

Е.В. Каллас, Е.В. Кубрина

СПЕЦИФИКА ГУМУСОВОГО ПРОФИЛЯ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Аннотация. *Рассматриваются возможности использования гумусовых профилей почв для реконструкции стадий и фаз почвообразования на примере лугово-черноземной почвы южной тайги Западной Сибири. Показано, что гумусовый профиль имеет сложное строение и фиксирует информацию обо всех стадиях и фазах почвообразования, обусловленных изменением природной обстановки в процессе формирования почвенного профиля.*

Ключевые слова: *почва, гумусовый профиль, стадийность, фазальность.*

Одной из важнейших фундаментальных теоретических проблем почвоведения является построение модели эволюции почв; от ее решения зависят оценка их свойств с точки зрения реликтовости и современности, состояние классификационной проблемы, правильная оценка антропогенного воздействия на почвы, разработка средне- и долгосрочных прогнозов изменения почв. Длительность почвообразования в Евразии в большинстве случаев составляет не более 10–15 тыс. лет, что сопоставимо с голоценом [1, 2]. За это время природная обстановка не оставалась постоянной, что приводило к изменению почвенных процессов, а следовательно, признаков и свойств почв в соответствии со схемой В.В. Докучаева «фактор → процесс → свойство». Каждый почвенный профиль, согласно И.А. Соколову, должен пониматься как результат факторов и процессов, которые имели место на протяжении всего периода формирования почвы [2]. Последняя, обладая рефлекторностью (способностью в своих свойствах отражать факторы почвообразования) и сенсорностью (способностью изменяться при изменении факторов почвообразования), отражает в своем профиле историю собственного развития.

Все состояния, которые проходит природная среда в период формирования почвы, так или иначе фиксируются в признаках и свойствах [3, 4], среди которых наиболее информативной является система гумусовых веществ (соотношение и свойства ее компонентов обусловлены гидротермическим режимом, в котором формировались макромолекулы гумусовых кислот и их органоминеральные производные), способная отражать, кодировать и сохранять информацию об изменении условий почвообразования [5–11]. Гумусовый профиль почвы определяется М.И. Дергачевой как «совокупность химически и генетически сопряженных однородных зон (слоев) почвы, каждая из которых характеризуется определенным, свойственным только этой зоне (слою) сочетанием элементарных гумусообразовательных процессов (ЭГП) и сравнительно одинаковой интенсивностью их проявления» [5. С. 32]. Это интегральный показатель эволюции природной среды, который фиксирует в своих характеристиках все стадии и фазы почвообразования [7, 12].

Под стадией развития почвы, вслед за А.Л. Александровским [13], мы понимаем период развития почвенного тела при иных, чем предыдущие и последующие, условиях почвообразования, т.е. в этот период почва формируется по иному типу. Почвы, которые в процессе своего развития проходят несколько стадий, отличающихся по характеру почвообразования, относятся к полигенетичным, в то время как почвы, прошедшие одну стадию, – к моногенетичным. Часто смена или колебания характеристик того или иного фактора не приводят к смене типа почвообразования. В этом случае речь идет о фазах развития почвы. Полифазной называется почва, развивающаяся при изменении одной из характеристик какого-либо фактора, не приводящей к изменению типа почвообразования, но отражающейся на отдельных свойствах почв. Таким образом, полифазный период – это период формирования горизонта при одних и тех же факторах почвообразования, но при изменчивости одной или нескольких характеристик одного из факторов, не приводящих к смене типа почвообразования. Поскольку флуктуация одной из характеристик фактора (например, температуры или влажности) может наблюдаться на любой стадии формирования почвенного профиля, правомочно выделять моногенетичные профили с полифазными горизонтами (например, гумусовыми) и полигенетичные почвы с поли- и монофазными, а также смешанного типа горизонтами. В полигенетичных полифазных почвах все стадии полифазные, в полигенетичных монофазных – монофазные, в полигенетичных почвах смешанного типа одни стадии монофазные, другие – полифазные [11].

