

ОТРАЖЕНИЕ СТАДИЙНОСТИ И ФАЗИАЛЬНОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ГУМУСОВЫХ ПРОФИЛЯХ ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОЧВ КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЫ

В статье рассматривается возможность использования гумусовых профилей почв для выявления стадийности и фазияльности почвообразования на примере чернозема выщелоченного и лугово-черноземной почвы лесостепной зоны Западной Сибири (Кузнецкая котловина). Показано, что гумусовые профили сложного строения фиксируют информацию о стадиях и фазах почвообразования, обусловленных изменением природной среды в голоцене.

Ключевые слова: гумусовый профиль, стадийность, фазияльность, почвообразование.

Как известно, почва, являясь «зеркалом ландшафта», способна отражать, кодировать и запоминать в своих свойствах информацию о всех обуславливающих ее формирование факторах. Согласно И.А. Соколову [1], рефлексорностью и сенсорностью могут обладать не только почвы в целом, но и отдельные ее компоненты, в том числе и гумус, являющийся одним из свойств, составляющих «память» почвы.

Как показано М.И. Дергачевой [2–5], интегральным показателем, отражающим историю формирования почвы, является гумусовый профиль – генетически, химически и термодинамически сопряженная совокупность однородных зон (слоев) почвы, «каждая из которых характеризуется определенным, свойственным только этой зоне, сочетанием элементарных гумусообразовательных процессов и сравнительно одинаковой степенью интенсивности их проявления» [2, с. 32].

Система гумусовых веществ фиксирует все состояния, которые проходит природная среда и почва в период своего развития, поскольку соотношение и свойства ее компонентов обусловлены гидротермическим режимом, в котором формировались гумусовые кислоты и их органико-минеральные производные [2–9].

Согласно А.Л. Александровскому [10], И.А. Соколову [1], А.Л. Александровскому и Е.И. Александровской [11], большинство почв умеренного пояса имеют голоценовый возраст (10–12 тыс. лет). Движущей силой эволюции почв в голоцене является климат – основной фактор среды, определяющий развитие природного процесса [11–13]. Под влиянием колебаний климата происходит изменение других факторов почвообразования, а именно: гидрологического режима территорий и геолого-географических процессов. Кроме этого, изменяется и почвен-

ный климат. Сочетание растительности и климата (биоклиматические условия) отражается в специфике состава и структуры почвенного гумуса. По М.И. Дергачевой [5], источники гумификации, условия тепло- и влагообеспеченности обуславливают соотношение компонентов гумуса: при прочих равных условиях, чем влажнее климат, тем больше образуется при гумификации фульвокислот, чем теплее – тем больше гуминовых кислот. Соотношение их в составе гумуса зависит от сочетания термического и влажностного режимов.

Гумус представляет собой открытую природную систему гумусовых веществ, которая формируется по законам термодинамики и способна к саморегуляции и самовосстановлению [2, 3]. Кроме того, гуминовые кислоты носят аккумулятивный характер, т. е. не мигрируют ни в пределах профиля, ни в ландшафте, а накапливаются на месте своего образования [5]. Последнее подтверждается исследованиями Е.Ю. Милановского, изучавшего гумусовые вещества как систему гидрофобно-гидрофильных соединений [14].

Большинство голоценовых почв характеризуется сложным филогенезом. Развитие их происходит через ряд стадий, связанных со сменами климата и биоты [15]. Все стадии и фазы почвообразования фиксируются в характеристиках гумусового профиля. Под стадией развития почвы нами, вслед за А.Л. Александровским [10], понимается период развития почвы при иных, чем предыдущие и последующие, условиях педогенеза, т. е. в этот период времени почвенное тело формируется по иному типу. Почвы, которые в процессе своего развития прошли несколько стадий, отличающихся по характеру почвообразования, относятся к полигенетическим, в то время как почвы, прошедшие одну

стадию, – к моногенетичным. Часто смена тех или иных факторов не приводит к смене типа почвообразования. В этом случае речь идет о фазах развития почвы [8]. Полифазной называется почва, развивающаяся при изменении одной из характеристик какого-либо фактора, не приводящей к изменению типа почвообразования, но отражающейся на отдельных свойствах почв [9].

Аккумулятивный характер гуминовых кислот, определенное соотношение их с фульвокислотами, обусловленное биоклиматической обстановкой, способность системы к саморегуляции и самоорганизации, сохранность основных характеристик гумуса в диагенезе позволяют использовать гумусовые вещества в качестве маркера стадий и фаз почвообразования [5, 8].

