

6. Vajs A.A. Forma poperechnogo secheniya derev'ev sosny v nasazhdeniyakh razlichnogo tipa lesa // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2013. – № 12. – S. 130–131.
7. Vajs A.A. Vliyanie tipologicheskikh uslovij na formu poperechnogo secheniya derev'ev sosny na vysote 1,3 metra v usloviyakh zapovednika «Stolby // Sel'skoe, lesnoe i vodnoe khozyajstvo. – 2014. – № 1. – S. 2.
8. Vajs A.A. Vliyanie ehkspozitsii i krutizny sklonov na formu poperechnogo secheniya derev'ev sosny na vysote 1,3 metra v usloviyakh zapovednika «Stolby» // Sel'skoe, lesnoe i vodnoe khozyajstvo. – 2014. – № 2. – S. 4.
9. Drejman N.S., Gabdrakhmanova V.R. Forma poperechnogo secheniya derev'ev sosny obyknovnoy (Pinus silvestris L.) v sredneobskikh borakh // Molodye uchenye v reshenii aktual'nykh problem nauki. – 2012. – T.1. – S. 186–187.
10. Orlov M.M. Lesnaya taksatsiya. – 3-e izd. – L.: Lesn. khoz-vo i lesn. prom-st', 1929. – 532 s.
11. Tyurin A.V. Taksatsiya lesa. – M.: Goslestekhzdat, 1945. – 376 s.

УДК 631.417.2

И.А. Хлыстов, Л.А. Сенькова

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ В РАЙОНЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ УРАЛЬСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

I.A. Hlystov, L.A. Sen'kova

HUMUS SOIL CONDITION IN THE VICINITY OF BIOLOGICAL STATION OF URAL FEDERAL UNIVERSITY

Целью работы было изучение группового состава гумуса почв в районе Биологической станции Уральского федерального университета и влияния на него возможных факторов. В районе Биологической станции в августе 2013 года на трех площадках заложено 3 почвенных разреза с отбором образцов по генетическим горизонтам. В двух разрезах почва представлена буроземом, в третьем разрезе – дерново-подзолистой. В образцах были определены концентрации общего углерода почвы, групповой состав гумуса по методике Кононовой-Бельчиковой, физико-химические показатели (рН водн., содержание физической глины, суммы кальция и магния, обменного кремния и органического железа). Распределение общего углерода и углерода гумуса в профилях почв на всех площадках регрессивно-аккумулятивное. Максимальные отношения углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот ($C_{гк}/C_{фк}$) в почвенном профиле буроземов обнаружены в гумусовом горизонте, в дерново-подзолистой почве – в подстилке. Было построено уравнение регрессии, связывающее внутрипрофильное распределение отношения $C_{гк}/C_{фк}$ и физико-химические параметры (возможные предикторы состава гумуса). Из

результатов регрессионного анализа следует, что отношение $C_{гк}/C_{фк}$ в почвенном профиле бурозема зависит преимущественно от содержания обменного кремния в почве.

Ключевые слова: буроземы, дерново-подзолистые почвы, групповой состав гумуса, регрессионный анализ.

The aims of the work were the investigations of humus group composition from a neighborhood of the Biological Station of the Ural Federal University and any possible factors influencing humus. At the district of Biological station in August 2013 at three sites two soil profiles were excavated and samples from genetic horizons were collected. In two areas the soil is brown; in the third area the soil is sod-podzolic. Concentrations of total soil carbon, the composition of humus according to Kononova and Belchikova extraction method and physic-chemical parameters (pH of water, the contents of physical clay, the concentrations of calcium and magnesium, exchange silicon, and organic iron) were measured in samples. Distributions of total carbon and carbon humus and organic iron in all profiles on all areas were regressive-accumulative. The maximum ratio C_{HA}/C_{FA} in the brown soil profile was found in the humus horizon and in the sod-podzolic

soil in litter. Regression equation relating the inside profile distribution C_{HA}/C_{FA} ratio with physico-chemical parameters (possible predictors composition of humus) was calculated. The results of regression revealed that the C_{HA}/C_{FA} ratio in the brown soil profile depended mainly on the content of the exchange silicon.

