; Владыченский и др., 2006; Водяницкий, Шишов, 2004; Водяницкий, Шоба, 2013; Двуреченский, 2011, 2010; Дедков, Павлова, 1982; Дымов, Жангуров, 2011; Зонн, 1982; Зонн и др., 1976; Зонн, Рукака, 1978; Иванова, 1947, 1949; Ильина и др., 1993; Карманова, 1978; Карпачевский,

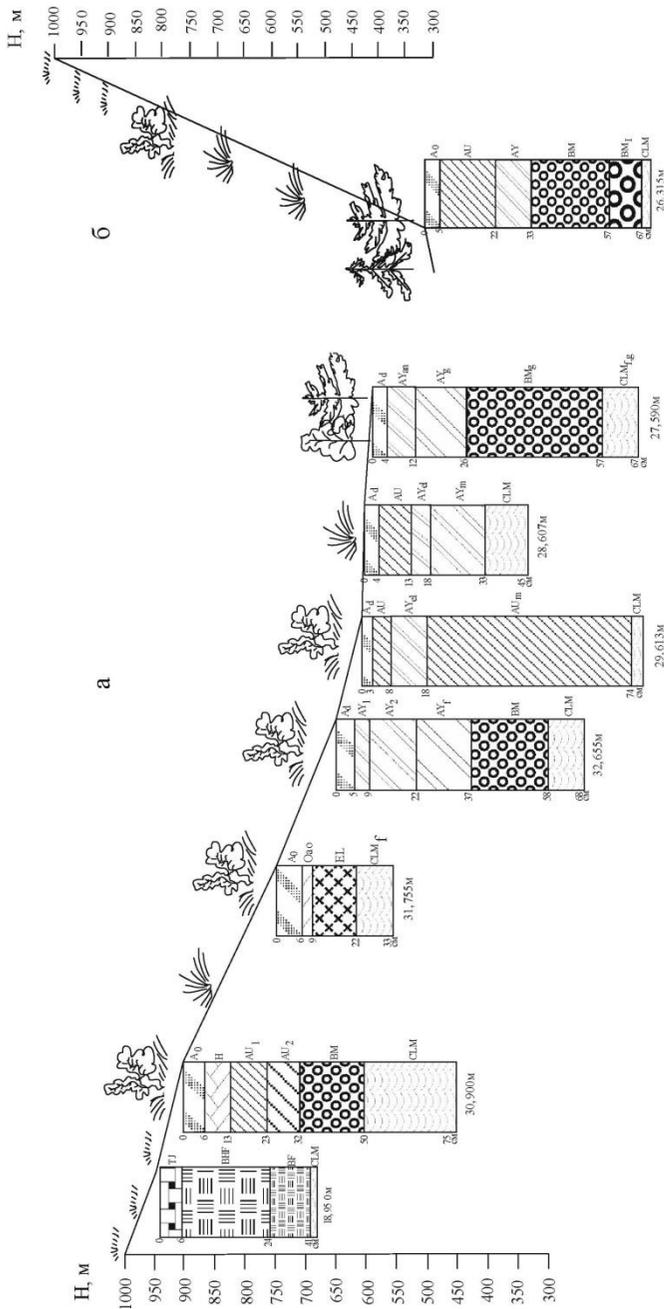
2012; Карпачевский, Шевченко, 1997; Кириченко, 1985; Кузьмин, Чернегова, 1978; Михайлова, 1975; Семиколенных и др., 2012б; Урушадзе, 1979).

Цель исследования – уточнить диагностику горных почв Среднего Урала (на примере горы Северный Басег) при помощи изучения содержания и форм соединений железа, типов их распределения в профиле почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами изучения являются почвы горных ландшафтов Государственный Природный Заповедник “Басеги” (Пермский край). В состав природного заповедника “Басеги” входит хребет Басеги, который представляет собой горную гряду, залегающую западнее от водораздельной части Урала между $58^{\circ}50'$ и $60^{\circ}N$. Басеги представляют собой меридионально вытянутый хребет из трех гор: Северный Басег (951.9 м), Средний Басег (994.7 м), Южный Басег (851 м). Самая низкая точка в заповеднике находится в районе устья р. Коростелевка – 314 м. Территория сложена метаморфическими породами и относится к области грядово-останцового низкогорья Среднего Урала. Почвообразующие породы: хлоритовые, хлорито-серицитовые и слюдястые сланцы и продукты их выветривания. Климат холодный и влажный с проявлением континентальности. По зональному распределению растительного покрова выделяют горно-лесной, подгольцовый (субальпийский), горно-тундровый (гольцовый) пояса.

Полевые исследования проводили на территории заповедника в 2009–2012 гг. по основным элементам рельефа на горе Северный Басег с высоты 950 м (гольцовый пояс) до 315 м (горно-лесной пояс) с учетом высотной поясности (рис. 1). Общие аналитические исследования выполнены на кафедре почвоведения Пермской государственной сельскохозяйственной академии. Подробно характеристика объектов исследования приведена ранее (Самофалова, Лузянина, 2012, 2013а,б, 2014; Шоба и др., 2014; Samofalova et al., 2012). Общими морфологическими признаками горных почв является укороченный профиль, границы горизонтов выражены не четко, окраска их буроватая, коричневатая; не выявлены морфологические признаки оподзоленности. По диагностике морфологических признаков генетических горизонтов и строения



