

Ондар Е.Э.¹, Дергачева М.И.^{2,3}, Бажина Н.Л.², Очур К.О.²

¹ Тувинский государственный университет, г. Кызыл

² Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск,

³ Томский государственный университет, г. Томск

E-mail: mid555@yandex.ru

ГУМУС ГОРНО-ТАЕЖНЫХ ДЕРНОВЫХ ПОЧВ ТОДЖИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ТУВЫ)

Обсуждаются состав гумуса, особенности строения гумусовых профилей и специфика элементного состава гуминовых кислот горно-таежных дерновых почв ключевого участка «Азас» (северо-восточная часть Тувы). Согласно классификации WRB 2014 эти почвы относятся к Umbric Gleysols Dyst. Разрезы почв расположены на разных позициях сложной катены, которые различаются по относительной высоте, экспозиции и крутизне склонов. Растительный покров представлен светлосвойным лесом подтаежного характера с богатым травянистым покровом. Нижние горизонты профилей почв имеют низкими температурами. Анализ материалов изучения гумуса почв показал, что особенностями его состава являются повышенные величины Сгк:Сфк, а также более высокая растворимость (гидролизуемость) гумусовых веществ и доля гуматов кальция в них. Это отличает изученные нами почвы от аналогов, расположенных на территории Европейской части России. Характеристики гумусовых профилей зависят как от экспозиции склона, на котором почва сформирована, так и от положения почв по катене, но в целом тип гумусового профиля является характерным для почв лесного ряда. Специфика состава и соотношения элементов в гуминовых кислотах горно-таежных дерновых почв исследуемого ключевого участка заключается в низкой насыщенности гуминовых кислот азотом, высокой долей углерода и относительно низких величинах Н/С. Положение в рельефе оказывает незначительное влияние на элементный состав гуминовых кислот изученных почв: соотношение элементов имеет изменение по склону только в виде тенденции. Но влияние на элементный состав гуминовых кислот оказывает история их формирования, которая включала степной этап развития почв. До сих пор в районах, близлежащих к ключевому участку «Азас», локально распространены степи. Количественные показатели соотношения компонентов в гумусе почв и соотношения элементов в гуминовых кислотах свидетельствуют о влиянии на них локальных особенностей экологических условий, связанных с историей экосистем и склоновым экзогенезом.

Ключевые слова: почвы, гумус, соотношение гумусовых веществ, гумусовые профили, гуминовые кислоты, элементный состав, северо-восточная часть Тувы.

Гумус – продукт органо-минеральных взаимодействий в почвах – является компонентом, который участвует в реализации почвами основных биосферных функций, обуславливая устойчивость экосистем. Гумус содержит ценную информацию, необходимую при решении проблем, связанных с сохранением, восстановлением и повышением плодородия почв, рекультивацией нарушенных антропогенным воздействием земель, а также при изучении эволюции почв, при реконструкции типов и условий древнего педогенеза, палеоэкологических условий обитания древнего человека и многих других.

Систематическое изучение гумуса почв Тувы началось сравнительно недавно, большинство сведений опубликовано в материалах конференций разного уровня, но есть несколько обобщающих работ, в которых дается характеристика состава гумуса, а также состава и свойств гуминовых кислот почв Тувы разных экологических условий формирования [1], [2], [9], [10], [12], [15]. Территория Тувы отличается сложной историей развития, большим разноо-

бразием условий формирования почв, их генетических особенностей, состава и свойств. Не все почвы в отношении специфики их органической составляющей изучены в равной мере. Среди слабо освещенных в литературе находятся горно-таежные дерновые почвы, состав и свойства гумусовых веществ которых, а также их внутривертикальное изменение не ложатся в рамки общепринятых закономерностей, характеризующих биоклиматическую обстановку формирования этих своеобразных почв.

В связи с этим, было проведено настоящее исследование, цель которого заключалась в выявлении особенностей гумуса горно-таежных дерновых почв Тоджинской котловины (северо-восток Тувы) на разных уровнях его организации: от гумусового профиля до макромолекулы гуминовой кислоты.

Объект и методы исследования

Район исследования расположен в северо-восточной части Тувы занятой таежным нагорьем (рис. 1). Он ограничен на севере Запад-

ным и Восточным Саяном, на юге – хребтами Таскыл и Обручева. На этой территории горно-таежные дерновые почвы имеют широкое распространение.