Keywords: brown soils, sod-podzolic soils, humus, group composition of humus, regression analysis.

Введение. Исследования органического вещества, в частности состава гумуса почв, ведутся продолжительное время. Чаще всего почвенные органические соединения рассматривают в качестве факторов при взаимодействии с тяжелыми металлами [14] либо при моделировании круговорота вещества в экосистемах [9]. Хотя формирование гумуса того или иного типа почв обычно связывают с водным режимом, эрозией, составом лесной подстилки, влияние внутрипрофильного распределения веществ на отношение гумусовых кислот все еще остается малоизученным. До сих пор не было предпринято попыток объединить почвенные факторы с отношением гумусовых кислот в виде математической зависимости.

Цель работы. Изучение группового состава гумуса почв в районе Биологической станции Уральского федерального университета (УрФУ), а также влияния на него возможных факторов.

Объект исследования. Биологическая станция УрФУ расположена в 1,7 км к западу от поселка Двуреченск Сысертского района Свердловской области и в 2,5 км от места слияния рек Исеть и Сысерть. Территория относится к Восточным предгорьям Урала, Лялинско-Уфалейскому округу низких предгорий Сысертского равнинно-увалистого подокруга [7]. Почвы относятся к Двуреченскому почвенному району Западно-Сибирской предлесостепной почвенной провинции [2].

Все площадки расположены в лесном массиве по одной трансекте на расстоянии 0,9–1,4 км в северо-западном направлении от Биостанции УрФУ. Исследуемая территория представляет собой холм с пологими сторонами. Абсолютные высоты достигают 245–261 м. Древесный ярус состоит преимущественно из сосняков с подростом березы. В травяно-кустарничковом ярусе преобладают черника, папоротник, злаки. Площадки Sch-3 и Szl-2 расположены с двух проти-

воположных сторон холма, почвы – бурозем оподзоленный. Площадка Spar-1 расположена на вершине холма, почва дерново-подзолистая типичная (горная). В августе 2013 г. на этих площадках было заложено по одному полнопрофильному разрезу и с каждого генетического горизонта отобраны образцы почвы (всего 16 образцов). Диагностика почв и их морфологическое описание сделаны С.Ю. Кайгородовой (лаборатория экотоксикологии популяций и сообществ ИЭРиЖ УрО РАН).

Методы исследования. Образцы были высушены при комнатной температуре, размельчены на механической мельнице MF 10 basic (IKA Werke, Германия) и просеяны через сито диаметром 2 мм.

Концентрации общего углерода, гумуса и его групповой состав (экстрагирование по методике Кононовой-Бельчиковой) измерены на анализаторе Multi N/C 2100 (AnalytikJena, Германия). Реакция почвенной среды измерена на иономере. Концентрации обменного кальция и магния определены комплексонометрическим титрованием трилоном Б. Для определения содержания физической глины (суммы фракций менее 10 мкм) использован анализатор Analysette 22 Nanotec (Fritsch, Германия). Связанное с органическим веществом железо определяли по методу Баскомба. Обменный кремний экстрагировали из почвы 5%-м гидроксидом калия при температуре 105°C, его концентрацию определяли на спектрофотометре, окрашивая раствор молибденовокислым аммонием и винной кислотой. Создана регрессионная модель зависимости профильного распределения $C_{гк}/C_{фк}$ от физико-химических параметров почвы для двух площадок с буроземом. Выбор потенциальных предикторов для построения моделей основывался на информации о способности тех или иных соединений влиять на физико-химические свойства гумусовых веществ, в частности образовывать с ними комплексные соединения. Химические анализы выполнены в лаборатории экотоксикологии популяций и сообществ ИЭРиЖ УрО РАН.

Результаты и их обсуждение. Распределение общего углерода и углерода гумуса в почвенном профиле на всех площадках регрессивно-аккумулятивное: максимальные концентрации зарегистрированы в подстилке, а с глубиной происходит их снижение (табл. 1).