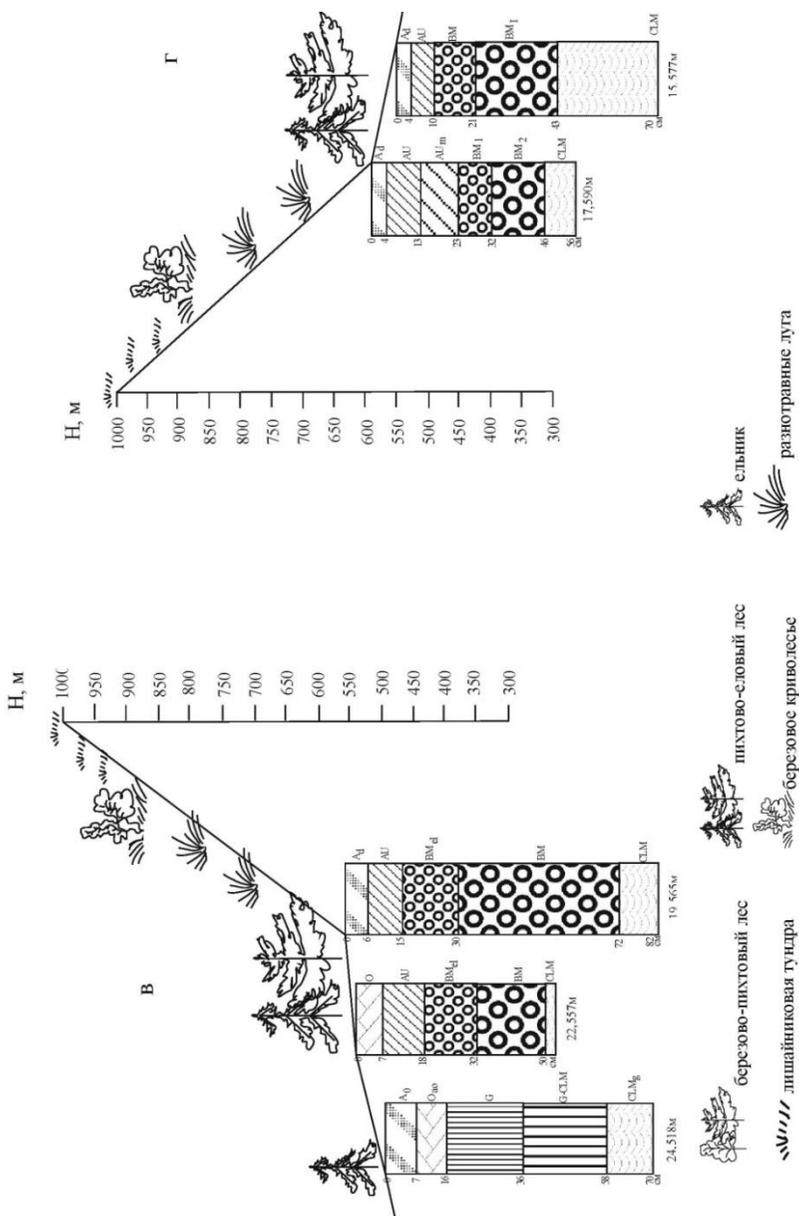


Рис. 1. Распределение объектов исследования в пределах эколого-топографического профиля на склонах горы Северный Басег (а – южном; б – северном; в – западном; г – восточном). Под схемой разреза: номер, высота.

профиля определены названия почв согласно субстантивно-профильной классификации. Исследуемые почвы относятся к стволу постлитогенного почвообразования, к пяти отделам, шести типам, семи подтипам (табл. 1). При полевом описании почвы разрезов 18, 31 имели неясное классификационное положение. Гранулометрический состав мелкозема для почв подгольцового пояса является более облегченным в гумусовых горизонтах (среднесуглинистый) с последующим утяжелением в середине профиля до тяжело-суглинистого и глинистого с облегчением вновь до среднесуглинистого к породе. В почвах горно-лесного пояса гранулометрический состав более тяжелый. Содержание углерода ($C_{\text{общ}}$) в гумусовых горизонтах почв колеблется от 3.2 до 4.1% от массы почвы, гумусовый профиль растянут. Реакция среды (pH_{KCl}) варьирует от 3.01 до 3.97. Почвы обеднены обменными основаниями (от 0.5 до 22.3 смоль(экв)/кг), имеют высокую гидролитическую кислотность (в верхних горизонтах в пределах 8.8–25.2 смоль(экв)/кг).

Данная работа является продолжением исследования горных почв на Среднем Урале и посвящается изучению группового состава соединений железа. В лаборатории физико-химии почв Почвенного института им. В.В. Докучаева в 12-ти разрезах определено валовое содержание железа методом рентгенофлуоресцентного анализа на анализаторе РеСпект, содержание несиликатного и аморфного железа методами Тамма, Мера и Джексона с атомно-абсорбционным окончанием.

Подробный обзор недостатков методов химического экстрагирования железа представлен в работах Ю.Н. Водяницкого (1992, 2002а,б, 2010; Водяницкий, Шишов, 2004; Водяницкий, Шоба, 2013, 2014), в которых рассматривается их селективность и интерпретация форм соединений железа. Несмотря на различное отношение ученых к химическому экстрагированию железа, в приложении к краткой сводке методов аналитической характеристики почв в Международной реферативной базе почвенных ресурсов, рекомендованы анализы для определения свободных соединений железа по Мера–Джексону и аморфных соединений в кислой оксалатной вытяжке по Тамму. Подробное описание методов дано в приложении и руководствах (Burt, 2004; Van Reeuwijk, 2006).

В процессе анализа рассчитано содержание железа силикатных соединений (Fe_c); окристаллизованных соединений ($Fe_{\text{окр}}$);

коэффициент Швертманна (отношение $Fe_{окр}:Fe_{нс}$) (Schwertmann, 1988; Shvertman, 1992), широко используемый в мировой практике в исследовании генезиса почв (Ковалев, Ковалева, 2012; Орлов, Садовникова, 2005; Blume, Shvertman, 1969; Bodegom et al., 2003; Mehra, Jackson, 1960; Shvertman, Fitzpatrick, 1992; Sposito, 1984), коэффициент оксидогенеза (Водяницкий, 1992, 2002а,б, 2010; Водяницкий, Шишов, 2004; Водяницкий, Шоба, 2013, 2014).

Для определения типов распределения соединений железа по профилю использовали “Морфологию почв” (Розанов, 2004) и “Классификацию и диагностику почв России” (2004). Составляющие методологии изучения почв и генетической интерпретации фактических материалов: сравнительно-профильный, сравнительно-географический, статистико-аналитический. Статистическая обработка данных проведена в программах Microsoft Excel и Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Валовое содержание железа ($Fe_{вал}$) характеризует суммарное количество всех его форм. Среднее содержание $Fe_{вал}$ в исследуемых почвах составляет 6%, что выше кларка почв и литосферы (по Виноградову). По шкале Ю.Н. Водяницкого (2002) это соответствует категории с умеренно высоким содержанием, кроме разр. 18, 30 (среднее) и 31 (умеренно низкое). В целом почвы среднежелезистые. Наибольшее варьирование значений $Fe_{вал}$ в почвах отмечается в верхних гумусовых горизонтах (в среднем от 3.3 до 7.3%). С глубиной, в переходных гумусовых и срединных горизонтах профиля, среднее содержание $Fe_{вал}$ несколько увеличивается (рис. 2).

По особенностям профильного распределения $Fe_{вал}$ условно можно выделить три группы: 1) отсутствие дифференциации распределения валового содержания железа по профилю (разр. 18, 19, 29, 32); 2) элювиально-иллювиальный тип распределения (разр. 17, 26, 30); 3) элювиальный тип различной интенсивности встречается в различных типах почв (разр. 15, 24, 28, 27, 31) (табл. 2). Различные типы профильного распределения $Fe_{вал}$ могут указывать на различное соотношение процессов физического выветривания, физико-химического преобразования материала и переноса вещества в процессе почвообразования.

