

УДК 631.4

doi: 10.17223/19988591/34/2

П.А. Никитич, Е.В. Каллас, Д.В. Еремеева

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия*

Особенности почв черневых лесов Западной Сибири

Показаны особенности дерново-подзолистых почв черневых лесов Салаира и специфика их гумусовых профилей. Выявлено, что почвы прошли в своем развитии одну лесную стадию почвообразования, поскольку относительные максимумы $C_{ГК}:C_{ФК}$ приуроченные к слоям 20–30 и 60–70 см, незначительно превышают 1 и связаны с уменьшением доли ФК, характер изменения по профилю которых отражает колебания влажности климата на протяжении периода формирования почв, не приводящие к смене типа почвообразования. Гумусовые профили исследованных почв являются моногенетичными полифазными и несут информацию о неконтрастной их эволюции в условиях лесного педогенеза.

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы; гумусовый профиль; стадия и фаза почвообразования.

Введение

Черневые леса Западной Сибири, в том числе Салаира, представлены девственными осиновыми и пихтово-осиновыми крупнотравными лесными массивами, включающими комплекс неморальных плиоценовых реликтовых видов – остатков широколиственных лесов, существовавших на территории Сибири в доледниковую эпоху. Этот памятник природы привлекает внимание специалистов разных областей знаний, изучающих уникальный объект с позиций истории его развития в прошлом и сохранения в будущем. Связующим звеном всех компонентов экосистем, включая черневые леса Салаира, является почва, выполняющая ряд глобальных функций в биосфере, одна из которых – информационная. В почвенном профиле, согласно активно развиваемой в последние несколько десятилетий концепции «памяти почв» [1], устойчивые во времени признаки хранят информацию о природной среде, т.е. о факторах почвообразования, в условиях которых шло развитие почвы от «нуль-момента» до настоящего времени [2]. Поскольку знания о формировании почв на предыдущих этапах развития природной среды позволяют прогнозировать их поведение в будущем при изменении как естественных, так и антропогенных условий, исследование почв с точки зрения их эволюции является актуальным.

Влиянию геологических, геоморфологических, биологических, климатических условий, в том числе температуры и влажности, на развитие почв уделяется большое внимание многими исследователями, изучающими разные аспекты воздействия тех или иных факторов на почвообразование [3–5]. Вопросы устойчивости и чувствительности почв в целом и почвенного органического вещества в частности к изменению атмосферных температур и других климатических параметров, определяющих экологическую обстановку почвообразования, активно обсуждаются в зарубежной научной литературе [6–11]. Однако в настоящее время важно изучать влияние климатических параметров на свойства почвы не только в глобальном масштабе, приоритетным должно быть выявление закономерностей поведения почв при изменении природной среды на региональном и локальном уровнях. Это позволит оценивать направленность и скорость их изменчивости при различных воздействиях.

Далеко не все свойства и признаки почв можно использовать в качестве источника информации об эволюции физико-географической среды. Согласно М.И. Дергачевой [12], наиболее универсальным носителем памяти почв, фиксирующим все изменения, происходящие в природной среде, является система гумусовых веществ, формирование которой обусловлено термодинамическими условиями [13]. Гумусовый профиль почв, как показано в более ранних работах [14–16], отражает все стадии и фазы почвообразования на протяжении истории их формирования.

Цель данной работы – выявить особенности гумусовых профилей почв Салаира, несущих информацию об условиях почвообразования в период их развития.

Материалы и методики исследования

Объектами исследования являются гумусовые профили дерново-подзолистых сверхглубокоосветленных почв западного макросклона Салаирского кряжа, развитых в условиях черневых лесов на тяжелых по гранулометрическому составу лессовидных отложениях. Особенности этих почв заключаются в большой мощности оподзоленного горизонта и отсутствии или малой мощности лесной подстилки, что связано со спецификой климатических условий их формирования, высокой биологической активностью и характером почвообразующих пород.