Содержание углерода и состав гумуса почвы 3 площадок

Площадка, вид почвы	Горизонт	Глубина, см	ТС, г/100г	С _{гум} мг/100г	С _{гк}	С _{фк}	С _{гк} /С _{фк}
					% от ТС		
Sch-3 Бурозем оподзолен- ный	O	0-3	28,42	14587,1	27,2	24,1	1,1
	AУ	3-8	4,32	1207,82	17,5	10,5	1,7
	AУе	8-13	1,43	756,02	17,2	35,5	0,5
	ELM	13-21	0,54	239,42	11,6	32,9	0,4
	BEL	21-26	0,54	202,02	8,1	29,1	0,3
	BM	26-40	0,31	150,52	13,1	35,1	0,4
Szi-2 Бурозем оподзолен- ный на делювии серпентенита	O	0-5,5	24,02	12087,1	28,1	22,2	1,3
	AУ	5,5-10	3,34	1053,02	21,4	10,0	2,1
	ELM	10-25	0,49	246,02	14,9	35,8	0,4
	BEL	25-32	0,25	156,98	8,9	54,4	0,2
	BM	32-48	0,17	116,92	10,6	59,4	0,2
Spar-1 Дерново-подзолистая типичная (горная)	O	0-5	33,45	15287,1	27,5	18,2	1,5
	AУ	5-8	4,90	1377,82	10,2	17,9	0,6
	EL	8-18	1,62	754,22	15,1	31,6	0,5
	BEL	18-32	0,37	197,82	14,9	38,1	0,4
	BT	32-...	0,27	157,1	9,5	48,2	0,2

Примечание. ТС – общий углерод.

В подстилке, гумусовом и элювиальном горизонте дерново-подзолистой почвы концентрации общего углерода и углерода гумуса выше, чем на площадках с буроземом. Содержание углерода гуминовых кислот на всех площадках равномерно уменьшается с глубиной. Содержание углерода фульвокислот снижается от подстилки к гумусовому горизонту, а затем резко увеличивается. В подстилке всех исследуемых площадок гумус фульватно-гуматного типа. Максимальные отношения С_{гк}/С_{фк} в профиле бурозема формируются в гумусовом горизонте, а в профиле дерново-подзолистой почвы – в подстилке. В средней и нижней частях профиля всех площадок происходит сужение отношений С_{гк}/С_{фк} с формированием гуматно-фульватного и фульватного типов гумуса.

Как было отмечено [10], увеличение доли гуминовых кислот в составе органического вещества лесных подстилок – это основная особенность южной тайги и предлесостепной подзоны. Причина увеличения гуматности состоит в увеличении степени разложения подстилки в сосняках с разным составом травянистой расти-

тельности в южной тайге. Если в подстилке формируются гумусовые вещества фульватно-гуматного типа, то в нижележащих горизонтах (в буроземах) возрастает роль фульвокислот. Фульватный гумус может формироваться на разной глубине, но наиболее благоприятные условия для новообразования гуминовых кислот создаются именно на вершинах горных склонов [11]. Это подтверждалось фульватно-гуматным составом гумуса в гумусовом горизонте. Состав гумуса средней и нижней части профиля буроземов был хорошо описан в почвах Южной Сибири (Восточный Саян) [6]. В элювиальных и иллювиальных горизонтах буроземов формировался фульватный тип гумуса со слабой степенью гумификации органического вещества. Это объяснялось тем, что вновь образовавшиеся «молодые» гуминовые кислоты в условиях избыточного проточного увлажнения, характерного для почв этого региона, подвергаются гидролизу и трансформируются в фульвокислоты, в том числе в зимний период.

Реакция среды в пределах каждого исследованного профиля варьирует от кислой до слабокислой (табл. 2), что характерно для данных почв [3]. Гранулометрический состав гумусового горизонта площадки Sch-3 диагностирован как суглинок легкий. Далее, вниз по профилю, он трансформируется до легкой и средней глины. По гранулометрическому составу все горизонты с площадки Szi-2 представлены суглинком тя-

желым. Гумусовый горизонт площадки Spar-1 тяжелосуглинистый, затем он трансформируется до легкой глины, а в нижнем горизонте до связного песка. На всех площадках содержание суммы обменного кальция и магния высокое в подстилке и в нижней части профиля.