Разрезы, вскрывающие горно-таежные дерновые почвы изучались на ключевом участке «Азас», расположенном на мысе Кызыл-Хая северо-западного побережья оз. Азас на территории государственного заповедника «Азас» в пределах Тоджинского лугово-таежного котловинного округа Восточносаянско-прихубсугульской котловинно-горной провинции таёжно-лесной зоны [8].

Для исследований были заложены полно-профильные почвенные разрезы (№ 114, 119, 120, 123, 126) и прикопки, вскрывающие горизонт А. Абсолютная высота участка 940–1100 м над уровнем моря. Рельеф – грядово-увалистый. Растительный покров представлен светлохвойным лесом (лиственница, береза, осина) подтаёжного характера с богатым травянистым покровом. На склоне северо-западной экспозиции среди основных древесных пород дополнительно встречается ель. Почва в нижних горизонтах профиля имеет пониженные температуры. Полнопрофильные разрезы расположены на разных позициях геоморфологического профиля и их местоположения различаются по относительной высоте, экспозиции и крутизне склонов (рис. 2).

Горно-таежные дерновые почвы широко распространены на территории северо-восточной части Тувы под светлой лиственничной тайгой. В морфологическом облике этих почв выделяются следующие горизонты, различающиеся в основном по их мощности: Ad – лесная подстилка из полуразложившейся

хвои, мха, листьев и неразложившегося опада мощностью не более 2–5(8) см; А – гумусовый горизонт темно-серого цвета, комковато-зернистой структуры, рыхлого сложения, легкосуглинистый, пронизанный корнями, мощностью 10–15 см; В1 – иллювиальный горизонт, свежий, бурый с красноватым оттенком (от подстилающей почвообразующей породы), лёгкий суглинок, плотноватого сложения, имеется большое скопление корней, граница четкая по окраске, мощность 9–15 см (и более в разрезе Ак-позиции); В2 – иллювиальный горизонт мощностью от 15 до 30 см, влажный, свежий, красновато-коричневато-серый, лёгкий суглинок, плотноватого сложения, имеются большие древесные корни; С – холодный, влажный, красновато-коричневый, пылевато-супесчаный, начиная с 65 см содержит большое количество крупного и среднего щебня, гальки и хряща.

Горно-таежные дерновые почвы по классификации WRB 2014 определяются как Umbric Gleysols Dyst [16].

Отбор почвенных образцов проводили подробно послойно каждые 5–10 см (или менее) в границах морфологически выделяемых горизонтов. В работе применялись общепринятые методы полевых исследований и лабораторных определений состава и свойств почв [3]. Общее содержание гумуса и его состав изучался по прописи Пономарёвой-Плотниковой 1968 года [13].

Препараты гуминовых кислот выделялись по общепринятой схеме [11], модификацией в звене очистки [7]. Для их обеззоливания не использовались 6 н HCl и HCl+HF, поскольку кислотный гидролиз нивелирует особенности состава и свойств ГК [14]. Элементный состав

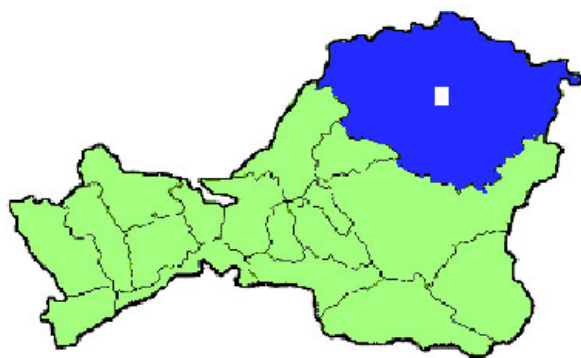


Рисунок 1. Картосхема расположения района исследования и ключевого участка «Азас»

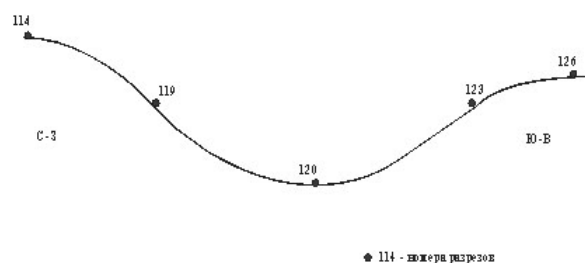


Рисунок 2. Расположение разрезов по сложной катене ключевого участка «Азас»

анализировался по Преглю и дублировался на автоматическом анализаторе Karla Erbe в Институте органической химии СО РАН под руководством д.х.н. В.П. Фадеевой.