Почвы изучались с помощью полевого, сравнительно-географического и морфологического методов. Использовались общепринятые методики исследования физико-химических свойств почв [17]. Групповой и фракционный состав гумуса определялся методом И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [18].

Результаты исследования и обсуждение

Почвы надежно хранят в своих свойствах и признаках информацию об окружающей среде за весь период своего существования. Одни свойства обладают лишь «ближней памятью», т.е. отражают современные факторы почвообразования и соответствуют протекающим в настоящее время процессам, другие имеют «дальнюю память», т.е. хранят информацию обо всех этапах эволюции природной среды на протяжении истории своего развития. К последним, как показано ниже, относятся гумусовые профили почв.

Исследованные почвы характеризуются типичным для данного типа и подтипа строением почвенного профиля с хорошо выраженным гумусово-аккумулятивным горизонтом АУ мощностью 11–20 см, большой протяженностью оподзоленной толщи (более 50 см) и иллювиального текстурного горизонтов. Они имеют высокое содержание гумуса в верхнем 10–15-сантиметровом слое (до 11%), что свидетельствует об интенсивном дерновом процессе и гумусообразовании под крупнотравным наземным покровом, что связано с большим количеством поступающей биомассы, высокой емкостью и скоростью биологического круговорота, значительной численностью микроорганизмов и активно протекающими микробиологическими процессами на протяжении большей части годового цикла. Для почв характерны слабокислая реакция почвенного раствора, невысокая емкость поглощения (26–29 мг-экв/100 г почвы в гумусовом горизонте), низкие гидролитическая кислотность и насыщенность основаниями (таблица). Унаследованный от почвообразующих пород гранулометрический состав средне- и тяжелосуглинистый, с преобладанием «лессовых» крупнопылеватых фракций. Тип распределения высокодисперсных частиц отражает элювиально-иллювиальную дифференциацию профилей с накоплением ила в иллювиальных текстурных горизонтах, что связано с кислотным гидролизом минеральной части почв и лессиважем.

Аналитическая характеристика дерново-подзолистых почв Салаира
[Analytical characteristics of soddy- podzolic soils of Salair]

Горизонт, глубина, см [Horizon, depth, cm]	Гумус [Humus], %	рН суспензии [pH of suspension]		Поглощенные основания, мг·экв/100 г почвы [Absorbed bases, mg eq/100 g of soil]		Гидроли- тич. кис- лотность, мг·экв/100 г почвы [Hydrolytic acidity, mg eq/100 g of soil]	Степень насыщ. основани- ями [Degree of base saturation], %
		водной [water]	солевой [salt]	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
Разрез [Profile] 1-C10							
AY 2–14	11,70	5,53	4,81	28,4	1,0	7,00	81
AEL 20–30	4,15	5,34	3,86	16,0	6,0	8,40	65
EL 50–60	1,74	5,41	3,79	8,6	9,4	6,65	69
BEL 75–85	1,36	5,63	3,66	16,0	3,8	5,42	74

Окончание таблицы [Table (end)]