Кроме $Fe_{вал}$, традиционно условно выделяют две группы соединений железа: силикатное (Fe_c) и свободное (несиликатное, Fe_{nc}). Содержание Fe_c колеблется в исследуемых почвах от 1 до 7% от массы почвы, в среднем – 4% и составляет больше половины от $Fe_{вал}$ – в среднем 65%, в некоторых случаях достигая 85%, что позволяет отнести эти почвы к сиаллитной группе. Такое содержание железа может указывать на значительное содержание его окристаллизованных оксидов. Содержание Fe_c преобладает над несиликатными его формами в большинстве исследуемых разрезах, что указывает на развитие почв по типу буроземообразования и возможному проявлению процесса внутрпочвенного оглинивания, проявляющегося при буроземообразовании. На основной процесс всегда накладываются другие почвообразовательные процессы, поэтому преобладание Fe_c может встречаться в разных почвах. В буроземах и глееземах горно-лесного пояса (разр. 15, 17, 19, 26, 27, 24), органично-аккумулятивных почвах подгольцового пояса (разр. 28, 29)

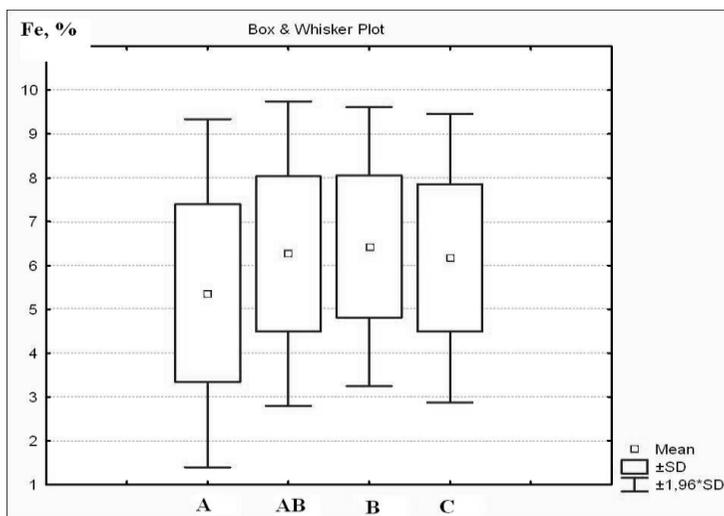


Рис. 2. Изменение содержания $Fe_{вал}$ по горизонтам в почвах горы Северный Басег ($n = 12$).

Таблица 2. Соединения железа в почвах горы Северный Басег

Разрез, высота, над ур. м.	Гори- зонт	Fe _{вал} , %	Fe _{нс}			Fe _с	Fe _{нс} : Fe _{вал}	Fe _с : Fe _{нс}	Fe _{ам} : Fe _{нс}	
			Fe _{ам}	Fe _{окд}	сумма					
			% от валового							
Разр. 30, 900 м	BF	4.52	14.07	29.64			0.44	1.29	0.32	
	AU ₁	3.40	10.18	28.76			0.39	1.57	0.26	
	AU ₂	5.09	18.24	26.47	44.71	55.29	0.45	1.24	0.41	
	BM	4.11	38.90	11.39	50.29	49.71	0.50	0.99	0.77	
Разр. 31, 755 м	CLM	4.11	17.03	24.57	41.61	58.39	0.42	1.40	0.41	
	Oao	3.84	14.58	26.04	40.63	59.38	0.41	1.46	0.36	
	EL	0.93	4.30	40.86	45.16	54.84	0.45	1.21	0.10	
	CLM f	1.64	3.05	61.59	64.63	35.37	0.65	0.55	0.05	
Разр. 32, 655 м	AY ₁	3.39	11.21	66.08	77.29	22.71	0.77	0.29	0.15	
	AY ₂	8.02	23.57	21.07	44.64	55.36	0.45	1.24	0.53	
	AYf	8.23	8.23	21.14	26.97	48.12	51.88	0.48	1.08	0.44
	BM	8.53	20.75	30.25	51.00	49.00	0.51	0.96	0.41	
Разр. 29, 613 м	CLM	8.19	16.00	32.36	48.35	51.65	0.48	1.07	0.33	
	AU	8.01	8.86	35.71	44.57	55.43	0.45	1.24	0.20	
	AJel	7.14	8.12	19.75	27.87	72.13	0.28	2.59	0.29	
	AUm	7.35	8.03	18.23	26.26	73.74	0.26	2.81	0.31	
Разр. 27, 590 м	AYan	7.72	9.07	17.62	26.69	73.31	0.27	2.75	0.34	
	AYg	6.14	13.19	9.93	23.12	76.88	0.23	3.32	0.57	
	BMg	6.66	23.44	7.51	30.95	69.05	0.31	2.23	0.76	
	CLMf.g	7.13	5.75	14.44	20.19	79.81	0.20	3.95	0.28	
Разр. 15 577 м	AU	7.60	5.27	17.12	22.38	77.62	0.22	3.47	0.24	
	BM	5.02	15.93	23.89	39.82	60.18	0.40	1.51	0.40	
	BMi	5.98	12.71	24.25	36.96	63.04	0.37	1.71	0.34	
	CLM	6.39	9.39	19.08	28.47	71.53	0.28	2.51	0.33	
Разр. 19, 565 м	AU	6.14	8.48	25.10	33.58	66.42	0.34	1.98	0.25	
	BMel	7.81	16.89	15.49	32.38	67.62	0.32	2.09	0.52	
	BM	7.64	10.74	16.37	27.11	72.89	0.27	2.69	0.40	
	CLM	7.32	7.10	11.61	18.71	81.29	0.19	4.34	0.38	
Разр. 24, 518 м	G	7.59	6.19	9.61	15.80	84.20	0.16	5.33	0.39	
	G(CLM)	3.56	19.41	6.19	25.60	74.40	0.26	2.91	0.76	
	CLM	6.79	15.91	20.63	36.54	63.46	0.37	1.74	0.44	
Разр. 26, 315 м	AY	6.71	6.56	23.39	29.95	70.05	0.30	2.34	0.22	
	BM ₁	5.60	15.18	15.01	30.19	69.81	0.30	2.31	0.50	
	BM ₂	5.88	20.93	14.46	35.39	64.61	0.35	1.83	0.59	
	BMi	5.59	21.45	13.94	35.40	64.60	0.35	1.83	0.61	
Разр. 28, 607 м	AU	5.45	17.61	15.96	33.57	66.43	0.34	1.98	0.52	
	AYel	6.33	8.38	13.75	22.12	77.88	0.22	3.52	0.38	
	AYm	7.36	6.25	12.78	19.03	80.97	0.19	4.25	0.33	
	CLM	8.23	6.81	10.58	17.39	82.61	0.17	4.75	0.39	
Разр. 17, 590 м	AU	7.96	4.02	15.20	19.22	80.78	0.19	4.20	0.21	
	AUm	5.82	18.37	23.35	41.72	58.28	0.42	1.40	0.44	
	BM ₁	6.40	17.51	23.29	40.79	59.21	0.41	1.45	0.43	
	BM ₂	5.69	14.06	24.42	38.48	61.52	0.38	1.60	0.37	
CLM	5.41	9.98	24.95	34.93	65.07	0.35	1.86	0.29		
		5.62	11.91	23.29	35.21	64.79	0.35	1.84	0.34	

основная масса железа представлена его силикатными соединениями (58.2–84.2% от валового). Преобладание Fe_c над Fe_{nc} свидетельствует о преобладании физической дезинтеграции и, возможно, минералогической трансформации минеральной части почвы, при которой происходит менее интенсивное высвобождение железа из минералов.

В почвах гольцового (разр. 18, 30) и подгольцового пояса (разр. 31, 32) содержание Fe_c меньше, чем в почвах горно-лесного пояса и составляет 22.7–61.0% от валового. Таким образом, в почвах, формирующихся на высоте более 700 м над ур. м., преобладают процессы физико-химического выветривания.