При интерпретации полученных материалов использовали сравнительно-экологический и педогумусовый методы [5, 6].

При статистической обработке данных применялись методы прикладной статистики с использованием пакета Statistica.

Построение гумусовых профилей почв было проведено с использованием компьютерной программы Origin Graph, согласно ранее разработанным правилам [4].

Результаты и их обсуждение

В горно-таежных дерновых почвах высокое содержание общего органического углерода (до 5–11%) характерно только для самой верхней органогенной части профиля (табл. 1). В горизонте А оно колеблется в пределах 1,5–4,2 %, составляя в среднем $2,80 \pm 0,99$.

В составе гумуса, как правило, преобладают фульвокислоты (ФК) и отношение Сгк:Сфк колеблется в пределах 0,59–0,99. В отдельных случаях преобладают гуминовые кислоты (ГК) и величина Сгк:Сфк достигает 1,05–1,15.

Это различие связано с положением почв на склонах разной экспозиции. В среднем величина Сгк:Сфк составляет $0,82 \pm 0,16$.

Несмотря на гуматно-фульватный тип гумуса, что характерно для почв таежных условий почвообразования, среди гуминовых кислот более, чем в 60 % случаев преобладают гуматы кальция, в остальных – гуминовые кислоты фракции 3 (связанные относительно прочными связями с глинными минералами). Гуминовые кислоты этой фракции в 70% случаев преобладают над содержанием бурых ГК (фр. 1) или находятся в равных количествах, и только в очень редких случаях доля бурых гуминовых кислот оказывается выше. Доля черных гуминовых кислот (фр. 2) в этом компоненте гумуса колеблется чаще всего в пределах 23–47%, хотя может достигать и более 70% от суммы ГК.

Такое соотношение фракций не характерно для гумуса почв таежных условий формирования Европейской территории России (ЕТР), в которых преобладают бурые гуминовые кислоты (фр. 1), а гуматы кальция, если и присут-

ствуют в составе гумуса, то в очень небольших количествах [Орлов и др. 1996].

Изученные таежные дерновые почвы Тувы отличаются также более высокими величинами Сгк:Сфк, более высоким содержанием растворимых компонентов гумуса, и, как правило, более высокой долей ГК фракции 3.

Для получения информации о стадиях и фазах развития за период формирования горно-таежных дерновых почв исследуемого ключевого участка, были изучены их гумусовые профили. Почвы, расположенные на разных позициях катены, различаются некоторыми характеристиками гумусовых профилей.

Так, гумусовый профиль почвы, расположенной на юго-восточном склоне и приуроченной к Эль-позиции катены (р. 126) характеризуется тем, что гуминовые кислоты в целом имеют убывающий характер изменения по профилю: количество их составляет до глубины 35 см 22–24 %, а далее вниз по профилю снижается до 7,5–8,0 % (рис. 3, А, б). Внутрипрофильное распределение фульвокислот имеет колебательный характер (рис. 3, А, в). Количественные колебания ФК обусловили наличие на глубине 15–24 см слоя с относительно более высокой гуматностью по отношению выше и ниже лежащих слоев почвенного профиля (рис. 3, А, и).

Распределение свободных подвижных ФК (рис. 3, А, з) имеет типичный для таежных почв характер: увеличивающееся их количество с глубиной. Доля ГК, выделяемых только после декальцирования почв (рис. 3, А, е), в верхней части профиля составляет 10–16% (что не характерно для гумусообразования в условиях тайги), в нижней – 0,1–2,1 % (что соответствует уровню, наблюдаемому в почвах лесных условий формирования). Состав гумуса имеет гуматно-фульватный характер в верхней 25-см толще и фульватный – в нижней части профиля (рис. 3, А, и).

Почва, вскрытая разрезом 123 (рис. 3 Б) и расположенная в Транс-позиции на этом же склоне отличается от предыдущей, прежде всего, более низким содержанием общего органического углерода (рис. 3, Б, а). Изменение величины Сгк:Сфк с глубиной имеет колебательный характер, что обусловливается флуктуациями количества гуминовых кислот и фульвокислот внутри профиля (рис. 3, Б, б, в, и).

Что касается отдельных фракций гуминовых кислот и фульвокислот (рис. 3, Б, д–з), то обращает на себя внимание следующее: бурые ГК, уменьшаясь количественно книзу, обнаруживаются в профиле только до глубины 30 см; доля ГК, связанных с кальцием, во всем профиле (кроме самого верхнего слоя 0–6 см и самого нижнего почвенного образца) является преобладающей и составляет 11–18 %; распределение ФК фр. 1а имеет возрастающий с глубиной характер. Представляется, что причины

колебания основных характеристик гумусового профиля связаны с положением почв в Транспозиции и в увлажненных условиях (при достаточно высокой влажности климата) с возможным сносом почвенной массы по склону.

