

Некрасова О.А.¹, Дергачева М.И.², Учаев А.П.¹¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия²Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, Россия
E-mail: o_nekr@mail.ru

К РЕЦЕНТНОЙ ОСНОВЕ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ ПО ГУМУСУ ПАЛЕОПОЧВ УРАЛА

При проведении реконструкции природной среды прошлого методами палеопочвоведения в качестве одного из значимых диагностических признаков используется состав гумуса. Интерпретация материалов базируется на рецентной основе – аналогичных характеристиках современных почв разных условий формирования как на территории расположения палеопочв, так и сопредельных с ними. Для выявления голоцен-плейстоценовой эволюции природной среды Урала требуются материалы изучения особенностей состава гумуса разных типов почв различных его регионов, в том числе и Среднего Урала, для которого не обобщены сведения о гумусе.

На основании обобщения оригинальных и литературных материалов изучения особенностей состава гумуса современных типов почв Среднего Урала установлена близость большинства характеристик гумуса и достоверные различия отдельных из них в наиболее распространенных в этом регионе равнинных дерново-подзолистых и бурых горно-лесных почвах. Выявлено, что по содержанию отдельных групп гумусовых веществ и интегральному показателю – Сгк:Сфк – различия достоверны. Среди достоверно различающихся характеристик состава гумуса значимые различия выявлены только для содержания общего органического углерода, а также ФК1а, ФК2, ФК3. Параметры состава гумуса серых лесных почв Среднего Урала типичны для подобных почв других регионов Урала и прилегающих территорий.

Установлено, что дерново-подзолистые и бурые горно-лесные почвы Среднего Урала, формирующиеся в границах единой биоклиматической зоны при разном положении в рельефе, имеют близкие характеристики качественного состава гумуса. Получены пределы варьирования интегрального показателя состава гумуса в дерново-подзолистых, бурых горно-лесных и серых лесных современных почвах Среднего Урала, которые дадут возможность воссоздавать условия гумусообразования в палеопочвах, формировавшихся в аналогичных им биоклиматических условиях.

Ключевые слова: почвы, гумус, палеоэкологические реконструкции, Урал.

Успех проведения реконструкций палеоэкологических условий обитания человека по гумусовым веществам палеопочв в значительной степени зависит от наличия добротной рецентной основы, поскольку при проведении диагностики палеоприродной среды по палеопочвам или отдельным их компонентам принято сопоставлять устойчивые во времени признаки древних и современных почв, выявляя в них аналогичные характеристики. Объем материалов, характеризующих современные почвы, должен быть статистически значим и охватывать как можно большее разнообразие сочетанности условий их формирования, что существенно облегчает обнаружение аналогов разновозрастных почв по их свойствам. При получении таких массивов данных исследователи испытывают затруднения, поскольку типичных и, главное, ненарушенных, участков для выбора фоновых рецентных целинных почв в связи с активным вмешательством человека в естественный ход развития экосистем становится с каждым годом все меньше. Кроме того, палеопочвоведы часто имеют дело с педокомплексами, включающими почвы разных условий формиро-

вания и требующими анализа большого числа современных почв для обнаружения аналогов. Все вышесказанное и предопределяет необходимость использования при проведении палеоэкологических реконструкций палеопедологическими методами рецентной (современной) основы, представляющей собой среднестатистические характеристики значимых для этих целей показателей фоновых почв разных условий формирования, основанной на большом массиве данных. Ввиду того, что многие почвенные параметры имеют не только зональный, но и факультетный характер, рецентная основа должна включать характеристики фоновых почв как можно большего разнообразия конкретных локальных территорий.

Урал в отношении палеоэкологических исследований является активно изучаемой территорией, поскольку человек обитал здесь в течение различных временных интервалов. В отличие от содержания гумуса, которое в палеопочвах снижается во времени [1] и используется главным образом для их выделения в толщах разновозрастных отложений [2]–[5], состав этого компонента почв широко применяется в большинстве исследова-

ний, начиная с работы [6] в качестве одного из комплекса диагностических признаков как традиционным палеопедологическим методом так и педогумусовым методом [7]–[11]. Базовыми показателями в последнем методе являются характеристики состава и свойств гуминовых кислот (ГК), в том числе их соотношения с другими компонентами гумуса. Но какие бы подходы к реконструкции палеоприродной среды с использованием сведений о гумусе ни использовались, интерпретация материалов требует рецентной основы – подобных характеристик для современных почв разных условий формирования на тех же территориях, где расположены палеопочвы, и сопредельных с ними. Для Урала в принципе имеются обобщения сведений о гумусе, но только для его южных его районов, тогда как для Среднего Урала они пока крайне малочисленны.