Профильные кривые распределения Fe_c имеют различный характер. Слабо- или недифференцированное распределение Fe_c отмечается в различных типах почв на разной высоте: подбур (разр. 18, 950 м над ур. м.), темногумусовая (разр. 29, 613 м.). В буроземах темногумусовых (разр. 15, 17, 19) и серогумусовой почве (разр. 28) на высоте 570–610 м над ур. м. отмечается равномерно-элювиальный тип распределения компонента. Аккумулятивно-элювиально-иллювиальный характер распределения, толщится повышением содержания Fe_c с глубиной к рыхлой выветрелой породе, заметен в буроземах (разр. 26, 27, 30, 32) и глееземе (разр. 24). И только в разр. 31 отчетливо и резко проявляется равномерно-аккумулятивное распределение Fe_c по профилю.

Аккумуляция Fe_{nc} – важный диагностический признак, по которому судят о типе почвообразования (Водяницкий, Шишов, 2004; Двуреченский, 2010; Дедков, Павлова, 1982; Дымов, Жангуров, 2011; Зонн, 1982; Зонн и др., 1976; Таргульян, 1971), особенностях внутрипочвенного выветривания (Водяницкий, 1992; Градусов, 2005; Карпачевский, 2012; Карпачевский, Шевченко, 1997; Кириченко, 1985; Фокин, 1999), относительном возрасте почв (Ковалев, Ковалева, 2012; Ковалев, Сарычева, 2007; Черняховский, 1968).

По содержанию Fe_{nc} изучаемые почвы по шкале Ю.Н. Водяницкого (Водяницкий, 2002) относятся к группе с умеренно низким содержанием несиликатного железа. Содержание Fe_{nc} составляет в среднем около 2%, и только в гор. АУф разр. 32 – 4.4%. Накопление несиликатных форм железа в срединной части профиля (разр. 27, 30, 32) по сравнению с выше- и нижележащими

горизонтами может указывать на полигенетичность почвы, где горизонты накопления являются маркирующими, т.е. некоторой границей, разделяющей верхние современные гумусовые горизонты и нижнюю часть профиля. Гумусово-кислотный гидролиз первичных минералов здесь проявляется слабо, и железо, освобождающееся в результате ферриаллитизации, связывает кислое органическое вещество в устойчивые комплексы.

Доля Fe_{nc} от $Fe_{вал}$ оценивает степень развития оксидогенеза в почвах, которая проявляется на разных стадиях выветривания и почвообразования неодинаково. Считается, что на начальных стадиях выветривания силикатов железо высвобождается изолированно, а в дальнейшем оксидогенез идет совместно с гуматогенезом, при котором образуются дисперсные и слабоокристаллизованные формы соединений железа (Водяницкий, Шишов, 2004; Mehra, Jackson, 1960; Shvertman, Fitzpatrick, 1992; Sposito, 1984).

Относительное содержание Fe_{nc} от $Fe_{вал}$ в среднем составляет 35%. По шкале Ю.Н. Водяницкого (2002) изучаемые почвы по доле Fe_{nc} от $Fe_{вал}$ относятся к категориям от очень низкого (разр. 27, 28) до умеренно низкого (разр. 18, 32, 31, 30, 15, 17) и среднего содержания (разр. 26, 24, 19, 29). Величина отношения $Fe_{nc} : Fe_{вал}$ в почвах варьирует в пределах 0.17–0.45, что указывает на слабую степень проявления оксидогенеза. Только в почвенных разностях, расположенных на верхней границе подгольцового (разр. 30, 31) и нижней границе гольцового поясов (разр. 32), величина отношения $Fe_{nc} : Fe_{вал}$ близка к 0.5 и более в нижней части профиля, что является характерным для ферраллитного, ферритного, либо аллитного процессов. Таким образом, в этих почвах оксидогенез проявляется больше, чем в почвах, расположенных ниже 700 м над ур. м.

Анализ распределения Fe_{nc} в профилях почв показал, что для почв под субальпийскими лугами (разр. 28, 29) характерен недифференцированный тип; в буроземах и глееземах горнолесного пояса и криволесья (разр. 15, 24, 27, 30, 32) – элювиально-иллювиальный тип, что указывает на наличие профилеобразующего процесса – метаморфическое оглинивание (наличие гор. VM в профиле). Увеличение содержания несиликатного железа в метаморфических горизонтах с преобладанием окристаллизованных его форм диагностирует процесс буроземообразования. Также в

буроземе в нижней части горно-лесного пояса (315 м над ур. м) встречается и прогрессивно-элювиальное распределение (разр. 26). В литоземе (разр. 31, 755 м) можно отметить значительное увеличение содержания Fe_{nc} к породе и соответственно регрессивно-элювиальный тип распределения, а в разр. 18 (955 м), 17 (590 м), 19 (565 м) наоборот, происходит аккумуляция Fe_{nc} в верхних горизонтах и уменьшение содержания Fe_{nc} к породе, что характеризует равномерно-аккумулятивный тип. Несиликатные соединения железа могут достигать почти таких же значений, что и валовое в сильновыветрелых почвах, однако в изучаемых почвах этого не наблюдается, что говорит о молодости почв.

Окристаллизованные соединения железа ($Fe_{окр}$) формируются при старении аморфных осадков. Среднее содержание $Fe_{окр}$ составляет 1%, максимальное – 3% от массы почвы. Распределение содержания $Fe_{окр}$ по профилю почв повторяет распределение Fe_{nc} , при этом обнаруживается некоторое его накопление в срединной части профиля, что также указывает на внутрипочвенное оглинение.

Рядом исследователей описаны (Белоусова, 2006; Водяницкий, 1992, 2002; Таргульян, 1971) механизмы образования и накопления оксалаторастворимых оксидов в почвах. Во-первых, это может быть внутрипочвенное оглинение *in situ* аморфных оксидов в процессе разрушения пород и выносе подвижных элементов (выветривание); во-вторых, поступление элемента из пород в почвенный раствор через механизм биологического круговорота с последующим выпадением аморфных соединений (иллювиальная аккумуляция). Образование “аморфных” (оксалаторастворимых) соединений по Тамму связывают с условиями, в которых может происходить восстановление $Fe(III)$ до $Fe(II)$, его последующее окисление, сопровождающееся образованием $Fe(OH)_3$.

Аккумуляция $Fe_{ам}$ проявляется в органо-минеральных горизонтах буроземов, органо-аккумулятивных почвах и глееземах (разр. 15, 17, 18, 19, 28, 24, 32) и в срединной части профиля буроземов (разр. 26, 27, 30). Слабая дифференциация по аморфным и окристаллизованным формам железа указывает на проявление лессиважа. В разр. 29 (отмечается тенденция) и 31 ярко выражен регрессивно-элювиальный тип распределения. Типы распределения указывают на различные окислительно-восстановительные

условия, приводящих к усилению подвижности, а также о меньшей роли физического дробления пород в процессах первичного почвообразования. Вниз по профилю содержание $Fe_{ам}$ снижается, подвижность уменьшается (кроме разр. 29, 31). Максимальная подвижность $Fe_{ам}$ отмечается в горизонтах, имеющих временное переувлажнение и, как следствие этого, признаки оглеения.