Гумусовый профиль почвы, расположенной в Ак-позиции (причем положение почвы является аккумулятивным по отношению к обеим рассматриваемым нами склонам), отличается также колебаниями основных характеристик (рис. 4).

Таблица 1. Состав гумуса органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов горно-таежных дерновых почв

Горизонт	Собщ, % к почве	ΣГК, % к Собщ	ГК I	ГК II	ГК III	Σфк, % к Собщ	ФК Ia % к Σфк	Сгк:Сфк
			% к ΣГК					
Разрез 114								
Ао	5,03	23,1	31,2	22,5	46,3	23,1	22,9	1,00
A1	2,88	23,6	17,8	38,1	44,1	28,9	18,3	0,82
Разрез 115								
A1	4,43	34,5	18,0	60,3	21,7	34,9	12,3	0,99
Разрез 116								
A1	1,79	19,8	11,1	79,8	9,1	33,1	22,0	0,60
Разрез 117								
A1	2,47	20,3	31,5	38,4	30,1	34,5	10,6	0,59
Разрез 118								
A1	1,54	27,6	13,4	78,6	8,0	39,3	20,9	0,84
Разрез 119								
Ао	11,06	17,4	37,3	23,6	39,1	16,1	9,9	1,07
A1	3,82	20,7	32,8	26,6	40,6	22,4	16,5	0,92
Разрез 129								
A1	1,69	27,7	23,5	45,1	31,4	40,0	27,2	0,69
Разрез 130								
A1	1,45	16,7	47,3	24,5	28,2	30,3	23,4	0,55
Разрез 120								
0-8	9,90	25,9	44,4	10,8	44,8	22,5	11,1	1,15
A1	4,92	24,5	31,4	10,6	58,0	28,1	18,9	0,88
Разрез 121								
A1	4,24	19,9	42,2	37,2	20,6	20,0	21,5	0,99
Разрез 122								
A1	2,80	36,5	25,7	38,4	35,9	34,6	17,6	1,05
Разрез 123								
Ао	6,79	22,4	49,5	12,1	38,4	28,8	10,1	0,78
A1	3,33	29,9	20,7	46,5	32,8	31,2	26,9	0,96
Разрез 124								
A1	1,78	22,6	8,9	71,2	19,9	24,4	30,3	1,33
Разрез 125								
A1	1,78	24,4	14,3	72,5	13,2	28,3	30,7	0,86
Разрез 126								
Ао	8,46	21,8	27,4	47,2	21,4	35,3	11,6	0,62
A1	3,94	23,3	21,0	60,9	18,1	38,1	17,8	0,61
Разрез 127								
A1	3,72	21,8	37,2	23,8	39,0	32,7	17,4	0,67
Разрез 128								
A1	2,53	25,3	17,0	55,7	27,3	25,7	32,7	0,99

Содержание общего органического углерода в почве, вскрытой разрезом 120, выше в целом, чем в предыдущей почве склона. На глубине 33–46 см в этом профиле наблюдается относительное повышение его количества. Распределение ГК имеет тенденцию к снижению с глубиной, хотя содержание отличается колебательным характером. Бурые гуминовые кислоты содержатся в повышенных (в 2–3 раза) количествах в верхней 25-см толще по сравнению с нижней (рис. 4, д). Повышенное содержание гуматов кальция выявляется только в нижней части профиля с глубины 18–24 см (рис. 4, е). Здесь их уровень накопления сопоставим с предыдущими разрезами. Соотношение ГК и ФК с глубиной колеблется, составляя то более 1,0, то менее. Гумус в большинстве горизонтов гуматно-фульватный, реже – фульватно-гуматный или фульватный (рис. 4, и).

Почвы, сформированные на противоположном склоне в Эль (р. 114) и Транс (р. 119)

позициях, имеют много общего с рассмотренными выше разрезами. На фоне общей тенденции сокращения количества гуминовых кислот и отдельных их фракций с глубиной наблюдаются колебания в их содержании. Но в почве разреза 114 расположенной в Эль-позиции, эти колебания приурочены к нижней части профиля, тогда как верхняя часть отличается постепенно уменьшающимся распределением гуминовых кислот (рис. 5, А). Колебания ФК выражены больше, чем ГК.