В связи с этим в настоящей публикации дается фактологический анализ статистически значимых материалов состава гумуса наиболее распространенных почв Среднего Урала с целью использования их в качестве рецентной основы при проведении диагностики и реконструкции палеоэкологических условий обитания человека и палеоприродной среды в целом на этой и пограничных с ней территориях.

Объекты и методы исследования

Объекты изучения – современные почвы, в своей совокупности составляющие около половины почвенного покрова Среднего Урала: серые лесные и дерново-подзолистые почвы равнинных условий формирования и бурые горно-лесные почвы возвышенных участков. Серые лесные почвы распространены в подтаежных или лесостепных ландшафтах с мелколиственными лесами или их сочетании с остепненными лугами, остальные приурочены к подзоне южной тайги, которая в настоящее время представлена производными от темнохвойной тайги хвойно-мелколиственными лесами. Информация о климатических условиях

территорий распространения изученных типов почв для Среднего Урала составлена по [12], [13], и приведена в таблице 1.

Областям распространения бурых горно-лесных почв присущи самые низкие значения пределов варьирования среднегодовых температур воздуха, суммы активных температур, продолжительности периода биологической активности (ПБА), и наибольшее количество выпадающих за год осадков, а также более широкий диапазон значений гидротермического коэффициента. Территории, занятые серыми лесными почвами, характеризуются наиболее высокими показателями теплообеспеченности и наименьшими – влагообеспеченности. Дерново-подзолистые почвы по сравнению с другими распространены на территориях с промежуточными параметрами всех сопоставляемых климатических показателей. Области температурных характеристик и продолжительности ПБА ареалов распространения дерново-подзолистых и бурых горно-лесных почв значительно перекрываются между собой, однако по количеству выпадающих осадков они имеют явные различия (см. табл. 1).

В настоящей публикации обсуждаются материалы изучения верхней 10-см толщи гумусовых горизонтов, характеристики которых в наибольшей степени адекватны современным экологическим условиям формирования почв. В них определялся общий органический углерод методом Тюрина и состав гумуса – по методике [14]. Также обобщались те литературные материалы по Среднему Уралу, в которых качественный состав гумуса изучался по аналогичной методике.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ качественного состава гумуса изученных фоновых почв Среднего Урала (табл. 2) выявил, что на долю гуминовых кислот в составе гумуса дерново-подзолистых почв приходится не более одной четверти. Наибольшая их доля (17%)

Таблица 1 – Климатические характеристики территорий распространения разных типов почв Среднего Урала

Тип почв	Среднегодовая t воздуха, °С	Среднегодовые осадки, мм	∑ температур > 10 °С	ПБА, дни	ГТК*
Серые лесные	1,0–1,6	490–530	1830–2020	120–128	1,2–1,4
Дерново-подзолистые	0,7–0,9	540–580	1640–1850	112–120	1,4–1,6
Бурые горно-лесные	0,4–0,8	580–630	1600–1800	108–116	1,4–1,7

* ГТК – гидротермический коэффициент

приходится на фракцию свободных и связанных с подвижными полуторными оксидами гуминовых кислот (ГК1), меньшая доля – около 4% – на связанные с глинистыми частицами (ГК3), минимальные количества – на черные гуминовые кислоты (ГК2). Доля фульвокислот (ФК) в гумусе составляет около 30%, почти половина из которых приходится на фракцию, связанную с бурыми ГК. Отношение ГК и ФК (С_{гк}:С_{фк}) в среднем составляет 0,74±0,13 и соответствует гуматно-фульватному типу гумуса.

Бурые горно-лесные почвы близки по составу гумуса к дерново-подзолистым почвам, что проявляется в доминировании среди экстрагируемых фракций бурых ГК и связанных с ними ФК, в сходном суммарном содержании каждого их компонентов (ГК и ФК) и отражается в очень близких значениях интегрального показателя состава гумуса – С_{гк}:С_{фк} (0,77±0,10). Обращают на себя внимание меньшие пределы варьирования содержания ГК и ФК в составе гумуса бурых горно-лесных почв по сравнению с предыдущими (табл. 2).