Содержание аморфного железа может служить диагностическим признаком сезонного переувлажнения поверхностными водами (Ковалев, Ковалева, 2012). С усилением степени гидроморфизма, наблюдается и увеличение содержания $Fe_{ам}$. В кислой среде подвижность элемента значительно усиливается. Органические кислоты интенсивно разрушают минералы и способствуют образованию подвижных комплексных соединений железа. При изменении степени окисления элемента из-за переизбытка влаги и недостаточной аэрации, соединения железа приобретают наибольшую подвижность, что может приводить, при переменном водном режиме (влажность, сухость), к образованию кирас и конкреций, обесцвечиванию почвенной массы (что и наблюдаем в разр. 31), к полному выносу соединений железа вертикальным и боковым стоком (разр. 30).

Оксидогенез железа является прогрессивным почвенно-экологическим процессом (Водяницкий, Шоба, 2013) тогда, когда происходит ограниченное накопление дисперсных слабоокристаллизованных минералов железа химически связанных с органическим веществом в поверхностных горизонтах. Такие соединения в исследуемых почвах накапливаются в верхних горизонтах почв, кроме разр. 24, 26, 27, 29, 31, 32. Наиболее благоприятные условия для аккумуляции $Fe_{ам}$ складываются в почве субальпийского пояса на высоте 900 м, там его количество по всему профилю высокое, относительно других почв, с максимумом в гор. АУ₂.

Увеличение содержания $Fe_{ам}$ в гумусовых горизонтах почв указывает на усиленный биологический круговорот веществ как под елово-пихтовыми крупнотравными лесами, так и под травянистой растительностью луговин. В гумусовых горизонтах отмечается сближение и даже пересечение кривых распределения $Fe_{ам}$ и $Fe_{окр}$. В нижних горизонтах значения показателей становятся ближе, далее количество $Fe_{ам}$ резко уменьшается, а $Fe_{окр}$ увеличивается. Такое поведение С.В. Зонн (1976, 1982) объясняет растворени-

ем остаточных (в сланцах) железистых пленок, а также некоторым накоплением железа в результате внутрисочвенного выветривания.

В качестве самостоятельного показателя степени выветрелости почвенной массы использовали отношение силикатного железа к несиликатному. Чем меньше величины отношения $Fe_{сл}/Fe_{несл}$, тем выше степень выраженности процессов выветривания. В почвах подгольцового пояса (разр. 27–29) на склоне южной экспозиции в большей степени проявляются процессы почвообразования, чем выветривания (рис. 3). В буроземах на западном склоне горы Северный Басег почвообразование выражено сильнее, чем в почвах на восточном склоне. В почвах, формирующихся на высоте более 650 м над ур. м., активней проявляются процессы выветривания.

Анализ критерия Швертманна (K_{III}), представляющего собой относительную долю содержания $Fe_{ам}$ от $Fe_{нес}$, дает представление о степени старения и кристаллизации свободных оксидов и гидроксидов железа. Коэффициент K_{III} растет по мере увеличения степени гидроморфизма почв (Samofalova et al., 2012, Schwertmann, 1988). Чувствительность критерия Швертманна к переувлажнению почв в литературе объясняют по-разному.

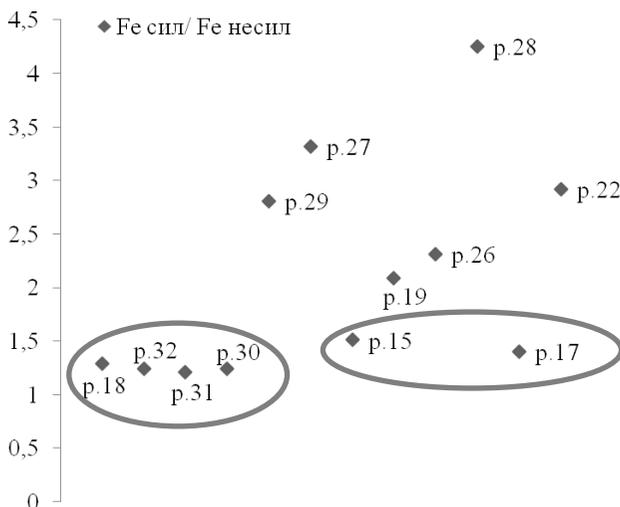


Рис. 3. Степень проявления выветривания в горных почвах (р. 17 – разр. 17).

Швертманн не рассматривает данное отношение как критерий гидроморфизма, так как оно отражает степень оглеения не во всех условиях переувлажнения (Schwertmann, 1988). Установлено (Водяницкий, Шоба, 2014, Ковалев, Ковалева, 2012, Ковалев, Сарычева, 2007, Schwertmann, 1988), что критерий Швертманна позволяет адекватно диагностировать степень избыточного гидроморфизма только в почвах поверхностного типа увлажнения. Горные территории отличаются промывным водным режимом. В исследуемых горных почвах заповедника “Басеги” $K_{III} < 1$ (что также может указывать на аддитивность вытяжек). Кроме того, существует мнение, что очень низкие значения K_{III} (0.00–0.06) характеризуют унаследованный глей (Водяницкий, Шоба, 2014). Такие низкие значения встречаются в разр. 31 в гор. EL (0.05), который имеет сероватую окраску без видимых признаков переувлажнения.

Установлено, что почвы по K_{III} группируются по их положению в пространстве и экспозиции склона следующим образом (рис. 4). Для почв, формирующихся на высоте около 700 м над ур. м. и выше (разр. 18, 30, 32), K_{III} наибольший, что указывает на гидроморфизм в суровых условиях горных ландшафтов. В меньшей степени испытывают гидроморфизм почвы (разр. 28, 29), формирующиеся на высоте 600–700 м над ур. м., где сильнее всего, видимо,

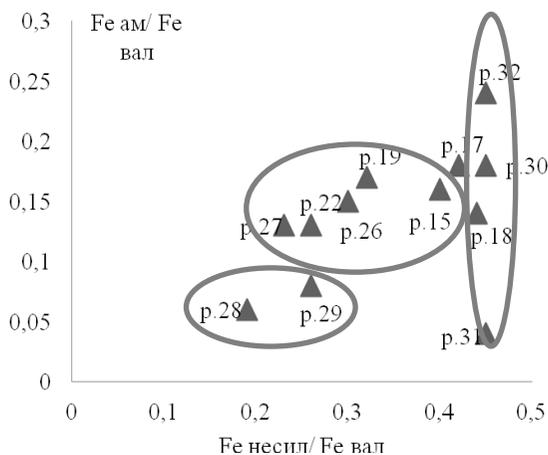


Рис. 4. Группировка почв в пространстве по критерию Швертманна ($Fe_{ам}/Fe_{нс}$).