Маломощная почва склона (разрез 119) характеризуется также флуктуациями количественных показателей гумусового профиля (рис. 5, Б).

Более низкая доля гуминовых кислот, связанных с кальцием (фр. 2), отличает эти почвы от почв противоположного склона. В обеих почвах этого склона доля ГК фр. 2 не превышает 9,8 %, тогда как почвы юго-восточного склона содержат их в количестве более 10 %.

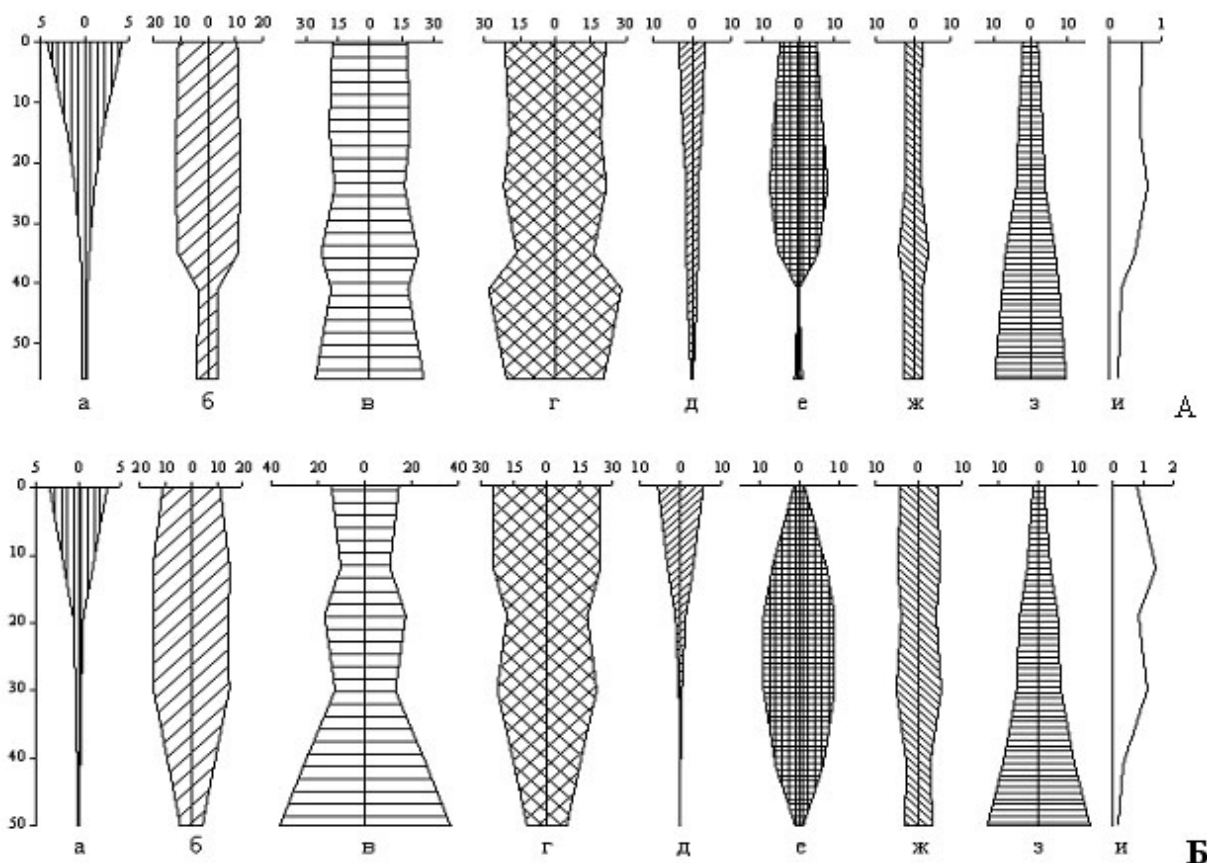


Рисунок 3. Гумусовые профили горно-таежной дерновой почвы, расположенных на юго-восточном склоне: разрез 126 в Эль-позиции (А), разрез 123 в транс-позиции (Б) Условные обозначения: а – содержание органического углерода, % к почве; Содержание углерода групп и фракций гумусовых веществ, % к общему углероду: б – гуминовые кислоты (ГК), в – фульвокислоты (ФК), г – негидролизуемые формы гумуса, д – ГК фракции 1, е – ГК фракции 2, ж – ГК фракции 3, з – ФК фракции 1а, и – Сгк:Сфк.