Аналогичное распределение кальция и магния было обнаружено в некоторых почвенных разрезах в южно-таежных лесах Урала [12].

Таблица 2

Физико-химические показатели почв

Площадка	Горизонт	Глубина, см	pH водн.	Физическая глина, %	ΣCa+Mg	Si _{обм.}	Fe _{орг.}
					мг/кг		
Sch-3	O	0-3	5,3	Не опр.	5503,1	4803,2	2215,8
	AУ	3-8	5,2	27,0	1272,8	16061,0	2137,5
	AYe	8-13	5,4	24,4	877,2	3697,9	1287,2
	ELM	13-21	5,9	12,5	347,4	3742,4	486,9
	BEL	21-26	4,6	64,5	2186,9	3456,6	310,7
	BM	26-40...	5,3	74,5	2303,8	3893,3	155,4
Szi-2	O	0-5,5	5,3	Не опр.	3663,5	9246,4	2773,0
	AУ	5,5-10	4,6	43,8	1389,6	21868,5	2352,1
	ELM	10-25	4,8	42,9	232,1	4955,2	734,6
	BEL	25-32	4,9	44,3	1099,1	4402,6	430,0
	BM	32-48	5,1	50,2	9620,3	5041,2	408,2
Spar-1	O	0-5	5,9	Не опр.	4875,4	10416,7	2534,4
	AУ	5-8	4,5	49,0	1196,9	12364,1	2063,7
	EL	8-18	5,5	53,9	887,5	4004,4	1567,6
	BEL	18-32	5,6	58,0	1275,9	6548,0	407,7
	BT	32-...	5,7	5,3	1626,4	4216,9	560,8

Внутрипрофильное распределение органического железа на всех площадках аккумулятивного типа. Такая же закономерность проявлялась в буроземах верхних частей склонов в горно-лесных почвах [11].

Внутрипрофильное распределение обменного кремния недифференцированное. Максимальные концентрации обменного кремния обнаружены в гумусовом горизонте.

По результатам регрессионного анализа было получено уравнение зависимости C_{гк}/C_{фк} от возможных предикторов (для площадок Sch-3 и Szi-2)

$$C_{гк}/C_{фк} = -0,0367 + 0,80 \times 10^{-4} Si_{обм.} + 1,88 \times 10^{-4} Fe_{орг.} - 0,22 \times 10^{-4} \Sigma Ca+Mg$$

(N = 9; R² = 0,99).

Переменные Fe_{орг.} и ΣCa+Mg из уравнения можно исключить, поскольку их вклад не значим (p<0,05).

Тип гумуса в профиле площадок в большей степени зависит от содержания обменного кремния. Полученную зависимость можно интерпретировать исходя из имеющихся литературных данных. Известно, что образование кремнегумусовых комплексов возможно на поверхности кристаллических или аморфных форм кремнезема [1, 5]. Подвижность и растворимость кремния зависит от pH, содержания почвенной влаги и гумусовых веществ [4, 13]. Гуминовые кислоты могут стабилизировать растворимые формы кремния, формируя малорастворимые продукты поликонденсации [8]. Полученная модель носит скорее описательный характер, поскольку она строится только по кон-

кратному числу параметров на данном участке почвы. Безусловно, в число возможных факторов, влияющих на состав гумуса, могут входить и другие соединения, в частности содержание тяжелых металлов.

Заключение. Содержание и состав органического вещества, распределение физико-химических компонентов исследуемых почв с площадок района Биологической станции УрФУ типичны для данной почвенной провинции Урала. Различия в профилном распределении веществ между двумя почвами, помимо их генетических особенностей, также могут зависеть от рельефа. Тип гумуса бурозема в большей степени определяется содержанием обменного кремния в почве. Использование регрессионного анализа позволяет оценить значимость каждого параметра в образовании гумуса различных типов почв. Почвы Биологической станции можно использовать в качестве полигона сравнения с другими объектами. В зависимости от поставленных целей количество предикторов состава гумуса можно расширить.