Горизонт, глубина, см [Horizon, depth, cm]	Гумус [Humus], %	pH суспензии [pH of suspension]		Поглощенные основания, мг-экв/100 г почвы [Absorbed bases, mg eq/100 g of soil]		Гидроли- тич. кис- лотность, мг-экв/100 г почвы [Hydrolytic acidity, mg eq/100 g of soil]	Степень насыщ. основани- ями [Degree of base saturation], %
		водной [water]	солевой [salt]	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
BTel 100–110	0,61	5,80	3,63	19,4	2,6	5,42	81
BTl 125–130	0,55	5,72	3,80	26,8	6,8	4,55	82
Разрез [Profile] 2-10C							
AY 0–10	5,49	5,98	5,10	22,4	5,2	3,10	91
AEL 20–30	2,56	5,81	4,18	10,0	6,0	2,80	86
EL1 43–53	1,81	5,84	4,06	5,6	7,4	2,80	82
EL2 53–63	1,48	5,77	3,83	4,0	9,2	3,15	85
BEL 70–80	0,66	5,76	3,77	9,2	7,0	2,97	87
BTel 90–100	0,49	5,79	3,83	16,6	7,4	2,62	89
BTl 110–120	0,47	6,14	3,82	15,0	16,4	2,62	90
BT2 135–145	0,36	6,41	4,06	14,6	13,0	1,75	93
Разрез [Profile] 3-10C							
AY 5–15	8,07	5,81	5,00	19,4	6,6	2,10	93
AEL 20–30	3,03	5,53	3,99	10,0	7,6	3,50	80
EL1 30–40	2,05	5,84	3,92	10,8	6,2	2,97	81
EL2 45–55	2,10	5,49	3,93	8,6	7,6	2,97	81
BEL 62–70	1,33	6,07	3,90	15,6	8,4	2,46	90
BTel 75–85	0,85	6,15	3,81	16,4	8,4	2,27	91
BTel 2 95–105	0,52	6,12	3,82	13,4	17,8	2,62	91
BTl 120–130	0,47	6,22	3,87	16,4	16,8	2,62	92

Групповой состав гумуса исследованных дерново-подзолистых почв характеризуется близкими долями гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) в верхнем 25-сантиметровом слое (горизонты AY, AEL), в связи с чем отношение углерода ГК к углероду ФК близко к 1 и составляет 0,92–1,14 (тип гумуса гуматно-фульватный и фульватно-гуматный). В нижних горизонтах значение $C_{гк}:C_{фк}$ снижается до 0,25 (тип гумуса фульватный).

Гуминовые кислоты принимают участие в формировании гумусового профиля в верхней 80–130-сантиметровой толще. Доля их составляет 14–32% от общего содержания органического углерода. Распределение этой группы веществ по профилям имеет идентичный характер: на фоне тенденции к снижению с глубиной отмечается относительное (до 31–39% от $C_{общ}$) увеличение доли гуминовых кислот в средней части гумусово-элювиально-го горизонта, где зафиксировано максимальное их содержание.

Доля ФК изменяется по профилю в широких пределах (21–60% от $C_{общ}$). На фоне флуктуаций количественных характеристик этого компонента гумуса выделяется несколько зон с относительно повышенными и пониженными его долями, что хорошо демонстрируется профилиграммами (рис. 1).