Информативность гумусового профиля в отношении «считывания» информации о стадиях и фазах развития почв основана на том, что гумус, обладая свойствами сенсорности и рефлекторности по отношению к природной среде, представляет собой открытую природную систему гумусовых веществ, которая формируется по законам термодинамики и способна к саморегуляции и самовосстановлению [5, 6]. Кроме того, гуминовые кислоты носят аккумулятивный характер, т.е. не мигрируют ни в пределах профиля, ни в ландшафте, а накапливаются на месте своего образования [7]. Последнее достоверно доказано исследованиями Е.Ю. Милановского, который изучал гумусовые вещества как систему гидрофобно-гидрофильных соединений и убедительно показал, что гидрофобные продукты гумификации, соответствующие гуминовым кислотам, независимо от типа водного режима неподвижны в профиле, остаются на месте своего образования и выполняют аккумулятивную функцию, тогда как гидрофильные компоненты, представленные фульвокислотами, являются подвижными продуктами гумификации и участвуют в современном метаморфизме минеральной массы почв [14]. Механизм, обеспечивающий дифференциацию гидрофобно-гидрофильных компонентов гумусовых веществ в почвах, заключается в выносе с током влаги гидрофильных гумусовых веществ из состава продуктов гумификации *in situ* и аккумулятивном накоплении гидрофобных гумусовых веществ на месте образования.

Именно аккумулятивный характер гуминовых кислот, определенное соотношение их с фульвокислотами, обусловленное биоклиматической обстановкой, способность системы к самоорганизации и саморегуляции и сохранность

основных характеристик гумуса в диагенезе позволяют использовать гумусовые вещества в качестве маркера стадий и фаз почвообразования [11]. В последнее десятилетие появились работы, показывающие, что гумусовый профиль фиксирует все, даже кратковременные (меньше характерного времени, необходимого для формирования морфологически выраженного признака), изменения природной среды, и четко отражает стадии и фазы развития почв, которые можно диагностировать и при отсутствии явно выраженных морфологических реликтовых признаков [7, 10, 12, 15–17].

В настоящей статье рассматривается гумусовый профиль южно-таежной западно-сибирской лугово-черноземной оподзоленной почвы, несущий в своем строении информацию о стадиях и фазах, которые почва прошла на протяжении периода своего формирования.

Лугово-черноземные почвы в пределах южной тайги развиваются на недrenированных междуречьях в сочетании с серыми лесными глеевыми и осолоделыми почвами при довольно широком распространении лугово-болотных и торфяно-болотных почв, являясь уникальным объектом изучения, поскольку занимают ограниченные территории в данной биоклиматической зоне и обладают специфическими характеристиками качественного состава гумуса, обусловленными особенностями условий формирования, генезиса и историей почвообразования. К.А. Уфимцева [18] и другие авторы отмечали черты сходства этих почв с аналогичными почвами лесостепной зоны Западной Сибири, однако данные, характеризующие групповой и фракционный состав гумуса лугово-черноземных почв южной тайги, в литературе практически отсутствуют.

Объектом настоящего исследования явились лугово-черноземные почвы, сформированные на водоразделе Тетеринка–Бакчар на лессовидных карбонатных суглинках в условиях континентального климата южной тайги с довольно суровой многоснежной зимой и большим количеством осадков. Растительность представлена березовыми лесами с богатым разнотравьем (борец, вороний глаз, сныть, скирда, василисник, чина, хвощ лесной, осочка).

Особенностью морфологии исследованной почвы является наличие признаков оподзоливания в слое 34–54 см, карбонатных новообразований в виде небольших конкреций с глубины 108 см, включений ракушек в горизонте $BC_{Ca.g}$, а также марганцовисто-железистых образований, окисных и закисных форм железа в нижней части профиля, являющихся результатом повышенного гидроморфизма, связанного с близким залеганием грунтовых вод. Почвы характеризуются тяжелым гранулометрическим составом, который по содержанию фракций физической глины (63–71%), согласно классификации Н.А. Качинского, относится к легкоглинистому [19].

