

**Бажина Н.Л.<sup>1</sup>, Очур К.О.<sup>1</sup>, Ондар Е.Э.<sup>2</sup>, Захарова Е.Г.<sup>1</sup>, Рябова Н.Н.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Тувинский государственный университет, г. Кызыл, республика Тыва, Россия

<sup>3</sup>Томский сельскохозяйственный институт,

филиал Новосибирского государственного аграрного университета, г. Томск, Россия

E-mail: bazhina-natasha@mail.ru

## ГУМУС ГОРНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТУВЫ

Обобщены данные по составу гумуса горно-луговых почв западной части Тувы, занимающих нижние границы высокогорных областей Шапшальского хребта и Алашского нагорья Западного Саяна, а также хребта Западного Танну-Ола. Методические особенности работы заключались в отборе образцов почв, который проводился подробно сплошной колонкой каждые 5–10 см и(или) менее в пределах видимых границ горизонтов, а также в использовании количественных показателей микроклимата: среднегодовой температуры воздуха, среднегодового количества осадков и суммы температур больше +10 °С, вычисленных для каждого индивидуального разреза, согласно выведенным для территории Тувы уравнениям регрессий по взаимосвязи климатических показателей с высотой местности над уровнем моря, с учетом влияния экспозиции склона и розы ветров.

В результате анализа обобщенных материалов выявлены особенности состава гумуса горно-луговых почв в зависимости от экологических условий их формирования. Гумус отличался разным содержанием общего органического углерода, количеством гуминовых кислот, связанных с кальцием, и долей подвижных фульвокислот в составе этого компонента. В то же время, горно-луговые почвы, независимо от локальных условий функционирования, в пределах единых биоклиматических рубежей, имеют гуматно-фульватный состав гумуса с очень близкими величинами соотношения  $C_{\text{тк}}:C_{\text{фк}}$ , которые лежат в пределах 0,77–0,99, но более, чем в 50% превышают величину 0,9, а также относительно высокую долю гуминовых кислот, связанных глинистыми минералами почв (фр.ГКIII), что характерно для почв, испытывающих влияние процессов промерзания. Это не противоречит общепринятым представлениям о составе гумуса горно-луговых почв других регионов России.

**Ключевые слова:** горно-луговые почвы, состав гумуса, западная часть Тувы.

Почвы горных лугов в Туве, интенсивно применяемые для летнего выпаса скота, испытывают значительные пастбищные нагрузки и требуют особого внимания к их рациональному использованию. Восстановлению почв, нарушаемых во время пастбы, способствует гумус, который выполняет в экосистемах функцию обеспечения их устойчивости [1], [2]. Поэтому владение знаниями об особенностях гумуса разных по условиям формирования горно-луговых почв и умение использовать их для восстановления нарушенных пастбищных земель представляет существенный народнохозяйственный интерес.

Несмотря на то, что имеется относительно много работ, посвященных изучению особенностей горно-луговых почв, формирующихся под альпийской и субальпийской растительностью, в том числе испытывающих пастбищные нагрузки, в работах рассматриваются физические, физико-химические и химические свойства, но внимания исследованию состава гумуса почв, как правило, в них уделяется крайне мало [3]–[9].

Систематическое изучение гумуса почв на территории Тувы началось недавно. Имеется ряд работ, содержащих информацию о составе гумуса почв разных условий формирования Тувы [10]–[12], при этом сведения о гумусе горно-луговых почв этого своеобразного региона практически не освещены в литературе.

### *Объекты и методы исследования*

В западной части Тувы горно-луговые почвы занимают нижние границы высокогорных областей Шапшальского хребта и Алашского нагорья Западного Саяна, а также хребта Западного Танну-Ола. Согласно местоположению объектов исследования были выделены следующие ключевые участки Мугур-Аксы, Сут-Холь-I, Сут-Холь-II и Улуг-Хондергей-I.