выражен внутрипочвенный боковой сток, так как это более крутые участки склонов горы Северный Басег. На высоте менее 600 м в почвах (разр. 17, 15, 19, 24, 27) вновь несколько повышается степень проявления гидроморфизма за счет более мощной лесной подстилки в пихтово-еловых лесах горно-лесного пояса. Результаты группового состава соединений железа позволили уточнить полевую диагностику почв. Сложным было определение классификационного названия почвы в гольцовом поясе (разр. 18). Считается, что в этом поясе на Среднем Урале в суровых условиях развиваются примитивные слаборазвитые почвы (петроземы, сухоторфяно-литоземы), представляющие собой гумусово-слаборазвитый и сухоторфяно-подстилочный горизонты, залегающие на подстилающей породе. Действительно, на высоте 950 м обнаружили почвенный профиль мощностью 41 см. Кроме того, отчетливо выделяются по морфологическим признакам генетические гор. ТЖ, ВН и ВФ. Анализ группового состава соединений железа подтвердил отсутствие оглинивания (характерное для буроземов) и элювиально-иллювиального (характерного для почв подзолистого типа) перераспределения соединений железа. На этой высоте наиболее типичны криогенная коагуляция продуктов выветривания, трещинообразование и вымораживание щебня, что также, вероятно, способствовало образованию гор. ВН и ВФ. Наличие этих горизонтов указывает на альфегумусовое иллювиирование профиля по железу, что характерно для подбуров (Таргульян, 1971). Таким образом, впервые для гольцового пояса в условиях горной тундры на западном макросклоне Среднего Урала нами были диагностированы сухоторфяно-подбуры, в конкретном случае – подтип охристый ТЖ–ВН–ВФан–СЛМ.

Дискуссионным было определение классификационного положения почвы (разр. 31, 755 м над ур. м.) в субальпийском поясе под березовым криволесьем чернично-луговиковым. Считается, что для данного пояса характерны горно-луговые (Классификация..., 1977) (или органо-аккумулятивные и литоземы (Классификация..., 2004)) почвы. В данном случае была обнаружена маломощная (22 см) почва с отчетливо выраженным серовато-белесым горизонтом, залегающим под темногумусовым, что напоминает профиль горно-подзолистой почвы. Наличие осветленного горизонта не позволяет классифицировать почву как органо-

аккумулятивную (Классификация..., 2004), в связи с чем, изначально, относили ее к литоземам, но это также оставалось спорным вопросом. Так, по мощности профиля и экологическим условиям формирования, данную почву можно диагностировать как литозем, а по строению профиля – нет. Данные группового состава соединений железа в почве показали отсутствие выраженной элювиально-иллювиальной дифференциации профиля и помогли диагностировать редокс-альфегумусовую дифференциацию, в результате которой оксиды железа переходят в подвижную форму, мигрируют и частично аккумулируются на окислительном барьере (Тонконогов и др., 2006). Хомогенное внутрипрофильное перераспределение железа возможно за счет сезонного поверхностного переувлажнения, которое создается за счет террасирования склона, макрорельефа и наличия курумников. Субальпийские луга частично примыкают к каменным россыпям, выполняющих роль своеобразных, водосборных полей, аккумулирующих дождевую влагу, а в сухое время влагу, конденсирующуюся из водяных паров. Сопоставляя данные по содержанию форм железа, экологические условия формирования, морфологические признаки горизонтов в разр. 31, осветленный горизонт диагностировали как элювиальный (EL), а не подзолистый (E), а почву соответственно отнесли к отделу – элювиальные, типу – дерново-элювозем, подтипу – ожелезненный. В связи с маломощным профилем, полное название почвы – лито-дерново-элювозем ожелезненный (O-au-EL-CLMf).

Проведенные исследования по содержанию и формам соединений железа в почвах подтверждают полевою диагностику и подтиповую принадлежность почв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полевая диагностика почв горных территорий не позволяет четко определить их генезис и классификационное положение, вследствие сходства некоторых морфологических признаков почв. Групповой состав соединений железа в этом случае дает дополнительную информацию о доминирующих почвообразовательных процессах и позволяет более четко диагностировать почвы в соответствии с современными подходами классификации почв.

Групповой состав соединений железа в горных почвах на Среднем Урале диагностирует преобладание и нарастание с глубиной окристаллизованных форм железа и уменьшением аморфных его форм (буроземообразование); биологическое закрепление железа, оксидогенез; оглеение, альфегумусовое иллювиирование; редокс-альфегумусовую дифференциацию, что нашло отражение в названии типов и подтипов исследуемых почв. Признаков оподзоливания в почвах не выявлено, так как отсутствует ярко выраженное обеднение верхней части профиля свободными соединениями железа.

Изменение условий почвообразования сопровождается перераспределением и сменой соотношений различных форм железа в профилях почв. Характер профильного распределения разных форм железа диагностирует соотношение процессов почвообразования и физического выветривания.

В условиях горных стран соотношение рассмотренных групп соединений железа отражает зависимость изменений их содержания от вертикально-высотных поясов, экспозиции склонов, высоты местности. Уменьшение силикатности и увеличение количества свободных форм соединений железа происходит с повышением абсолютной высоты местности и сменой растительности.

Классификационные названия подтипов почв даны в соответствии с диагностикой по групповому составу соединений железа: иллювиально-гумусовые, глинисто-иллювиальные, ожелезненные, метаморфизированные, элювиированные. Таким образом, анализ группового состава соединений железа позволил дополнить полевую диагностику почв и определить их генетические названия в соответствии с классификацией почв России (2004).

Благодарность. Коллектив авторов искренне благодарит д.с-х.н. Н.Б. Хитрова и д.б.н. Н.О. Ковалеву за ценные советы, данные ими при обсуждении материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Айсина Н.Р., Абакумов Е.В., Гагарина Э.И.* Буроземы горной части Жигулевского заповедника. // Самарская Лука. Бюллетень. 2008. Т. 17. № 1 (23). С. 55–70.
2. *Барри Абдулай.* Сравнительная географо-генетическая характеристика буроземов Кавказа и Тянь-Шаня: Автореф. ... к. б.н. М., 1979. 22 с.