Почвы отличаются высоким содержанием гуминовых кислот фракции 3 и характерным для таежных условий распределением подвижной фракции фульвокислот (фр. 1а) (рис. 5, ж, з).

Сравнительный анализ гумусовых профилей ключевого участка «Азас» показывает, что склоны юго-восточной экспозиции были,

скорее всего, в прошлом остепнены. Судя по неоднородности гумусового профиля разреза 120 (Ак-позиция) вначале (при формировании нижней части профиля) эта почва испытывала влияние сноса со склона юго-восточной экспозиции, который был остепнен, а затем после облесения снос мелкозема был менее интенсивный и с обоих склонов, поскольку верхняя

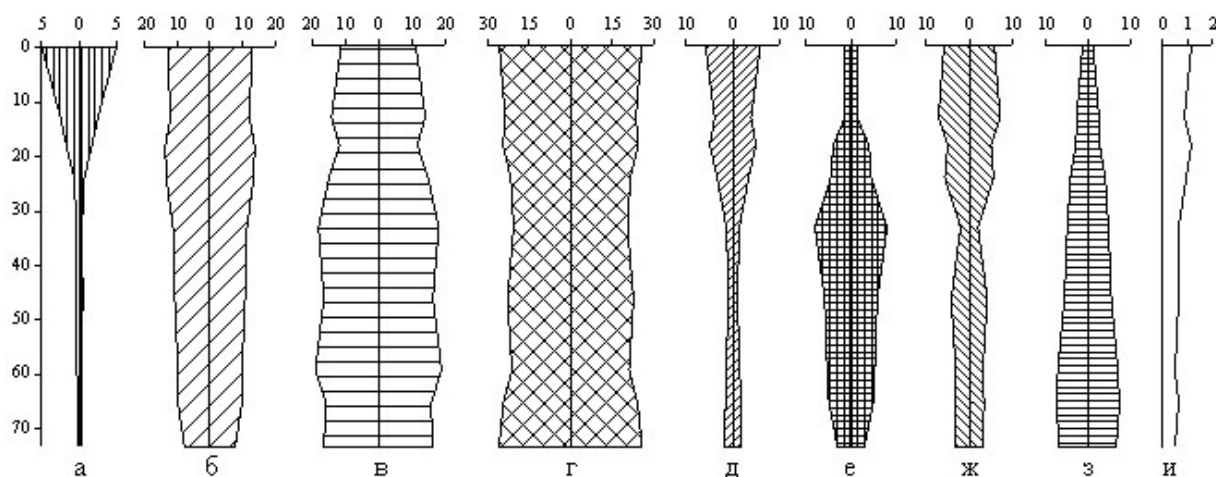


Рисунок 4. Гумусовый профиль горно-таежной дерновой почвы, расположенной в позиции Ак (разрез 120). Усл. обозн. см. рис. 3