Расположенный в юго-западной части Тувы, относящейся к Монгун-Тайгинскому высокогорному району, ключевой участок Мугур-Аксы [13], характеризуется тем, что на его территории распространены субальпийские луга с горными лугово-степными почвами, где горно-луговая зона по нижней границе смыкается с сухими

горными степями [14]. Результаты изучения именно этих почв обсуждаются в настоящей статье, наряду с широко распространенными на других ключевых участках горно-луговыми типичными почвами под альпийскими низкотравными криофильными лугами.

Ключевые участки Сут-Холь-I и Сут-Холь-II приурочены к юго-восточной части Алашского плато и входят в высокогорную тундрово-луговую зону [13]. На территории этих участков распространены горно-луговые почвы, формирующиеся в условиях более низких температур с коротким вегетационным периодом, резкими колебаниями суточных температур и более постоянным режимом поверхностного увлажнения [14]. Эти почвы имеют типичные морфологические черты: плотно-дернинный гумусовый горизонт (не превышающий, как правило, 10 см), темно-бурую окраску, мелкозернистую или зернистую структуру, а также щебнистость, которая увеличивается книзу. Ключевые участки Сут-Холь-I и Сут-Холь-II отличаются между собой среднегодовыми температурами и осадками, а также разной степенью увлажнения и дренажностью почв. Первый из них имеет относительно более высокие абсолютные значения температур, пониженное количество осадков, а также пониженное увлажнение и лучший дренаж почв, второй, приуроченный к вершине северного склона, характеризуется более низкими – на 0,2–0,5 °С – температурами, более высоким количеством осадков, превышающим предыдущие на 25–35 мм, и, как следствие, по-

вышенным увлажнением, которое усиливается к тому же ослабленным дренажом почв.

Ключевой участок Улуг-Хондергей-I, относящийся к Таннуольскому горному лугово-таежному степному округу [13], расположен на северном склоне хребта Танну-Ола на ровном участке в средней части склона. Территория Улуг-Хондергей-I отличается сочетанием участков с субальпийской растительностью и лиственничной тайгой с разреженным кустарниковым ярусом и мохово-брусничным или бруснично-травянистым напочвенным покровом. Здесь для изучения состава гумуса были отобраны образцы горно-луговых почв под субальпийскими лугами, расположенными на границе с лиственничным таежным массивом.

Согласно выведенным для территории Тувы уравнениям регрессий по взаимосвязи климатических показателей с высотой местности над уровнем моря [15], [16], позднее модифицированных введением коэффициентов, учитывающих влияние экспозиции склона и розы ветров [17], для каждого индивидуального разреза были рассчитаны количественные показатели среднегодовой температуры воздуха, среднегодового количества осадков и суммы температур больше +10 °С (табл. 1).

Результаты показывают, что почвы даже в пределах единых биоклиматических рубежей (зона высокогорных лугов с зональными условиями климата), расположенных на локальных территориях с разным мезоклиматом определяют разный характер горных лугов и

Таблица 1 – Характеристика климатических условий формирования почв для индивидуальных разрезов западной части Тувы

№ разреза	h н.у.м.	Среднегодовое количество осадков, мм	Среднегодовая температура воздуха, °С	$\Sigma t \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$
Ключевой участок Мугур-Аксы				
244	1675	402	-5,6	1212
245	1675	402	-5,6	1212
Ключевой участок Сут-Холь-I				
201	1829	427	-5,8	1116
202	1838	429	-5,9	1110
203	1893	438	-6,1	1076
Ключевой участок Сут-Холь-II				
2-013	1816	462	-5,8	1124
Ключевой участок Улуг-Хондергей-I				
УХ-4-07	1589	384	-5,1	1257

сформированных под ними почв, причем на их свойства оказывают существенное влияние расположение выбранных участков по отношению к сопредельным локальным территориям, относящимся к другим высотным зонам (например, расположение луговых участков на границе с горной степью или лесом).

Для анализа состава гумуса образцы почв отбирались подробно сплошной колонкой каждые 5–10 см и (или) менее в пределах видимых границ горизонтов, что позволило аналитическими методами выявить специфику гумуса изученных почв. Состав гумуса изучался по методике Пономаревой-Плотниковой в модификации 1968 г [18]. В настоящей работе рассматриваются результаты изучения состава гумуса только верхних 10–15 см почвенного профиля, включающих совокупность органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов, наиболее всего отвечающих современным климатическим условиям.