Оценка различий состава гумуса дерново-подзолистых и бурых горно-лесных почв по критерию Стьюдента показала, что во всех случаях характеристики группового состава гумуса (долевого содержания ГК, ФК, гуминов и соотношения первых двух групп между собой – С_{гк}:С_{фк}) различаются недостоверно, как и отдельные фракции гуминовых кислот, для которых расчетные значения достоверности различий существенно мень-

ше, чем табличные величины критерия Стьюдента для соответствующих массивов данных как при p≤0,01, так и при p≤0,05. В то же время, среди характеристик гумуса этих почв содержание С общ., а также доли ФК1а, ФК2 и ФК3 различаются достоверно. Из-за ограниченного объема статьи расчетные материалы нами не приводятся.

Гумус серых лесных почв Среднего Урала закономерно отличается по групповому и фракционному составу от рассмотренных выше почв. Он характеризуется образованием в 4 раза большего количества связанных с кальцием ГК и за счет этой фракции их суммарного содержания, а также меньшей долей фр. ФК1 и, соответственно, ФК в целом. С_{гк}:С_{фк} составляет в среднем 1,25±0,16, то есть гумус имеет фульватно-гуматный состав, что резко отличает его от такового дерново-подзолистых и бурых горно-лесных почв, но не противоречит количественным характеристикам для других регионов России [15].

Таким образом, выявлено сходство и различия в групповом и фракционном составе гумуса дерново-подзолистых почв равнинных территорий и бурых горно-лесных почв горных склонов Среднего Урала. Близость показателей состава гумуса по большинству его параметров может быть отражением сходства биоклиматических условий их функционирования. Дерново-подзолистые и бурые горно-лесные почвы формируются на изучаемой территории главным образом под смешанными лесами с различным соотношением хвойных и лиственных пород. Температурные

Таблица 2 – Углерод разных групп и фракций гумуса наиболее распространенных почв Среднего Урала (% к общему органическому углероду)

Показатели	Собщ, %	Фракции гуминовых кислот			ΣГК	Фракции фульвокислот				ΣФК	Гуммины	Сгк: Сфк
		ГК1	ГК2	ГК3		ФК1а	ФК1	ФК2	ФК3			
Дерново-подзолистые почвы (n=24)												
\bar{x} *	4,08	16,9	2,2	4,5	24,5	3,6	15,7	9,2	4,0	33,2	42,9	0,74
s**	1,46	6,2	2,1	3,3	6,2	1,5	4,7	6,6	3,1	9,6	16,2	0,13
Бурые горно-лесные почвы (n=34)												
\bar{x}	5,49	15,5	2,4	6,2	23,8	5,3	15,0	5,6	7,2	31,3	41,7	0,77
s	2,09	4,3	2,2	3,4	3,7	3,6	6,3	4,3	4,5	4,1	12,4	0,10
Серые лесные почвы (n=10)												
\bar{x}	4,37	14,1	9,9	6,1	31,9	4,4	11,6	3,5	4,8	25,4	45,4	1,25
s	1,98	7,7	4,0	3,1	7,4	1,5	3,3	3,4	4,0	6,2	16,1	0,16

\bar{x} * – среднее значение,
** – стандартное отклонение

показатели их функционирования перекрываются, а часть выпадающих в больших количествах в горных районах осадков уходит из почвенного профиля, благодаря хорошему дренажу, обеспечивающемуся щебнистостью горных пород, что создает близкие к равнинным температурно-влажностные условия почв. Все это, очевидно, предопределяет формирование сходных систем гумусовых веществ в дерново-подзолистых и бурых горно-лесных почвах.

Среди характеристик группового и фракционного состава гумуса, применяемых при диагностике палеоприродной среды, наиболее информативным, хорошо сохраняющимся во времени, является интегральный показатель соотношения ГК и ФК его составе [15]. На основании полученных пределов варьирования интегрального показателя в современных почвах Среднего Урала можно восстанавливать условия гумусообразования в палеопочвах, формировавшихся в аналогичных им биоклиматических условиях.

Дерново-подзолистые и бурые горно-лесные почвы Среднего Урала, формирующиеся в границах единой биоклиматической зоны даже при разном положении в рельефе, имеют сходные средние характеристики качественного состава гумуса.