Доминирующей фракцией на протяжении всего почвенного профиля является илистая. Доля ила в иллювиальной части составляет 47–49%, тогда как в выше- и нижележащих горизонтах не превышает 38%. Некоторый вынос ила в среднюю часть профиля, вероятно, связан с оподзоливанием. Согласно данным К.А. Уфимцевой [18], К.П. Горшенина [20] и других исследователей, распределение тонких фракций по элювиально-иллювиальному типу характерно для лугово-черноземных почв южной тайги Западной Сибири, что от-

личает их от аналогичных почв, сформированных в других биоклиматических зонах. Второй преобладающей фракцией является крупнопылевая, доля которой колеблется по профилю в пределах 19–30%. Тяжелый гранулометрический состав и условия залегания лугово-черноземных почв обуславливают неблагоприятные воздушно-тепловые свойства и могут способствовать процессам заболачивания.

Среди почв, сформированных в сочетании с лугово-черноземными, последние являются наиболее гумусированными, хотя содержание гумуса в количестве 6,68% позволяет отнести их только к среднегумусному типу. С глубиной обогащенность почвенного материала органическим веществом падает постепенно и на полуметровой отметке (в горизонте A_{hel}) превышает 2%. В средней части почвенного профиля с глубины 90 см обнаруживаются углекислые соли. Количество их на границе вскипания невелико (менее 1%) и увеличивается к почвообразующей породе (до 6%).

Физико-химические свойства лугово-черноземных почв являются характерными для этого типа. Сумма поглощенных оснований в результате интенсивного развития дернового процесса под влиянием богатой травянистой растительности, а также в связи с тяжелым гранулометрическим составом довольно высокая – 47 мг-экв/100 г почвы в гумусово-аккумулятивном горизонте; с глубиной отмечается уменьшение содержания обменных катионов в элювиальной части профиля (до 32 мг-экв/100 г) и увеличение к почвообразующей породе (до 46–48 мг-экв/100 г). Подобный характер распределения поглощенных катионов отражает проявление подзолистого процесса и коррелирует с биогенной аккумуляцией и распределением тонких фракций.

В почвенном поглощающем комплексе преобладает катион кальция, на долю которого приходится 23–44 мг-экв/100 г почвы, что в 10–14 раз превышает долю магния в верхней части профиля и 4–6 раз – в нижней. Увеличение содержания поглощенного магния в глубоких горизонтах обусловлено их повышенным гидроморфизмом. Реакция почвенного раствора изменяется от слабокислой и близкой к нейтральной в бескарбонатной части профиля до щелочной в слоях, обогащенных углекислыми солями. Гумусово-элювиальный горизонт A_{hel} характеризуется наиболее низкой величиной $pH_{водн}$ (6,4), что согласуется с проявлением оподзоливания.

Данные, полученные при исследовании группового и фракционного состава гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [21], свидетельствуют о сложности гумусового профиля лугово-черноземной почвы, в котором выделяются слои с варьирующими показателями состава гумуса и относительно повышенной аккумуляцией гуминовых кислот, а в их составе – гуматов кальция. Кроме того, выявляются зоны с полным отсутствием этой группы гумусовых веществ в составе гумуса в средней части профиля (рис. 1). Особенностью почвы является увеличение отношения углерода гуминовых кислот (ГК) к углероду фульвокислот (ФК) в нижних горизонтах, что не характерно для почв с простым (моногогенетичным) профилем.