**Результаты и их обсуждение**

Как показал анализ полученных материалов, представленных в табл. 2, наибольшие различия обнаружены в содержании общего органического углерода на участках, расположенных на нижнем пределе горно-луговой зоны, граничащей с горной степью (Мугур-Аксы) и находящихся в центре этой зоны (Сут-Холь). Содержание  $C_{\text{общ}}$  горно-луговых почв, распространенных на участке, испытывающим влияние относительно близко расположенного массива лиственничного леса (Улуг-Хондергей-I), близко к предыдущим.

В горно-луговых почвах ключевого участка Мугур-Аксы в групповом составе гумуса преобладают фульвокислоты: отношение  $C_{\text{ГК I}}:C_{\text{ФК}}$  не превышает единицу, составляя 0,97–0,77, так что тип гумуса относится к гуматно-фульватному. В составе гуминовых кислот существенно преобладает фракция I (фр.ГКI), связанная с полуторными окислами, которая со-

Таблица 2 – Состав гумуса органогенных и гумусово-аккумулятивных горизонтов горно-луговых почв западной части Тувы

Разрез	Глубина, см	$C_{\text{общ.}}\%$	$\Sigma_{\text{ГК}}$	ГК I	ГК II	ГК III	$\Sigma_{\text{ФК}}$	ФК 1a % к $\Sigma_{\text{ФК}}$	$C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$
				доля фракций в% к $\Sigma_{\text{ГК}}$					
Ключевой участок Мугур-Аксы									
244	0–2	4,70	35,35	45,86	12,39	41,75	41,51	9,90	0,85
	2–7	1,68	19,99	57,63	21,61	20,76	25,93	20,52	0,77
	7–13	1,62	20,46	49,85	35,24	14,86	26,38	14,63	0,78
245	0–7	2,02	25,98	47,58	23,79	28,64	26,75	14,24	0,97
	7–10	1,94	18,70	50,21	21,02	28,77	22,63	14,89	0,83
	10–19	1,90	22,11	37,18	29,76	33,06	28,23	14,38	0,78
Ключевой участок Сут-Холь-I									
201	0–5	18,37	24,53	77,25	6,44	16,27	26,59	10,42	0,92
	5–7	20,93	27,37	67,88	8,11	24,00	28,57	9,21	0,96
	7–11	14,63	24,66	73,93	3,28	22,79	27,26	11,04	0,90
	11–16	10,81	22,58	68,78	7,71	23,52	26,17	12,72	0,86
202	0–2	17,46	26,55	58,27	20,64	21,13	27,19	8,75	0,98
	2–6	14,11	27,81	66,88	3,85	29,31	28,16	9,73	0,99
	6–10	10,27	27,79	72,90	15,01	12,09	28,80	8,75	0,96
203	0–2	21,44	19,63	50,69	15,54	33,77	22,73	15,18	0,86
	2–5	11,99	23,43	60,73	7,98	31,28	23,84	10,49	0,98
Ключевой участок Сут-Холь-II									
2-013	0–2	17,01	14,87	62,21	7,06	30,73	17,05	8,91	0,87
	2–5	16,98	17,38	58,80	13,64	27,56	20,50	6,54	0,85
	5–10	16,12	25,31	47,49	26,79	25,68	31,08	7,37	0,81
Ключевой участок Улуг-Хондергей-I									
4-013	0–2	10,86	30,90	35,73	42,14	22,14	32,20	7,33	0,96
	2–9	8,91	31,28	55,88	22,89	21,26	32,84	8,31	0,95
	9–14	5,54	30,05	58,64	19,77	21,60	32,34	9,62	0,93

ставляет больше половины от их общего содержания. Другие фракции содержатся в близких количествах, лишь в редких случаях фр.ГКII или фр.ГКIII преобладают. Высокая доля в составе гумуса гуминовых кислот фр.ГКIII характерна для почв холодных условий, испытывающих влияние мерзлотных процессов [19].