3. Белоусова Н.И. Оксалаторастворимые соединения Al, Fe и Si в почвах холодных гумидных областей как функция выветривания // Почвоведение. 2006. № 1. С. 7–18.
4. Богатырев К.П. Дерновые горно-лесные почвы, как особая географическая форма высокогорного почвообразования // Почвоведение. 1947. № 12. С. 704–714.
5. Богатырев К.П., Ногина Н.А. Почвы горного Урала // Тр. Почв. ин-та АН СССР. 1962. С. 5–48.
6. Борисова И.Г. Природные особенности горнотаежных ландшафтов Верхнего Приамурья // География и природные ресурсы. 2012. № 4. С. 126–136.
7. Васильев А.А., Романова А.В., Гилев В.Ю. Цвет и гидроморфизм почв Пермского края // Пермский аграрный вестник. 2014. № 1 (5). С. 28–38.
8. Васильев С.В. Трансформация соединений железа в процессах почвообразования: Автореф. дис. ... к. б. н. М., 1989. 16 с.
9. Владыченский А.С., Ковалева Н.О., Косарева Ю.М., Иванов В.В. Минералогия и валовой состав почв троговых долин Хибинского горного массива // Роль почв в биосфере. Тр. Ин-та экологического почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. 2006. Вып. 7. С. 134–151.
10. Водяницкий Ю.Н. Действие дитионитсодержащих реактивов на минералы в почвах // Почвоведение. 2002а. № 5. С. 552–563.
11. Водяницкий Ю.Н. Образование оксидов железа в почве. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1992. 273 с.
12. Водяницкий Ю.Н. Соединения железа и их роль в охране почв // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 2010. 282 с.
13. Водяницкий Ю.Н. Химия и минералогия почвенного железа. М.: Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2002б. 236 с.
14. Водяницкий Ю.Н., Шишов Л.Л. Изучение некоторых почвенных процессы по цвету почв. М.: Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2004. 84 с.
15. Водяницкий Ю.Н., Шоба С.А. Биогеохимия железа в переувлажненных почвах (аналитический обзор) // Почвоведение. 2013. № 9. С. 1047–1059.
16. Водяницкий Ю.Н., Шоба С.А. Дискуссионные вопросы интерпретации результатов химической экстракции соединений железа из почв // Почвоведение. 2014. № 6. С. 697–704.
17. Градусов Б.П. Структурно-минералогические аспекты процессов почвообразования и литогенеза в гумидных областях бореального и субтропическо-тропического поясов // Почвоведение. 2005. № 10. С. 1174–1182.
18. Двуреченский В.Г. Географо-генетическая характеристика форм железа в эмбриоземах Кузбасса: Автореф. дис. ... к. б. н. Новосибирск, 2011. 19 с.

19. *Двуреченский В.Г.* Использование показателей группового состава железа для генетической диагностики процессов почвообразования в эмбриоземах техногенных ландшафтов Кузбасса // Почвоведение и агрохимия. 2010а. № 2. С. 12–22.
20. *Двуреченский В.Г.* Использование показателей группового состава железа для генетической диагностики процессов почвообразования в техногенных ландшафтов // Сб. мат-лов Всерос. науч. конф. “Современные почвенные классификации и проблемы их региональной адаптации”. Владивосток, 2010б. С. 177–181.
21. *Дедков В.С., Павлова Т.С.* структура почвенного покрова как основа почвенного районирования западных предгорий Среднего Урала // Серые лесные почвы Предуралья и их рациональное использование. Свердловск, 1982. С. 40–57.
22. *Дымов А.А., Жангуров Е.В.* Морфолого-генетические особенности почв Кряжа Енганэпэ (Полярный Урал) // Почвоведение. 2011. № 5. С. 515–524.
23. *Зонн С.В.* Железо в почвах. М.: Наука, 1982. 208 с.
24. *Зонн С.В., Ерошкина А.Н., Карманова Л.А.* О группах и формах железа как показателя генетических различий почв // Почвоведение. 1976. № 10. С. 145–158.
25. *Зонн С.В., Рукака С.В.* Методы определения несиликатных форм железа в почвах // Почвоведение. 1978. № 2. С. 89–101.
26. *Иванова Е.Н.* Горно-лесные почвы Среднего Урала // Тр. Почв. ин-та АН СССР, 1949. Т. 30. С. 168–193.
27. *Иванова Е.Н.* Почвы Урала // Почвоведение. 1947. № 4. С. 213–227.
28. *Ильина Л.С., Кринари Г.А., Карпачевский Л.О., Морозов В.П.* Аэральный привнос минеральных веществ в лесные почвы Сихотэ-Алиня // Почвоведение. 1993. № 3. С. 5–14.
29. *Карманова Л.А.* Общие закономерности соотношения и распределения форм железа в основных генетических типах почв // Почвоведение. 1978. № 7. С. 49–62.
30. *Карпачевский Л.О.* Почвообразование в горах Сихотэ-Алиня. М.: ГЕОС, 2012. 138 с.
31. *Карпачевский М.Л., Шевченко Е.М.* Соотношение литогенных и ценогенетических факторов при формировании бурых лесных почв Среднего Урала // Почвоведение. 1997. № 1. С. 22–30.
32. *Кириченко А.В.* Минералогический и химический состав гранулометрических фракций красноземов Западной Грузии: Автореф. дис. ... к. б. н. М., 1985. 24 с.
33. *Кисилева Ю.А.* Особенности формирования почв полесий на примере заповедника “Брянский лес” (вновь к вопросу о буроземно- и подзолооб-

- разовании) // Роль почв в биосфере: Тр. Ин-та экологического почвоведения МГУ. 2002. Вып. 1. С. 78–94.
34. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
35. Классификация и диагностика почв СССР АЗР. М.: Колос, 1977. 223 с.
36. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Железо в агросерых почвах Брянского ополья // Роль почв в биосфере: Тр. Ин-та экологического почвоведения МГУ. 2012. Вып. 12. С. 78–94.
37. Ковалев И.В., Сарычева И.В. Соединения железа в серых гидроморфных почвах // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17, Почвоведение. 2007. №2 С. 30–36.
38. Козлова А.А., Халбаев В.Л. и др. Содержание различных форм железа в почвах южного Предбайкалья // Междуназар. журн. прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 5. С. 56–61. www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show_article&article_id=5336 (дата обращения 29.09.2014).
39. Кортаев Н.Я. Почвы Пермской области. Пермь, 1962. С. 247–268.
40. Кузьмин В.А., Чернегова Л.Г. Содержание и соотношение форм железа в автоморфных почвах Станового нагорья // Почвоведение. 1978. № 11. С. 5–12.
41. Кузьмин С.Б., Шаманова С.И., Казановский С.Г. Определение высотной поясности Западного Прибайкалья на основе анализа рельефа и дендрофлоры // География и природные ресурсы. 2012. № 4. С. 137–149.
42. Матинян Н.Н., Точельников Ю.С., Хитров Н.Б. Формы железа и алюминия во временно переувлажненных почвах таежной зоны // Почвоведение. 1980. №7 С. 58–65.
43. Маунг Вин Хтин. Формы железа и их значение для диагностики почв Бирмы: Автореф. дис. ... к. с.-х. н. М., 1970. 23 с.
44. Михайлова Р.П. Бурые грубогумусные ненасыщенные почвы Урала // Тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 1977. С. 87–142.
45. Михайлова Р.П. Бурые грубогумусные почвы средней тайги Урала (свойства, генезис, классификационное положение): Автореф. дис. ... к. с.-х. н. М., 1975. 41 с.
46. Михайлова Р.П. Микроморфологические и химические особенности бурых грубогумусных почв центрально-горной полосы Среднего Урала // Почвоведение. 1976. № 6. С. 10–15.
47. Молчанов Э.Н. Горно-луговые почвы высокогорий Западного Кавказа // Почвоведение. 2010. № 12. С. 1433–1448.
48. Мурашкина М.А., Копцик Г.Н., Саузард Р.Дж., Чижикова Н.П. Соединения железа, алюминия, кремния и марганца в почвах лесных экосистем таежной зоны // Почвоведение. 2004. № 1. С. 40–49.