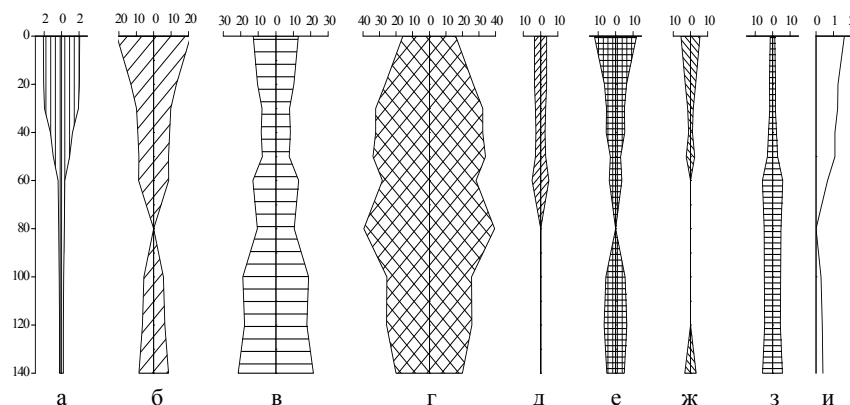


Рис. 1. Гумусовый профиль лугово-черноземной почвы; а – содержание органического углерода, % к почве; содержание углерода групп и фракций гумусовых веществ, % от $C_{\text{общ}}$; б – ГК; в – ФК; г – негидролизующие формы гумуса; д – ГК фракции 1; е – ГК фракции 2; ж – ГК фракции 3; з – ФК фракции 1а; и – $C_{\text{ГК}} : C_{\text{ФК}}$

В групповом составе гумуса верхнего аккумулятивного горизонта явно преобладают гуминовые кислоты (отношение углерода ГК к углероду ФК в горизонте A_d составляет 1,63), ниже на первое место по содержанию в растворимой части гумуса выходят фульвокислоты. Доля ГК в дерновом горизонте превышает 42% от общего углерода и вниз по профилю постепенно убывает. В слое 65–85 см (горизонт B_1) эта группа веществ не обнаруживается, а с глубины 90 см доля ГК начинает нарастать (от 11% в горизонте B_2 до 17% от $C_{\text{общ}}$ в $C_{\text{Ca,g}}$). Доля ФК в верхней 10-сантиметровой толще составляет 26% и по направлению к гумусово-элювиальному горизонту A_{hel} убывает до 15% от $C_{\text{общ}}$; ниже, с глубины 50 см, отмечается ее нарастание, и в оглеенных горизонтах ($BC_{\text{Ca,g}}$ и $C_{\text{Ca,g}}$) она достигает максимума (43% от $C_{\text{общ}}$). Тип гумуса характеризуется как фульватно-гуматный в первом полуметре и сменяется на гуматно-фульватный в горизонте АВ ($C_{\text{ГК}} : C_{\text{ФК}}$ составляет 0,66). Особенностью почвы является полное отсутствие в слое 65–85 см гуминовых кислот, что, возможно, обусловлено перерывом в почвообразовании; отложения могли формироваться в холодных условиях, не способствующих образованию гуминовых кислот. В научной литературе не встречаются аналогичные данные, указывающие на отсутствие ГК в тех или иных частях почвенного профиля [7]. Это объясняется прерыванием почвообразования литогенезом в фазу похолодания. В нижележащей толще в результате появления гуминовых кислот и увеличения их доли с глубиной отношение $C_{\text{ГК}} : C_{\text{ФК}}$ расширяется.

Доля негидролизующего остатка составляет в дерновом горизонте 32% от общего содержания гумусовых веществ, постепенно увеличивается вниз по профилю, достигает максимальной величины (79% от $C_{\text{общ}}$) в горизонте B_1 , где полностью отсутствуют гуминовые кислоты, и уменьшается в почвообразующей породе (до 40% от $C_{\text{общ}}$).