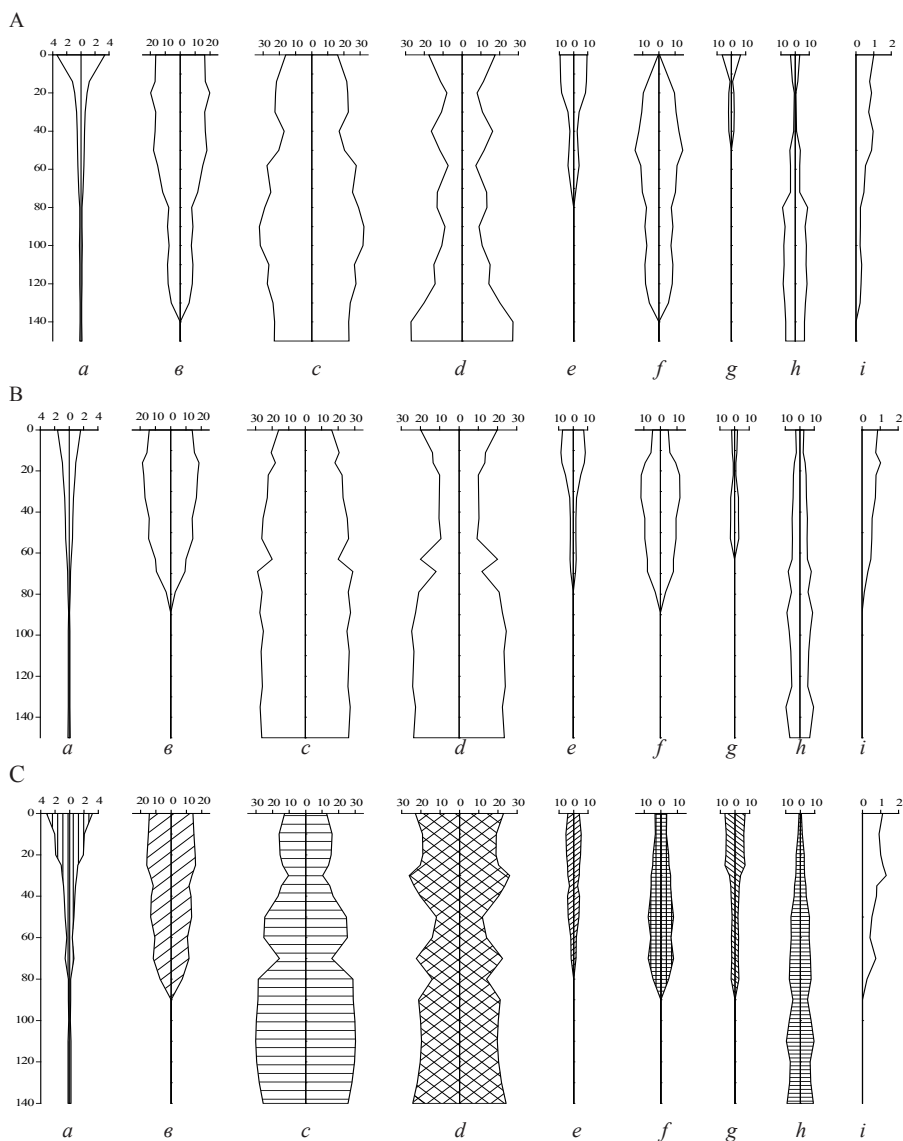


Рис. 1. Гумусовые профили дерново-подзолистых сверхглубокоосветленных почв Салаира: А – разрез 1-С10, В – разрез 2-С10, С – разрез 3-С10;

a – общий органический углерод, % к почве; содержание углерода групп и фракций гумусовых веществ, % к общему углероду; *b* – гуминовые кислоты (ГК);

c – фульвокислоты (ФК); *d* – негидролизуемые формы гумуса; *e* – ГК фракции 1;

f – ГК фракции 2; *g* – ГК фракции 3; *h* – ФК фракции 1а; *i* – $C_{\text{гк}} : C_{\text{фк}}$

Fig. Humus profiles of soddy-podzolic Salair soils. A - Soil profile 1-С10; B - Soil profile 2-С10; C - Soil profile 3-С10; *a* - Total organic carbon, % of the soil; the carbon groups and fractions of humic substances, % of total carbon; *b* - Humic acid (HA); *c* - Fulvic acids (FA);

d - Nonhydrolyzable forms of humus, *e* - HA fractions 1; *f* - HA fractions 2;

g - HA fractions 3; *h* - FA fractions 1а; *i* - $C_{\text{ha}} : C_{\text{fa}}$

Наличие относительных минимумов ФК в слоях 30–40 см (разрез 1-10С), 20–30 см (разрезы 2-10С и 3-10С), 60–70 см (разрез 3-10С) и увеличение долей ГК в этих же слоях обуславливает расширение отношения $C_{гк}$ к $C_{фк}$ до величин, близких к 1. Это может свидетельствовать о формировании почв в условиях меняющейся природной обстановки, а принимая во внимание тот факт, что ФК имеют тесную связь с количеством осадков, а ГК – с температурами [19], можно предположить, что почвы развивались при изменении влаго- и теплообеспеченности территории, но пределы этих изменений были невелики и не сопровождались сменой типа почвообразования (например, лесного на степной). Климатические условия в период формирования системы гумусовых веществ в вышеуказанных частях профилей были более влажными и теплыми.

Доля негидролизующихся форм гумусовых веществ изменяется по профилям от 15 (24) до 49 (55)% от $C_{общ}$. Наименьшей подвижностью (растворимостью) система гумусовых веществ характеризуется в горизонтах ВТ, где относительная доля гумина превышает 40–50%.