Объекты и методы исследования

В настоящей статье на примере чернозема выщелоченного и лугово-черноземной почвы лесостепной зоны в пределах Кузнецкой котловины показаны особенности гумусовых профилей, обусловленные стадийностью и фазизальностью педогенеза. С целью выявления специфики их гумусовых профилей образцы из почвенных профилей отбирались сплошной колонкой каждые 5–10 см с учетом границ генетических горизонтов. Групповой и фракционный состав гумуса изучался по методу И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [16]. Данная модификационная схема дает возможность подразделить почвенный гумус на три фракции гуминовых кислот (ГК-1 – свободная и связанная с подвижными полуторными оксидами; ГК-2 – связанная в основном с кальцием; ГК-3 – связанная с глинистой фракцией почв и устойчивыми полуторными оксидами) и четыре фракции фульвокислот (ФК-1а – свободная и связанная с подвижными полуторными оксидами (так называемая «агрессивная» фракция); ФК-1 – связанная в почве с фракцией ГК-1; ФК-2 – связанная с фракцией ГК-2; ФК-3 – связанная с фракцией ГК-3). Кроме того, получается величина, характеризующая долю нерастворимых форм гумуса (гуминов). Основные химические и физико-химические свойства почв определялись по общепринятым методикам [17].

Черноземы выщелоченные среднесуглинистые изучались на примере раз-

реза, заложенного в юго-западной части Кузнецкой котловины на верхней части пологого склона западной экспозиции крутизной 3° под злаково-разнотравной растительностью, представленной кострецом, полевицей, овсяницей луговой, тысячелистником обыкновенным, володушкой золотистой, лапчаткой прямостоячей. Лугово-черноземные карбонатные тучные среднесуглинистые почвы формируются в аккумулятивной позиции этого же склона в 450 метрах от зарастающего водоема под разнотравной растительностью (конопля, полынь, лапчатка прямостоячая с присутствием бодяка разнolistного, относительно большой долей бобовых трав).

Морфологические отличия лугово-черноземной почвы от чернозема выщелоченного, связанные с повышенным гидроморфизмом, обусловленным периодическим увлажнением нижней части профиля за счет капиллярной каймы близко стоящих грунтовых вод, заключаются в большей мощности гумусового горизонта (74 см против 63 см в черноземе), наличии углекислых солей по всему профилю и слабовыраженных признаков оглеения в горизонтах BC_{kg} и C_{kg} в виде небольших сизоватых пятен и ржаво-охристых вкраплений.

Почвы, в результате интенсивно протекающего процесса гумусообразования, характеризуются высоким содержанием гумуса (более 9% в горизонте А), среднесуглинистым гранулометрическим составом в верхней части профиля и тяжелосуглинистым – в нижних. Преобладающими гранулометрическими фракциями по всему профилю являются крупная пыль (37–52% в черноземе и 32–45% в лугово-черноземной) и ил ($26 \pm 4\%$ и $25 \pm 2\%$ соответственно). Отмечается некоторое относительное накопление ила в средней части профиля чернозема.

Карбонаты в профиле чернозема появляются в горизонте B_2 , граница вскипания приурочена к глубине 115 см. Максимальное содержание углекислых солей (более 8%) отмечается в слое 120–130 см, ниже – не превышает 6%. Лугово-черноземная почва характеризуется наличием карбонатов по всему профилю, содержание их увеличивается с глубиной от 1 до 6%. Реакция среды в верхней бескарбонатной части чернозема слабокислая и близкая к нейтральной, в карбонатных горизонтах – слабощелочная (рН 7,1–7,2), в лугово-черноземной почве реакция слабощелочная по всему про-

филю. Сумма обменных катионов в исследованных почвах невысокая (23–26 мг-экв/100 г почвы), что, вероятно, связано с преобладанием в составе илстой фракции каолинита, отличающегося низкой емкостью поглощения. На каолиновый состав отложений в Кузнецкой котловине указывали С.С. Неуструев [18], С.А. Коляго и др. [19], В.П. Панфилов [20], Т.И. Хохлова [21] и др. В составе ППК преобладает кальций, на долю которого приходится 80–87% от суммы поглощенных катионов. Таким образом, общие свойства чернозема и лугово-черноземной почв являются типичными для почв черноземного ряда.

Результаты и обсуждение

Анализ гумусовых профилей исследованных почв позволил выявить разный уровень сложности их строения. Менее сложным строением отличается гумусовый профиль чернозема выщелоченного, характеристика которого приводится ниже (рис. 1).