Во фракционном составе гумуса исследованной лугово-черноземной почвы отмечается абсолютное преобладание гуминовых кислот, связанных с кальцием, что характерно для почв черноземного типа почвообразования. Их содержание в верхней части профиля составляет 24% от $C_{\text{общ}}$ (около 50% от суммы ГК). Вниз по профилю наблюдается постепенное снижение доли гуматов кальция до полного отсутствия в горизонте B_1 . В нижележащих горизонтах эта фракция гуминовых кислот вновь появляется в составе гумуса и составляет 10–13% от $C_{\text{общ}}$. Поскольку гуматы кальция аккумулируются на месте своего образования и не способны к миграции в водных растворах с кислой, нейтральной и слабощелочной реакцией, появление их во втором метре почвенного профиля при отсутствии в вышележащей толще не может рассматриваться как современный процесс гумусообразования. Вероятно, наличие гуминовых кислот в горизонтах, переходных к почвообразующей породе, и в самой породе свидетельствует в пользу реликтовости гумуса, процессы образования которого протекали в иной биоклиматической обстановке.

Бурые гуминовые кислоты (фракция 1), свободные и непрочные связанные с полуторными оксидами, присутствуют лишь в верхней 60-сантиметровой толще (горизонты A_d , A_1 , A_{hel} и АВ), доля их составляет 6–10% от $C_{\text{общ}}$. Являясь, согласно взглядам М.И. Дергачевой, новообразованным компонентом гумуса, они характеризуют современный процесс гумификации, осуществляющийся лишь в верхней части почвенного профиля, где имеются источники для образования гумусовых веществ [5].

Содержание гуминовых кислот, прочно связанных с устойчивыми полуторными оксидами и высокодисперсными глинистыми минералами (фракция 3), составляет наименьшие величины по сравнению с другими фракциями гуминовых кислот, за исключением дернового горизонта, где их доля превышает таковую бурых ГК почти в 2 раза. С глубиной отмечаются тенденция к уменьшению, отсутствие этого компонента гумуса в слое почвы 50–120 см и появление в горизонтах $BC_{\text{Ca,g}}$ и $C_{\text{Ca,g}}$ в количестве 7% от $C_{\text{общ}}$.

Доля свободных, так называемых агрессивных, фульвокислот фракции 1а невелика, что типично для гумуса почв черноземного типа почвообразования и их полугидроморфных аналогов. В пределах гумусово-аккумулятивной части профиля содержание этой фракции гумусовых веществ увеличивается от 2,6% от $C_{\text{общ}}$ в горизонте A_d до 6% в оподзоленном горизонте A_{hel} , в нижележащих горизонтах доля ФК-1а несколько выше и составляет 9–12% от $C_{\text{общ}}$, что обусловлено их миграционной способностью.

Таким образом, гумусовый профиль исследованной лугово-черноземной оподзоленной почвы, анализ которого проводился с использованием подходов М.И. Дергачевой, является сложным [5–9, 12]. Наличие на глубине 65–85 см слоя, характеризующегося полным отсутствием гуминовых кислот и максимальной долей негидролизующихся форм гумусовых веществ, свидетельствует в пользу полигенетичности почвы и иных, по сравнению с современными, условий гумусо- и почвообразования в период формирования этой толщи почвы. Возможно, процессы гумификации и гумусообразования протекали в холодное время, что не способствовало накоплению гуминовых кислот. Соотношение компонентов гумуса зависит от условий тепло- и влаго-

обеспеченности: при прочих равных условиях чем влажнее климат, тем больше образуется при гумификации фульвокислот, чем теплее – тем больше гуминовых кислот. Нижележащая часть гумусового профиля, скорее всего, формировалась в более благоприятной для процессов гумусообразования обстановке, о чем свидетельствует накопление гуматов кальция [7].