Анализ гумусовых профилей дерново-подзолистых почв позволил выявить в них сочетание признаков как современного почвообразования, так и более раннего. Первое выражается в групповом составе гумуса (близком количестве гуминовых и фульвокислот в гумусовом горизонте, что типично для почв данного подтипа), в направленности распределения по профилю ГК и ФК (снижение с глубиной первых и увеличение вторых), а также доминировании бурых ГК (фракция ГК-1) над гуматами кальция (фракция ГК-2) в поверхностных горизонтах, отражающих, как показано в [20], современные условия почвообразования.

Информация о предшествующем почвообразовании зафиксирована в расположенных ниже слоях профилей в относительно высоких для почв подзолистого типа долях гуматов кальция и низких – свободных фульвокислот фракции – 1а, а также флуктуациях в распределении по профилю ФК, что в целом свидетельствует об изменении теплообеспеченности и увлажнения территории на протяжении педогенеза.

Почвы Салаирского края могут быть отнесены к условно моногенетическим, поскольку в ходе аналитического исследования не обнаружены явные признаки (например, аккумуляция гумуса в других слоях, кроме поверхностных, расширение значения $C_{гк} : C_{фк}$ до величин, характеризующих гуматный тип гумуса и др.) почвообразования, протекавшего в иных (например, степных) условиях природной среды со сменой типа почвообразования. Выявляется одна лесная стадия почвообразования, поскольку максимумы $C_{гк} : C_{фк}$ незначительно превышают 1.

Однако почвы прошли несколько фаз развития в условиях меняющейся тепло- и влагообеспеченности территории, что не приводило к смене типа почвообразования, но фиксировалось в характеристиках гумусового профиля, а именно во флуктуациях ФК и накоплении ГК в форме гуматов кальция (в

фазы потепления климата) в слоях ниже современного гумусового горизонта. Подобная специфика гумусового профиля свидетельствует о полифазности почв и неконтрастной, по А.Л. Александровскому, Е.И. Александровской [21], их эволюции.

Заключение

Дерново-подзолистые сверглубокоосветленные почвы черневых лесов Салаира характеризуются типичным для почв этого типа строением почвенного профиля. Особенностью их является отсутствие или малая мощность лесной подстилки и большая мощность оподзоленного горизонта, что связано со спецификой климатических условий, определяющих высокую биологическую активность почв и интенсивное промывание их атмосферными осадками.

Характеристики гумусовых профилей исследованных почв свидетельствуют о неконтрастной их эволюции в условиях лесного педогенеза при смене нескольких фаз почвообразования, различающихся уровнем влаго- и теплообеспеченности территории. Гумусовые профили почв сохраняют информацию об особенностях природной среды на протяжении периода формирования почвенного тела, в связи с чем могут служить «инструментом» для реконструкции палеогеографической среды и построения моделей поведения почв в будущем.

Литература

1. *Память почв* : Почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий / отв. ред. В.О. Таргульян, С.В. Горячкин. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. 692 с.
2. *Таргульян В.О.* Память почв: формирование, носители, пространственно-временное разнообразие // *Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий* / отв. ред. В.О. Таргульян, С.В. Горячкин. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. С. 24–57.
3. *Sauer D., Schüllli-Maurer I., Sperstad R., Sorensen R., Stahr K.* Podzol development with time in sandy beach deposits in southern Norway // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2008. Vol. 171. P. 483–497.
4. *Vancampenhout K., Langohr R., Slaets J., Buurman P., Swennen R., Deckers J.* Paleopedological record of the Rocourt pedosequence at Veldwezelt–Hezerwater (Belgian Pleistocene loess belt): Part 2 – Soil formation // *Catena*. 2013. Vol. 110. P. 8–23.
5. *Meier H., Driese S., Nordt L., Forman S., Dworkin S.* Interpretation of Late Quaternary climate and landscape variability based upon buried soil macro- and micromorphology, geochemistry, and stable isotopes of soil organic matter, Owl Creek, central Texas, USA // *Catena*. 2014. Vol. 114. P. 157–168.
6. *Conant R.T., Drijber R.A., Haddix M.L., Parton W.J., Paul E.A., Plante A.F., Six J., Steinweg J.M.* Sensitivity of organic matter decomposition to warming varies with its quality // *Global Change Biology*. 2008. Vol. 14. P. 868–877.