Заключение

Полученные материалы, характеризующие гумус современных дерново-подзолистых, бурых горно-лесных и серых лесных почв Среднего Урала, дополняют имеющуюся в распоряжении авторов базу данных по эколого-гумусовым связям фоновых почв территории Урала и могут быть использованы для проведения диагностики природной среды прошлого этого региона как классическим, так и педогумусовым методами палеопочвоведения. Материалы настоящей публикации будут также полезны при проведении мониторинговых исследований состояния почв Средне-Уральского региона.

14.09.2017

Список литературы:

1. Дергачева М.И., Зыкина В.С. Органическое вещество ископаемых почв. Новосибирск: Наука, 1988. 126 с.
2. Gendler, T.S., Heller, F., Tsatskin, A., Spassov, S., Du Pasquier, J., Faustove, S.S., 2006. Roxolany and Novaya Etuliya-key sections in the western Black Sea loess area: Magnetostratigraphy, rock magnetism, and paleopedology. *Quaternary International* 152–153, 78–93.
3. Rutter, N.W., Velichko, A.A., Dlussky, K.G., Morozova, T.D., Little, E.C., Nechaev, V.P., Evans, M.E., 2006. New insights on the loess/paleosol Quaternary stratigraphy from key sections in the U.S. Midwest. *Catena* 67, 15–34.
4. Velichko, A.A., Catto, N.R., Kononov, M.Y., Morozova, T.D., Novenko, E.Yu., Panin, P.G., Ryskov, G.Ya, Semenov, V.V., Timireva, S.N., Titov, V.V., Tesakov A.S., 2009. Progressively cooler, drier interglacials in southern Russia through the Quaternary: Evidence from the Sea of Azov region. *Quaternary International* 198, 204–219.
5. Nawrocki, J., Lanczont M., Rosowiecka, O., Bogucki A.B., Magnitostratigraphy of the loess-paleosol key Palaeolithic section at Korolevo (Transcarpatian, W. Ukraine), *Quaternary International* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.12>.
6. Чичагова О.А. О составе гумуса погребенных почв различных типов почвообразования // Географ. сообщения. 1961. Вып. 2. С. 74–76.
7. Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. 228 с.
8. Dergacheva, M.I. Pedohumic method in paleoenvironmental reconstructions: an example from Middle Siberia // *Quaternary International*. 2003. Vol. 106–107. PP. 73–78.
9. Fedeneva I.N., Dergacheva M.I. Soilscape evolution of West Tien Shan during the Late Pleistocene based on humus properties of the Obi-Rakhmat archaeological site. // *Quaternary International*. 2006. Vol. 156–157. PP. 60–69.
10. Dergacheva M., Nekrasova O., Uchaev A., Bazhina N. Sarykul paleosol in Southern Urals sediments (Russia) // *Quaternary International*. 2016. Vol. 420. PP. 90–100.
11. Dergacheva M, Fedeneva I, Bazhina N, Zenin V, Nekrasova O. Shestakovo site of Western Siberia (Russia): pedogenic features, humic substances and paleoenvironment reconstructions for last 20–25 ka. *Quaternary International*. 2016. Vol. 420. PP. 199–207.
12. Справочник по климату СССР. Вып. 9. Ч.2. Температура воздуха и почвы, Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1965. 363 с.
13. Справочник по климату СССР. Вып. 9. Ч. 4. Влажность воздуха и осадки, 1968. 372 с.
14. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов // Почвоведение. 1968. № 11. С. 104–117.
15. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.

Сведения об авторах:

Некрасова Ольга Анатольевна, доцент департамента наук о Земле и космосе Института Естественных наук и математики Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, кандидат биологических наук, e-mail: o_nekr@mail.ru

Дергачева Мария Ивановна, главный научный сотрудник лаборатории биогеоценологии Института почвоведения и агрохимии СО РАН, доктор биологических наук, e-mail: mid555@yandex.com
630090, г. Новосибирск, Россия, пр. Академика Лаврентьева, 8/2

Учаев Антон Павлович, ассистент департамента наук о Земле и космосе Института Естественных наук и математики Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, e-mail: uchaev89@inbox.ru

620002, г. Екатеринбург, Россия, ул. Мира, 19