Гумусовый профиль, являясь наиболее информативным с точки зрения стадийности и фазальности гумусо- и почвообразования, позволил выявить в истории формирования южно-таежной лугово-черноземной оподзоленной почвы как минимум 3 стадии, характеризующиеся разной интенсивностью и направленностью гумусообразования в силу изменений природной обстановки на протяжении голоцена, что фиксируется в слоях 0–65 см (наиболее широкое отношение $C_{\text{тк}} : C_{\text{фк}}$, тип гумуса гуматный и фульватно-гуматный), 65–85 см (полностью отсутствует группа гуминовых кислот) и 85–140 см (в составе гумуса снова появляются гуминовые кислоты и с глубиной увеличивается отношение $C_{\text{тк}} : C_{\text{фк}}$), а также полифазность горизонта A_1 , в котором выделены 3 зоны с разным уровнем накопления гуминовых и фульвокислот (соответственно 42 и 26% в слое 0–10 см, 26 и 20% в слое 10–20 см и 19 и 15% в слое 20–34 см), что связано с изменением тепло- и влагообеспеченности в период формирования гумусово-аккумулятивной толщи почвы. Таким образом, специфическое строение гумусового профиля исследованной почвы позволяет отнести её к группе полигенетических с полифазным гумусовым горизонтом.

Литература

1. Александровский А.Л. Эволюция почвенного покрова Русской равнины в голоцене // Почвоведение. 1995. № 3. С. 290–297.
2. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. 2-е изд., испр. и доп. Новосибирск: Гуманитарные технологии, 2004. 288 с.
3. Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: почва-память и почва-момент // Изучение и освоение природной среды. М.: Наука, 1976. С. 150–164.
4. Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: рефлекторность и сенсорность почв // Вопросы географии. М.: Мысль, 1977. С. 153–170.
5. Дергачева М.И. Органическое вещество почв: статика и динамика. Новосибирск: Наука, 1984. 155 с.
6. Дергачева М.И. Система гумусовых веществ почв. Новосибирск: Наука, 1989. 110 с.
7. Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997а. 228 с.
8. Дергачева М.И., Ващукевич Н.В., Гранина Н.И. Гумус и голоцен-плиоценовое почвообразование в Предбайкалье. Новосибирск, 2000. 199 с.
9. Дергачева М.И. Гумус почв: к вопросу поведения в меняющейся обстановке // Экология и почвы: Избранные лекции X Всерос. школы. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. Т. IV. С. 29–39.
10. Каллас Е.В. Гумусовые профили почв озерных котловин Чулымо-Енисейской впадины. Новосибирск: Гуманитарные технологии, 2004. 170 с.
11. Каллас Е.В., Дергачева М.И. Гумусовый профиль почв как отражение стадийности почвообразования // Сибирский экологический журнал. 2007. № 5. С. 711–717.
12. Дергачева М.И. Отражение эволюции природной среды в гумусовых профилях почв // Степи Евразии: сохранение природного разнообразия и мониторинг состояния экосистем: Материалы Междунар. симп. Оренбург, 1997б. С. 130–131.

13. Александровский А.Л. Эволюция почв Восточно-Европейской равнины в голоцене. М.: Наука, 1983. 150 с.
14. Милановский Е.Ю. Гумусовые вещества как система гидрофобно-гидрофильных соединений: Дис. ... д-ра биол. наук. М., 2006. 94 с.
15. Гончарова Н.В., Каллас Е.В. Разнообразие гумусовых профилей почв Горного Алтая и Хакасии // Материалы по изучению русских почв. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2001. Вып. 2(29). С. 85–87.
16. Каллас Е.В., Глотова Ю.В. Гумусовые профили серых лесных почв Томской подтайги // Материалы науч. конф., посвящ. 125-летию основания Томского гос. университета и 70-летию биолого-почвенного факультета: Вестник Томского государственного университета. Томск, 2003. Прил. № 8. С. 40–42.
17. Dergacheva M. Pedohumic method in paleoenvironmental reconstructions: an example from Middle Siberia // Quaternary International. 2003. Vol. 106–107. P. 73–78.
18. Уфимцева К.А. Почвы южной части таежной зоны Западно-Сибирской равнины. М.: Колос, 1974. 202 с.
19. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М., 1958. 192 с.
20. Горшенин К.П. Почвы южной части Сибири. М.: АН СССР, 1955. 591 с.
21. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов // Почвоведение. 1968. № 11. С. 104–117.