7. Conant R.T., Steinweg J.M., Haddix M.L., Paul E.A., Plante A.F., Six J. Experimental warming shows that decomposition temperature sensitivity increases with soil organic matter recalcitrance // *Ecology*. 2008. Vol. 89. P. 2384–2391.
8. Pesochina L.S. The Formation of the Humus Profile of Chernozems in the Azov Povince // *Eurasian Soil Science*. 2008. Vol. 41, № 13. P. 51–56.
9. Lutzow M., Kodel-Knabner I. Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition – what do we know? // *Biology and Fertility of soils*. 2009. Vol. 46. P. 1–15.
10. Sauer D., Schellmann G., Stahr K. A soil chronosequence in the semi-arid environment of Patagonia (Argentina) // *Catena*. 2007. Vol. 71. P. 382–393.
11. Sauer D., Schüllli-Maurer I., Wagner S., Scarciglia F., Sperstad R., Svendgard-Stokke S., Sorensen R., Schellmann G. Soil development over millennial timescales - examples from different climates // *Earth and Environmental Science*. 2015. Vol. 25(1). P. 1–19.
12. Дергачева М.И. Гумусовая память почв // *Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий* / отв. ред. В.О. Таргульян, С.В. Горячкин. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. С. 530–560.
13. Dergacheva M.I. Pedohumic method in paleoenvironmental reconstructions: an example from Middle Siberia // *Quaternary International*. 2003. Vol. 106–107. P. 73–78.
14. Каллас Е.В., Кубрина Е.В. Специфика гумусового профиля лугово-черноземных почв южной тайги Западной Сибири // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2008. № 1(2). С. 63–70.
15. Каллас Е.В. Отражение стадийности и фазиальности почвообразования в гумусовых профилях лесостепных почв Кузнецкой котловины // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2009. № 6 (100). С. 573–578.
16. Каллас Е.В. Гумусовые профили почв подтайги Западной Сибири // *Вестник КрасГАУ*. 2009. Вып. 4. С. 30–36.
17. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
18. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). Л. : Наука, 1980. 222 с.
19. Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1997. 228 с.
20. Kohnke H., Stuff R.G., Miller P.A. Quantitative relations between climate and soil formation // *Z. Pflanzenernahr und Bodenkunde*. 1968. Vol. 119, № 1. P. 24–33.
21. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М. : Наука, 2005. 223 с.

*Поступила в редакцию 17.03.2016 г.; повторно 04.04.2016 г.;
принята 11.05.2016 г.; опубликована 23.06.2016 г.*

Авторский коллектив:

Никитич Полина Александровна – аспирант кафедры почвоведения и экологии почв Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия).

E-mail: polinkanick@mail.ru

Каллас Елена Витальевна – канд. биол. наук, доцент кафедры почвоведения и экологии почв Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия).

E-mail: lkallas@sibmail.com

Еремеева Диана Вячеславовна – студентка кафедры почвоведения и экологии почв Биологического института Национального исследовательского Томского государственного университета (г. Томск, Россия).

E-mail: eremeevadiana040294@gmail.com

Nikitich PA, Kallas EV, Ereemeeva DV. The features of taiga soils in Western Siberia. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya – Tomsk State University Journal of Biology*. 2016;2(34):19-29. doi: 10.17223/19988591/34/2 In Russian, English summary

Polina A. Nikitich, Elena V. Kallas, Diana V. Ereemeeva

Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

The features of taiga soils in Western Siberia

The aim of this research was to determine the characteristics of humus profiles and to analyse the coded information about the development stages and phases in these profiles.