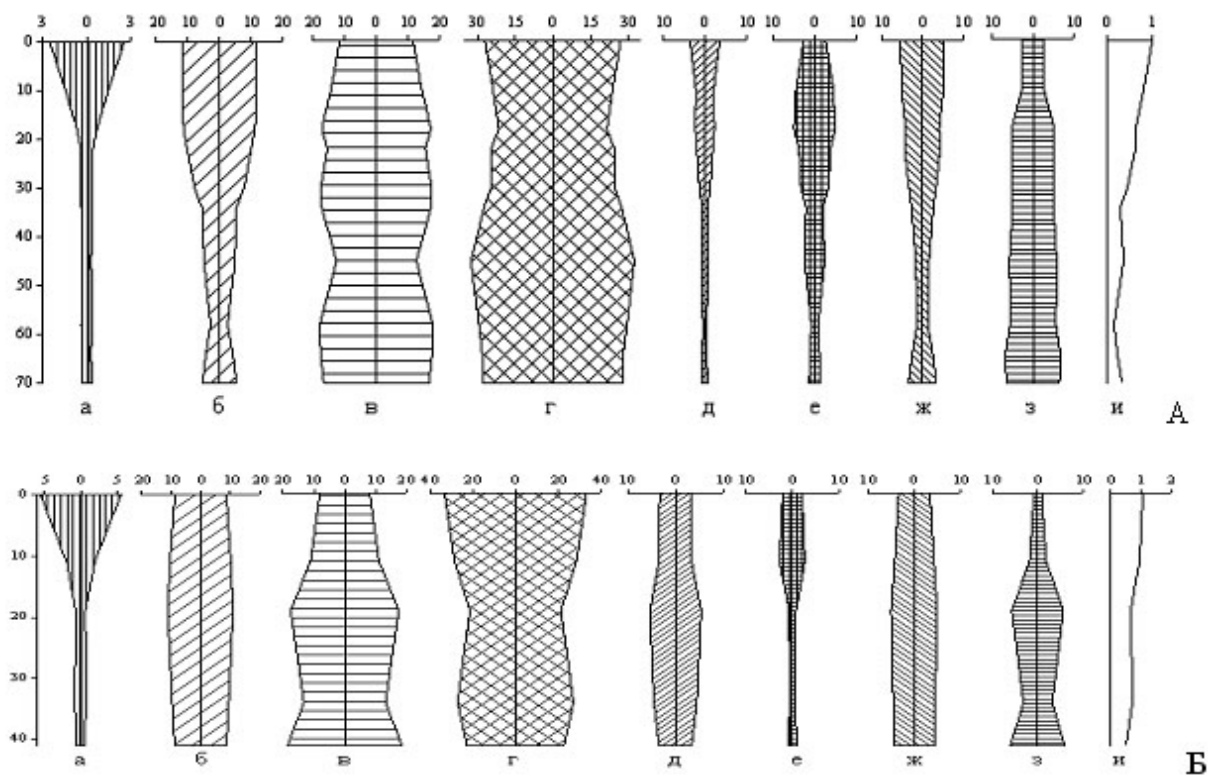


Рисунок 5. Гумусовые профили горно-таежных дерновых почв северо-западного склона сложной catena: разрез 114, приуроченный к Эль-позиции (А), разрез 119, приуроченный к Транс-позиции (Б). Усл. обозн. см. рис. 3

Таблица 2. Элементный состав гуминовых кислот горизонта А (атомные проценты)

Разрез	C	H	N	O	H/C	O/C	C/N
114	36,40±3,60	38,33±4,80	1,25±0,09	24,02±3,07	1,07±0,24	0,67±0,12	29,31±1,57
119	37,80±1,12	39,08±1,73	1,01±0,12	23,27±3,07	1,04±0,06	0,59±0,05	37,94±4,01
120	37,42±1,45	37,09±3,50	1,27±0,14	24,41±2,52	1,00±0,12	0,66±0,06	29,55±2,59
среднее	37,21±0,73	38,17±0,82	1,18±0,12	23,90±0,47	1,04±0,03	0,64±0,04	32,27±4,01

часть профиля этой почвы в отличие от нижней, содержит очень небольшую долю гуминовых кислот фракции 2 (связанных с Са), но повышенное содержание бурых ГК. Последнее характерно как раз для почв таежных условий формирования.

Таким образом, характеристики гумусовых профилей зависят как от экспозиции склона, на котором почва сформирована, так и от положения почв по катене, а также истории формирования почвенного профиля. Сравнение их характеристик с описанными ранее типами гумусовых профилей [4], показало, что в целом они по показателям близки к почвам лесного ряда.

При рассмотрении данных по элементному составу гуминовых кислот исследуемых почв были выявлены их особенности, заключающиеся в низкой насыщенности ГК азотом, высокой их обуглероженности, относительно низких величинах Н:С (1,00–1,07) и высоком соотношении углерода и азота (табл. 2).

Учитывая характеристики состава гумуса и особенности гумусовых профилей исследуемых почв, можно предполагать, что данные почвы могли пройти стадию развития в условиях степи, которая сменилась лесной стадией развития.

Те величины отношения Н:С, которые получены для изученных почв, в принципе лежат в границах, характерных для лесных почв, хотя и на нижнем пределе их величин.

Для ключевого участка «Азас» определено соотношение элементов только для гуминовых кислот почв северо-западного склона (табл. 2). Среднестатистическая величина Н:С ГК почв этого ключевого участка имеет следующий вид: $1,04 \pm 0,03$ при варьировании равном всего 2,2 %. От Эль позиции к Ак-позиции величина Н:С убывает соответственно от 1,07 до 1,00.