Состав гумуса горно-луговых почв ключевого участка Сут-Холь-I (табл. 2), сформированных под альпийской низкотравной растительностью при более низких абсолютных температурах и более высоком увлажнении из-за постоянного повышенного поступления годовых осадков, отличается от почвы предыдущего ключевого участка средним содержанием гуминовых кислот в составе гумуса, доля которых лежит в пределах 20–28%. В близких, но все же в несколько более высоких количествах, содержатся в почвах фульвокислоты, так, что отношение  $C_{гк} : C_{фк}$  ниже (но очень близко) к 1,0. Среди гуминовых кислот преобладают бурые формы, количество которых может составлять от 51 до 77% от общего содержания этого компонента. Количество гуминовых кислот, прочносвязанных с минеральной частью почвы (фр.ГКIII), составляет до трети от их общего содержания, а доля гуматов кальция ниже, чем в предыдущих почвах.

Горно-луговые почвы ключевого участка Сут-Холь-II, также как и почвы предыдущего ключевого участка, характеризуются гуматно-фульватным типом гумуса, преобладанием фульвокислот над гуминовыми кислотами, однако величина  $C_{гк} : C_{фк}$  по абсолютным значениям несколько ниже, чем в предыдущем случае (ср. 0,86–0,99 – на первом, и 0,81–0,87 – на втором). В составе гуминовых кислот также преобладают свободные и непрочно связанные с полуторными оксидами бурые ГК, доля кото-

рых составляет более половины от общего их содержания. Кроме того, эти почвы от предыдущих отличает более широкий разброс содержания фульвокислот в составе гумуса, однако, как здесь кроме фр.ГКI в значительных количествах обнаруживаются фр.ГКIII, которые как указывалось выше, характерны для почв холодных промерзающих условий.

Горно-луговые почвы ключевого участка Улуг-Хондергей-I имеют также гуматно-фульватный состав гумуса с почти равными долями в нем гуминовых и фульвокислот (с незначительным преобладанием последних), повышенной долей гуматов кальция и самой низкой долей ГК фракции III (табл. 2), что связано с более теплыми условиями их формирования относительно предыдущих почв.

**Заключение.** Таким образом, в целом, все изученные почвы имеют гуматно-фульватный состав гумуса, почти равные доли содержания гуминовых кислот и фульвокислот и преобладание среди первых бурых форм (гуматов полуторных оксидов), а также высокую долю гуминовых кислот третьей фракции. Различия их состоят в разном содержании общего органического углерода, несколько различающейся доле гуминовых кислот, связанных с кальцием, и разной доле подвижных фульвокислот в составе этого компонента. Полученные результаты изучения состава гумуса горно-луговых почв разных экологических условий формирования, показали, что в любом случае все почвы находящиеся в пределах единых биоклиматических рубежей имеют гуматно-фульватный состав гумуса с очень близкими величинами соотношения  $C_{гк} : C_{фк}$ , которые в абсолютном большинстве случаев лежат в пределах 0,90–0,99, что не противоречит общим представлениям о составе гумуса горно-луговых почв других регионов.

18.09.2017

#### Список литературы:

1. Dergacheva M.I. Ecological functions of Soil Humus // Eurasian Soil Science. – 2001. – V. 34(51). – S.100–S.105.
2. Dergacheva M.I. Humus profiles of soils: their diversity as reflection of environment and its evolution // Biodiversity and Dynamics of Ecosystems in North Eurasia. Intern. Conference. Abstracts IS&G, Novosibirsk, 2000. – P. 10.
3. Chambers J.C., Blank R.R., Zamudio D.C, Tausch R.J. Central Nevada riparian areas: Physical and chemical properties of meadow soils // Journal of range management, 1999. – № 52(1). – P. 92–99
4. Kizilova A.K., Stepanov A.L., Makarov M.I. Biological activity of alpine mountain-meadow soils in the Teberda reserve // Eurasian Soil Science. – 2006. – Vol. 39. – № 1. – P. 67–70.
5. Ropek D., Kacorzyk P. Biodiversity of soil fauna depending on vegetal cover and fertilization // Ecological chemistry and engineering, 2011. – Vol. 18. – № 8. – P. 1117–1122.
6. Chodorowski J., Melke J., Ziólek M., Uziak S. The content of phosphorus in mountain meadow (Polonina) soils as an indicator of past shepherding activity // Ekológia (Bratislava), 2012. – Vol. 31. – № 1. – P. 54–64.