We considered humus profiles as carriers of “soil memory” using the example of soddy-podzolic taiga soils of the Salair ridge (54°05'23" N, 85°49'40" E). Characteristics of humus profiles are presented by the indicators of group and fraction humus composition which was determined according to IV Tyurin in the modification of VV Ponomareva and TA Plotnikova.

We found that soils have high humus content in the upper 10-15 cm layer (up to 10%), indicating that the humus formation under intense tall ground cover is due to the large amount of incoming biomass, high capacity and speed of the biological cycle, with significant numbers of active microorganisms and microbiological processes. Slightly acidic reaction of the soil solution and low absorption capacity are characteristic of soils. We established that humus profiles of soddy-podzolic soils of the Salair reflect the non-contrasting evolution and fix one forest stage of soil formation in its structure (Cha:Cfa close to 1) as well as several phases of pedogenesis associated with changes in moisture and temperature.

We showed that the information about soil formation at the early stages of soil development was recorded in relatively high for soils of podzolic type fractions of humates of calcium and low - free fulvic acids of fraction-1A, as well as fluctuations in the distribution profile of fulvic acids, which generally indicates a change of thermal conditions and humidity of the territory during pedogenesis. We revealed several maxima in humus profiles of the ratio of carbon of humic acids to carbon of fulvic acids (in the layers 0-5, 20-30 and 60-70 cm), which also indicates a change in climatic conditions during soil formation. Thus, we demonstrated that humus profiles save information about the features of the natural environment over a period of formation of the soil body in its characteristics, and therefore can serve as a “tool” for the reconstruction of the paleogeographic environment and can be used to construct models of soil behaviour in the future.

The article contains 1 Figure, 1 Table, 21 References.

Key words: soddy-podzolic soils; humus profile; stage and phase of soil formation.

References

1. *Soil memory: Soil as a memory of biosphere-geosphere-anthroposphere interactions.* Targulian VO, Goryachkin SV, editors. Moscow: LKI Publ.; 2008. 692 p. In Russian
2. Targulian VO. Soil Memory: development, carriers, diversity in time and space. In: *Soil Memory: Soil as a Memory of Biosphere-Geosphere-Anthroposphere Interactions.* Targulian VO, Goryachkin SV, editors. Moscow: LKI Publ.; 2008. pp. 24-57. In Russian