Литература

1. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980. – 288 с.
2. *Гафуров Ф.Г.* Почвы Свердловской области. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. – 396 с.
3. *Добровольский Г.В.* Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
4. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
5. Получение метоксисильных производных гуминовых кислот с использованием 3-изоцианатопропилтриметоксисилана / *Л.А. Карпюк, А.А. Калакин, И.В. Перминова* [и др.] // Вестник Москов. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2008. – Т. 49. – № 6. – С. 395–402.
6. *Молоков В.А., Степень Р.А., Хребтов Б.А.* Гумус горных почв темнохвойных лесов Южной Сибири // Почвоведение. – 1984. – № 1. – С. 24–31.
7. Флора и растительность Биологической станции Урал. гос. ун-та / *В.А. Мухин, А.С.*

- Третьякова, А.Ю. Тентина* [и др.]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – 132 с.
8. Кремний и гуминовые кислоты: моделирование взаимодействий в почве / *Е.Н. Офицеров, Г.К. Рябов, Ю.А. Убаскина* [и др.] // Известия Самар. науч. центра РАН. – 2011. – Т. 13. – № 4 (2). – С. 550–557.
 9. Моделирование динамики органического вещества почв / *А.В. Смагин, Н.Б. Садовникова, М.В. Смагина* [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 120 с.
 10. *Фирсова В.П., Павлова Т.С.* Почвенные условия и особенности биологического круговорота веществ в горных сосновых лесах. – М.: Наука, 1983. – 166 с.
 11. *Фирсова В.П., Павлова Т.С., Дедков В.С.* Биогеоценологические связи и почвообразование в сопряженных ландшафтах Среднего Урала. – Свердловск: Изд-во УрО АН СССР, 1990. – 134 с.
 12. *Фирсова В.П., Ржанникова Г.К.* Почвы южной тайги и хвойно-широколиственных лесов Урала и Зауралья // Лесные почвы южной тайги Урала и Зауралья / под ред. *П.Л. Горчаковского, В.П. Фирсовой.* – Свердловск: Урал. науч. центр АН СССР, 1972. – С. 3–87.
 13. Кремний и методы его определения / *А.Х. Шейджен, Т.Ф. Бочко, С.А. Рябцева* [и др.]. – Майкоп: Изд-во МГТИ, 2002. – 41 с.
 14. *Schnitzer M.* Reactions between Fulvic Acid, a Soil Humic Compound and Inorganic Soil Constituents // Soil Science Society of America Proceedings. – 1969. – Vol. 33. – P. 75–81.

Literatura

1. *Aleksandrova L.N.* Organicheskoe veshhestvo pochvy i protsessy ego transformatsii. – L.: Nauka, 1980. – 288 s.
2. *Gafurov F.G.* Pochvy Sverdlovskoj oblasti. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2008. – 396 s.
3. *Dobrovol'skij G.V.* Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii. – Smolensk: Ojkumena, 2004. – 342 s.
4. *Kabata-Pendias A., Pendias KH.* Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh: per. s angl. – M.: Mir, 1989. – 439 s.
5. Poluchenie metoksisil'nykh proizvodnykh guminovyx kislot s ispol'zovaniem 3-izotsianatopropiltrimetoksisilana / *L.A. Karpyuk,*