Таким образом, положение в рельефе оказывает несущественное влияние на элементный состав гуминовых кислот изученных почв: соотношение элементов имеет изменение по склону только в виде тенденции. Но влияние на элементный состав гуминовых кислот оказывает история их формирования, которая включала степной этап развития почв. До сих пор в районах, близлежащих к ключевому участку «Азас», локально распространены степи

Заключение

Полученные результаты, характеризующие гумус горно-таежных дерновых почв, приуроченных к одному из ключевых участков Тоджинской котловины, показали, что параметры его состава имеют особенности, проявляющиеся в более высоких величинах С_{гк}:С_{фк}, более высоком содержании растворимых компонентов, повышенной доле гуминовых кислот второй и третьей фракций. Анализ характеристик гумусовых профилей выявил их зависимость как от экспозиции склона, на котором почва сформирована, так и от положения почв по катене.

Специфика состава и соотношения элементов в гуминовых кислотах горно-таежных дерновых почв исследуемого ключевого участка заключается в низкой насыщенности ГК азотом, высокой их обуглероженности, относительно низких величинах Н:С и высоких – С:Н.

Количественные показатели соотношения компонентов в гумусе почв и соотношения элементов в гуминовых кислотах позволяют сделать вывод, что специфика гуминовых кислот и их соотношения с другими компонентами гумуса обусловлена влиянием локальных особенностей экологических условий, связанных с историей экосистем и склоновым экзогенезом.

10.05.2015

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ: Грант 14-04-32354 мол_а

Список литературы:

1. Бажина Н.Л., Ондар Е.Э., Очур К.О., Дергачева М.И. Элементный состав гуминовых кислот почв Западной части территории Тувы // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 10. – С. 332–336.
2. Бажина Н.Л., Ондар Е.Э., Дерябина Ю.М. Специфика поглощения света в видимой и ультрафиолетовой области спектра гуминовыми кислотами почв Западной части территории Тувы // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 6. – С. 208–214.
3. Воробьева Л.А. Химический анализ почв. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 272 с.
4. Дергачева М.И. Органическое вещество почв: статика и динамика. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние., 1984. – 155 с.
5. Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. – 228 с.
6. Дергачева М.И. Гумусовая память почв // Память почв: Почва как память биосферно_геосферно_антропоферных взаимодействий – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – С. 530–560.
7. Дергачева М.И., Некрасова О.А., Лаврик Н.Л. Гуминовые кислоты современных почв Южного Урала. – Новосибирск, 2002. – 24 с.
8. Носин В.А. Почвы Тувы. – М.: Из-во АН СССР, 1963. – 342 с.
9. Ондар Е.Э., Афанасьева Н.Н. Состав гумуса степных почв Тувы // Вестник ТГУ, 2003. – №3. – С. 280–281.
10. Ондар Е.Э. Гумус почв Тувы // Сибирский экологический журнал, 2007. – № 5. – С. 896–873
11. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 272 с.
12. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. – М.: Наука, 1996. – 253 с.
13. Пономарева В.В., Плотнокова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. – 222 с.
14. Тихова В.Д., Фадеева В.П., Дергачева М.И., Шакиров М.М. Использование кислотного гидролиза для анализа состава гуминовых кислот разного генезиса // Журнал прикладной химии. – 2008. – Т. 81. – Вып. 11. – С. 1841–1846
15. Dergacheva M.I., Nekrasova O.A., Okoneshnikova M.V, Vasileva D.I., Gavrilov D.A., Ochur K.O., Ondar E.E. Ratio of elements in humic acids as a source of information on the environment of soil formation // Contemporary Problems of Ecology. – 2012. – №. 5 – P. 643–647.
- 16.. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 2013. –191 p.

Сведения об авторах:

Ондар Елена Эрес-ооловна, декан естественно-географического факультета Тувинского государственного университета, кандидат биологических наук, специальность почвоведение – 03.02.13
667000 г. Кызыл, ул. Ленина, 36, 8(39422) 2-43-11, elenondar@mail.ru

Дергачева Мария Ивановна, главный научный сотрудник Института Почвоведения и Агрохимии СО РАН, профессор кафедры почвоведения и экологии почв Томского государственного университета, доктор биологических наук, профессор, специальность почвоведение – 03.02.13
630090 г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, д. 8/2, 8(383)363-90-17, mid555@yandex.ru

Бажина Наталья Леонидовна, младший научный сотрудник Института Почвоведения и Агрохимии СО РАН, специальность почвоведение – 03.02.13
630090 г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 8/2, 8(383) 363-90-18, bazhina-natasha@mail.ru

Очур Ксения Олеговна, научный сотрудник Института Почвоведения и Агрохимии СО РАН, кандидат биологических наук, специальность почвоведение – 03.02.13
630090 г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 8/2, 8(383) 363-90-17, kseniya_ochur@mail.ru