3. Sauer D, Schüllli-Maurer I, Sperstad R, Sorensen R, Stahr K. Podzol development with time in sandy beach deposits in southern Norway. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2008;171(4):483-497. doi: [10.1002/jpln.200700023](https://doi.org/10.1002/jpln.200700023)
4. Vancampenhout K, Langohr R, Slaets J, Buurman P, Swennen R, Deckers J. Paleo-pedological record of the Rocourt pedosequence at Veldwezelt-Hezerwater (Belgian Pleistocene loess belt): Part 2 - Soil formation. *Catena*. 2013;110:8-23. doi: [10.1016/j.catena.2013.06.020](https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.06.020)
5. Meier H, Driese S, Nordt L, Forman S, Dworkin S. Interpretation of Late Quaternary climate and landscape variability based upon buried soil macro- and micromorphology, geochemistry, and stable isotopes of soil organic matter, Owl Creek, central Texas, USA. *Catena*. 2014;114:157-168. doi: [10.1016/j.catena.2013.08.019](https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.08.019)
6. Conant RT, Drijber RA, Haddix ML, Parton WJ, Paul EA, Plante AF, Six J, Steinweg JM. Sensitivity of organic matter decomposition to warming varies with its quality. *Global Change Biology*. 2008;14(4):868-877. doi: [10.1111/j.1365-2486.2008.01541.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01541.x)
7. Conant RT, Steinweg JM, Haddix ML, Paul EA, Plante AF, Six J. Experimental warming shows that decomposition temperature sensitivity increases with soil organic matter recalcitrance. *Ecology*. 2008;89(9):2384-2391. doi: [10.1890/08-0137.1](https://doi.org/10.1890/08-0137.1)
8. Pesochina LS. The formation of the humus profile of chernozems in the Azov Povince. *Eurasian Soil Science*. 2008;41(13):1406-1411. doi: [10.1134/S1064229308130085](https://doi.org/10.1134/S1064229308130085)
9. Lutzow M, Kodel-Knabner I. Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition - what do we know? *Biology and Fertility of soils*. 2009;46(1):1-15. doi: [10.1007/s00374-009-0413-8](https://doi.org/10.1007/s00374-009-0413-8)
10. Sauer D, Schellmann G, Stahr K. A soil chronosequence in the semi-arid environment of Patagonia (Argentina). *Catena*. 2007;71(3):382-393. doi: [10.1016/j.catena.2007.03.010](https://doi.org/10.1016/j.catena.2007.03.010)
11. Sauer D, Schüllli-Maurer I, Wagner S, Scarciglia F, Sperstad R, Svendgard-Stokke S, Sorensen R, Schellmann G. Soil development over millennial timescales - examples from different climates. IOP Conf. Series: *Earth and Environmental Science*. 2015;25(1):012009. doi: [10.1088/1755-1315/25/1/012009](https://doi.org/10.1088/1755-1315/25/1/012009)
12. Dergacheva MI. Humus as a Carrier of Soil Memory. In: *Soil Memory: Soil as a Memory of Biosphere-Geosphere-Anthroposphere Interactions*. Targulian VO, Goryachkin SV, editors. Moscow: LKI Publ.; 2008. pp. 530-560. In Russian
13. Dergacheva MI. Pedohumic method in paleoenvironmental reconstructions: an example from Middle Siberia. *Quaternary International*. 2003;106-107:73-78.
14. Kallas EV, Kybrina EV. Specific humus profile of the lygovo-chernozem soils of the south taiga Western Siberia. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2008;1(2):63-70. In Russian, English summary
15. Kallas EV. Otrazhenie stadiynosti i fazial'nosti pochvoobrazovaniya v gumusovyh profilyah lesostepnyh pochv Kuznetskoy kotloviny [Reflection of the stage and phase of soil formation in humus profiles of forest-steppe soils of the Kuznetsk Basin]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2009;6(100):573-578. In Russian
16. Kallas EV. Humus profiles of soil podtayga Western Siberia. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – The Bulletin of KrasGAU*. 2009;4:30-36. In Russian
17. Arinushkina EV. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv [Guide to Chemical analysis of soils]. Moscow: Moscow State University Publ.; 1970. 487 p. In Russian
18. Ponomareva VV, Plotnikova TA. Gumus i pochvoobrazovanie (metody i rezul'taty izucheniya) [Humus and soil formation (methods and results of study)]. Leningrad: Nauka Publ.; 1980. 222 p. In Russian
19. Dergacheva MI. Archaeological pedology. Novosibirsk: SB RAS Publ.; 1997. 228 p. In Russian, English summary
20. Kohnke H, Stuff RG, Miller PA. Quantitative relations between climate and soil formation. *Z. Pflanzenernahr und Bodenkunde*. 1968;119(1):24-33.

21. Aleksandrovskiy AL, Aleksandrovskaya EI. Evolyutsiya pochv i geograficheskaya sreda [Evolution of soils and the geographical environment. Moscow: Nauka Publ.; 2005. 223 p. In Russian

*Received 17 March 2016; Revised 4 April 2016;
Accepted 11 May 2016; Published 23 June 2016.*

Author info:

Nikitich Polina A, Postgraduate Student, Department of Soil Science and Soil Ecology, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenina Pr., Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: polinkanick@mail.ru

Kallas Elena V, Cand. Sci. (Biol.), Ass. Professor, Department of Soil Science and Soil Ecology, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenina Pr., Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: lkallas@sibmail.com

Eremeeva Diana V, Student, Department of Soil Science and Soil Ecology, Institute of Biology, Tomsk State University, 36 Lenina Pr., Tomsk 634050, Russian Federation.

E-mail: eremeevadiana040294@gmail.com