49. *Недбаев Н.П.* Влияние подкисления на состояние алюминия, железа и марганца в почвах лесных биогеоценозов: Автореф. дис. ... к. б. н. М., 1995. 25 с.
50. *Ногина Н.А.* Влияние пород на подзолообразование в горной части Среднего Урала // Тр. Почв. ин-та АН СССР. 1948. Т. 28. С. 124–190.
51. *Орлов Д.С., Садовникова Л.К.* Химия почв. М.: Высш. шк., 2005. 558 с.
52. *Осипов С.В., Шляхов С.А.* Почвы горных таежных и гольцовых ландшафтов в верховьях реки Буреи (Дальний Восток) // География и природные ресурсы. 2012. № 4. С. 180–183.
53. *Розанов Б.Г.* Морфология почв. М.: Академический проспект, 2004. 432 с.
54. *Самофалова И.А., Лузянина О.А.* Почвы заповедника “Басеги” и их классификация // Пермский аграрный вестник. 2014. № 1(5). С. 50–60.
55. *Самофалова И.А., Лузянина О.А.* Формы кислотности почв на западном макросклоне Среднего Урала (заповедник “Басеги”) // ” Междун. науч.-практ. конф. “Актуальные проблемы науки и агропромышленного комплекса в процессе европейской интеграции”. Пермь, 2013. С. 251–257.
56. *Самофалова И.А., Лузянина О.А.* Эколого-генетическая характеристика почв горно-лесного пояса на Среднем Урале // Изв. Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15. № 3(4). С. 1426–1431.
57. *Самофалова И.А., Лузянина О.А., Кулькова Л.В., Маулина Е.РАЗР.* Диагностика почв горно-лесного пояса на Среднем Урале (на примере хребта Басеги) // Сб. мат-лов Междунар. науч. конф. “Почвы Азербайджана: генезис, география, мелиорация, рациональное использование и экология”. Баку, 2012. Т. XII. Ч. 2. С. 970–979.
58. *Семиколенных А.А., Бовкунов А.Д., Алейников А.А.* Почвы и почвенный покров таежного пояса Северного Урала (верховья реки Печора) // Почвоведение. 2013. № 8. С. 911–923.
59. *Сымпилова Д.П., Гынинова А.Б.* Почвы подтаежных ландшафтов отрогов хребта Цаган-Дбан Селенгинского среднегорья // Почвоведение. 2013. № 3. С. 270–276.
60. *Таргульян В.О.* Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 268 с.
61. *Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И.* Основные горизонто- и профилеобразующие процессы в почвах России // Почвообразовательные процессы. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2006. С. 13–38.
62. *Тоцкая В.С., Гончарова Л.Ю.* Бурые лесные почвы республики Адыгея и их современное состояние // Мат-лы Всерос. молодежной науч. конф. Томск, 2012. С. 469–476.
63. *Урушадзе Т.Ф.* О некоторых аспектах почвообразования в горных регионах // Почвоведение. 1979. № 1. С. 131–143.

64. *Фирсова В.П.* Бурые горно-лесные почвы Урала // Почвоведение. 1991. № 4 С. 47–58.
65. *Фирсова В.П., Горячева Т.А., Прокопович Е.В.* Сравнительная характеристика свойств горных почв Среднего Урала // Почвоведение. 1963. № 5 С. 16–25.
66. *Фокин А.Д.* Роль растений в перераспределении веществ по почвенному профилю // Почвоведение. 1999. № 1. С. 125–133.
67. *Черняховский А.Г.* Некоторые вопросы физического и физико-химического выветривания горных пород // Кора выветривания. М.: Наука, 1968. Вып. 10.
68. *Шоба С.А., Ковалева Н.О., Самофалова И.А., Лузянина О.А.* Особенности пространственной дифференциации почв заповедника “Басеги” (Средний Урал) // Роль почв в биосфере: Тр. Ин-та экологического почвоведения МГУ. 2014. Вып. 14. С. 5–17.
69. *Blume H.R., Shvertman U.* Genetic evaluation of profile distribution of aluminium, iron and manganese oxides // Soil Sci. Soc. Am. Proceedings. 1969. V. 33. № 3. P. 438–444.
70. *Bodegom P.M., Reeve J., Gon H.A.C.D.* Prediction reducible soil iron content from iron extraction data // Biogeochemistry. 2003. V. 64. P. 231–245.
71. Soil Survey Laboratory Methods Manual // Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 4.0. Lincoln, USA, 2004. Natural Resources Conservation Service. 735p.
72. *Mehra J.P., Jackson M.L.* Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate systems buffered with sodium bicarbonate // Clays Clay Miner. 1960. V. 7. P. 317–327.
73. *Samofalova I., Luzyanina O., Maulina E., Kulkova L.* Features soil mountain-taiga zone the middle urals // Igdır University J. Institute Science Technology. 2012. P. 93–100.
74. *Schwertmann U.* Occurrence and formation of iron oxides in various pedoenviroment // Iron in soil and clay minerals. Dordrecht: Rediel, 1988. P. 267–308.
75. *Shvertman U., Fitzpatrick R.W.* Iron Minerals in Surface Environments // Biomineralization processes of iron and manganese: modern and ancient environments. Fitzpatrick Gremlingen–Destedt: Catena-Verlag, 1992. 432 p.
76. *Sposito G.* The surface chemistry of soils. Oxford University Press, 1984. 234 p.
77. *Van Reeuwijk L.P.* Procedures for soil analysis. Technical Report 9. Wageningen, Netherlands, 2006.

THE USE OF GROUP COMPOSITION OF IRON COMPOUNDS FOR DIAGNOSTICS OF MOUNTAIN SOILS IN THE MIDDLE URALS

I. A. Samophalova¹, O. B. Rogova², O. A. Luzyanina¹

¹*Perm State Agricultural Academy, 614990, Perm, Petropavlovskaya St., 23*

²*V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, 119017, Moscow, Pyzhevskii, 7*

The content and the ratio between the iron forms have been thoroughly studied in mountain soils of the Middle Urals (Northern Baseg). Under consideration are the ratio of iron forms and distribution types of iron compounds along the soil profile. It has been established that in the major soil profiles studied within the mountain-forest belt under the thin forest the content of iron silicate forms in the fine earth is higher by 2 times as compared to non-silicate ones. In soils developed within the mountain-tundra belt under the small mountain forest the above ratio of iron forms seems to be narrow to a considerable extent. The group composition of iron compounds in soils of the studied territory reflects the dependence of changes in their content on the vertical zonality, slope exposition and elevation. The profile distribution pattern and the ratio between the iron forms serve as evidence of physical weathering and such a soil-forming process as the burozem formation; the features of podzolization haven't been identified. The diagnostics of mountain soils and the definition of their subtypes are given according to the group composition of iron compounds including illuvial-humus, ferruginous, metamorphized and eluviated ones. The dry peat podpurs with the ochric subtype (TJ-BH-BFan-CLM) and the ferruginous lithosoddy eluvizem (O-ay-EL-CLMf) have been diagnosed for the first time under conditions of mountain tundra on western macroslope of the Middle Urals.

Keywords: mountain soils, diagnostics, form of iron compounds, soil classification.