7. Волокитин М.П. Горно-луговые почвы Центрального Кавказа и влияние растительности на их формирование // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012. – Т. 14. – № 5. – С. 36–44.
8. Kolesnikov S.I., Tlekhaz Z.R., Tatlok R.K., Kazeev K.S. Evaluation of Resistance of Mountain Meadow Subalpine Soils of the Caucasus to Pollution with Heavy Metals, Crude Oil and Oil Products by Biological Indicators // Middle-East Journal of Scientific Research, 2013. – № 16 (8). – P. 1088–1093.
9. Dimeyeva L.A., Sitrayeva G.T., Ussen K., Orlovsky L., Ablaihanov E., Islamgulova A.F., Zhang Y., Zhang J., Suleimenova N.S. Meadow vegetation of the zhetysu Alatau mountains // Applied Ecology and Environmental research, 2016. – № 14(4). – P. 375–398.
10. Ондар Е.Э. Состав гумуса почв Тувы // Сибирский экологический журнал. – 2007. – № 5. – С. 873–896.
11. Дергачева М.И., Ондар Е.Э., Захарова Е.Г. Гумусовые профили горно-каштановых почв сложной катены // Сибирский экологический журнал, 2010. – Т. 17. – № 3. – С. 429–436.
12. Бажина Н.Л., Ондар Е.Э., Очур К.О., Дергачева М.И. Состав гумуса горно-тундровых почв западной части Тувы // Вестник Оренбургского государственного университета. – Оренбург, 2015. – № 10. – С. 139–142.
13. Носин В.А. Почвы Тувы. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 342 с
14. Ефимцев Н.А. Климатический очерк // Природные условия Тувинской Автономной области. – Тр. Тув. компл. экспед. – Вып. 3. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – С. 46–65.
15. Рябова Н.Н. Эколого-гумусовые связи в горных почвах экстраконтинентальных регионов юга Сибири: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Томск, 2005. – 20 с.
16. Ондар Е.Э. Гумус почв Тувы: Автореф. дисс. канд. биол. наук. – Томск, 2008. – 29 с.
17. Дергачева М.И., Бажина Н.Л., Ондар Е.Э., Очур К.О., Рябова Н.Н. Экологическая обусловленность состава и свойств гуминовых кислот почв западной части Тувы // Вестник Оренбургского государственного университета. – Оренбург, 2015. – № 10. – С. 162–165
18. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов // Почвоведение. – 1968. – № 11. – С. 104–117.
19. Владыченский А.С. Особенности горного почвообразования. – М.: Наука, 1998. – 187 с.

**Сведения об авторах:**

**Бажина Наталья Леонидовна**, младший научный сотрудник Института Почвоведения и Агрохимии СО РАН,  
кандидат биологических наук  
E-mail: bzhina-natasha@mail.ru

630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, тел. (383) 3639018

**Очур Ксения Олеговна**, научный сотрудник Института Почвоведения и Агрохимии СО РАН,  
кандидат биологических наук  
E-mail: kseniya\_ochur@mail.ru

630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, тел. (383) 3639017

**Ондар Елена Эрес-ооловна**, доцент кафедры общей биологии Тувинского государственного университета,  
кандидат биологических наук  
E-mail: elenondar@mail.ru

667000, г. Кызыл, ул. Ленина, 36, тел. (39422) 24311

**Захарова Елена Геннадиевна**, младший научный сотрудник Института Почвоведения и Агрохимии СО РАН  
E-mail: zaharova\_lena976@mail.ru

630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, тел. (383) 3639018

**Рябова Надежда Николаевна**, доцент Томского сельскохозяйственного института  
филиала Новосибирского государственного аграрного университета, кандидат биологических наук  
634050, г. Томск, ул. К. Маркса, д. 19, тел. (3822) 515705