- A.A. Kalakin, I.V. Perminova [i dr.] // Vestnik Moskov. un-ta. Ser. 2. Khimiya. – 2008. – Т. 49. – № 6. – С. 395–402.
6. Molokov V.A., Stepen' R.A., Khrebtov B.A. Gumus gornyx pochv temnokhvoj-nykh lesov Yuzhnoj Sibiri // Pochvovedenie. – 1984. – № 1. – С. 24–31.
7. Flora i rastitel'nost' Biologicheskoy stantsii Ural. gos. un-ta / V.A. Mu-khin, A.S. Tret'yakova, A.Yu. Teptina [i dr.]. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2003. – 132 s.
8. Kremnij i guminovye kisloty: modelirovanie vzaimodejstvij v pochve / E.N. Ofitserov, G.K. Ryabov, Yu.A. Ubas'kina [i dr.] // Izvestiya Samar. nauch. tsentra RAN. – 2011. – Т. 13. – № 4 (2). – С. 550–557.
9. Modelirovanie dinamiki organicheskogo veshhestva pochv / A.V. Smagin, N.B. Sadovnikova, M.V. Smagina [i dr.]. – М.: Izd-vo MGU, 2001. – 120 s.
10. Firsova V.P., Pavlova T.S. Pochvennye usloviya i osobennosti biologicheskogo krugovorota veshhestv v gornyx sosnovykh lesakh. – М.: Nauka, 1983. – 166 s.
11. Firsova V.P., Pavlova T.S., Dedkov V.S. Biogeotsenoticheskie svyazi i pochvoobrazovanie v sopryazhennykh landshaftakh Srednego Urala. – Sverdlovsk: Izd-vo UrO AN SSSR, 1990. – 134 s.
12. Firsova V.P., Rzhannikova G.K. Pochvy yuzhnoj tajgi i khvojno-shirokolistvennykh lesov Urala i Zaural'ya // Lesnye pochvy yuzhnoj tajgi Urala i Zaural'ya / pod red. P.L. Gorchakovskogo, V.P. Firsovoj. – Sverdlovsk: Ural. nauch. tsentr AN SSSR, 1972. – С. 3–87.
13. Kremnij i metody ego opredeleniya / A.Kh. Sheudzhen, T.F. Bochko, S.A. Ryabtseva [i dr.]. – Majkop: Izd-vo MGTI, 2002. – 41 s.
14. Schnitzer M. Reactions between Fulvic Acid, a Soil Humic Compound and Inorganic Soil Constituents // Soil Science Society of America Proceedings. – 1969. – Vol. 33. – P. 75–81.

УДК 635.9:572.8:581.192.6 (571.14)

Л.Л. Седельникова, О.В. Чанкина

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ КРАСОДНЕВА ГИБРИДНОГО (*HEMEROCALLIS HYBRIDA*) В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

L.L. Sedelnikova, O.V. Chankina

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE VEGETATIVE ORGANS OF *HEMEROCALLIS HYBRIDA* IN URBAN ENVIRONMENT

Изучен элементный состав надземных и подземных органов *Heimerocallis hybrida hort.* – красоднев гибридный сем. *Heimerocallidaceae*. В работе использовали два сорта *Speak to me* – *Спик ту ми* и *Regal Air* – *Регал Айр*. Элементный состав определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ), основанном на взаимодействии вещества с высокоэнергетическим электромагнитным излучением СИ. Представлены результаты исследования элементного состава вегетативных органов *Heimerocallis hybrida*. Проанализировано содержание тяжелых металлов в листьях и корневых частях у сортов *Regal Air* и *Speak to me*, выращиваемых в городской среде. Изучено количество девяти элементов разной степени

токсичности у надземных и подземных органов в семи промышленных зонах и зоне автотранспортных дорог Советского района г. Новосибирска и Бердска. Выявлены родственные связи содержания в листьях и корневых частях девяти аддитивных элементов: Pb, Ni, Co, Zn, Fe, Mn, Ca, Sr, Cu у двух сортов *Heimerocallis hybrida*: *Regal Air* и *Speak to me*, отличающихся их количественным содержанием. По величине абсолютного содержания в надземных органах *Speak to me* и *Regal Air* элементы располагаются в одинаковом порядке: Ca>Fe>Sr>Mn>Zn>Cu>Ni>Pb>Co. Однако количественное содержание данных элементов у сорта *Regal Air* в листьях выше, чем у сорта *Speak to me*. Наиболее высокое содержание элементов в листьях обнаружено в промыш-