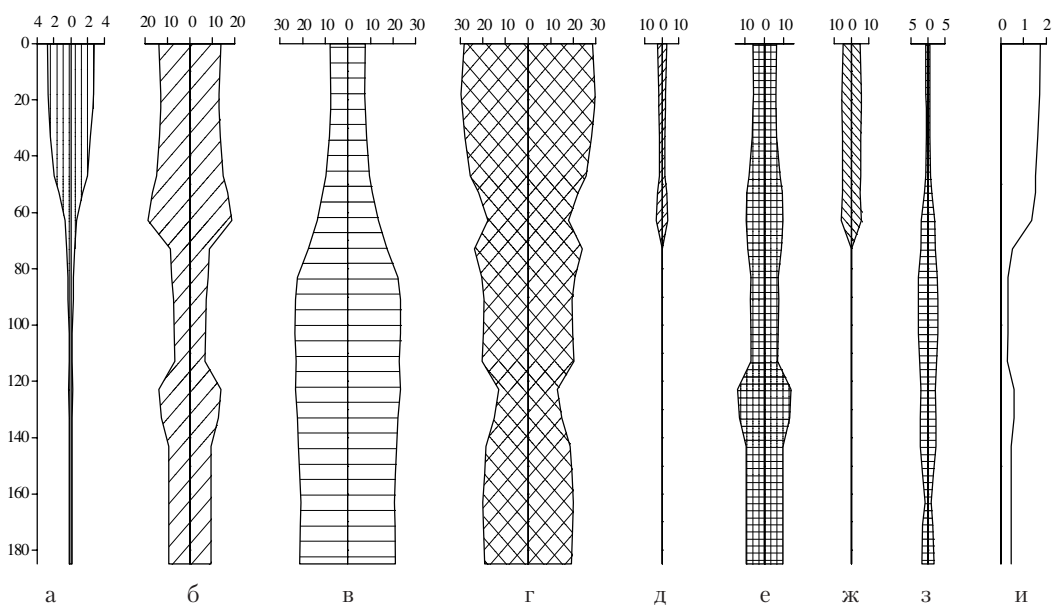
Максимальное содержание органического углерода отмечается в верхней гумусово-аккумулятивной толще почвы в горизонте A_1 (0–47 см) и составляет 5,55–3,93%, ниже закономерно уменьшается и в почвообразующей породе не превышает 0,33%. Иных слоев относительной

аккумуляции гумуса, кроме современного гумусового горизонта, нет.

В групповом составе гумуса гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами в пределах горизонта $A_1 + AB$ (слой 0–63 см). Отношение $C_{гк} : C_{фк}$ в этой части профиля закономерно сужается с глубиной от 1,73 (гуматный тип гумуса) до 1,36 (фульватно-гуматный тип гумуса). Ниже, в горизонтах B_1 и B_2 , гумус становится фульватным ($C_{гк} : C_{фк} = 0,49–0,29$). В карбонатной части профиля отмечается незначительное расширение $C_{гк} : C_{фк}$ до 0,59–0,44.

Внутрипрофильное распределение гуминовых кислот характеризуется наличием двух ярко выраженных максимумов, приуроченных к горизонту AB (47–63 см) – 33–37% от общего содержания органического углерода и к горизонту $B_{2к}$ (113–133 см) – 27–25% от $C_{общ}$. В распределении фульвокислот отмечается тенденция к увеличению с глубиной. В гумусово-аккумулятивном слое доля этого компонента гумуса относительно невысока и составляет 15–19% от $C_{общ}$, в горизонте AB увеличивается до 22–27% и ниже превышает 40%.

Неоднозначный характер изменения гуминовых и фульвокислот по профилю исследованного чернозема выщелоченного определяет неравномерное содержание негидролизующихся



Условные обозначения: а – содержание органического углерода, % к почве; содержание углерода групп и фракций гумусовых веществ, % к общему углероду; б – гуминовые кислоты (ГК), в – фульвокислоты (ФК), г – негидролизующиеся формы гумуса, д – ГК фракции 1, е – ГК фракции 2, ж – ГК фракции 3, з – ФК фракции 1а, и – $C_{гк} : C_{фк}$

Рисунок 1. Гумусовый профиль чернозема выщелоченного

форм гумусовых веществ, доля которых колеблется в довольно широких пределах – 26–59% от $C_{\text{общ}}$ с максимумом в гумусовом горизонте.

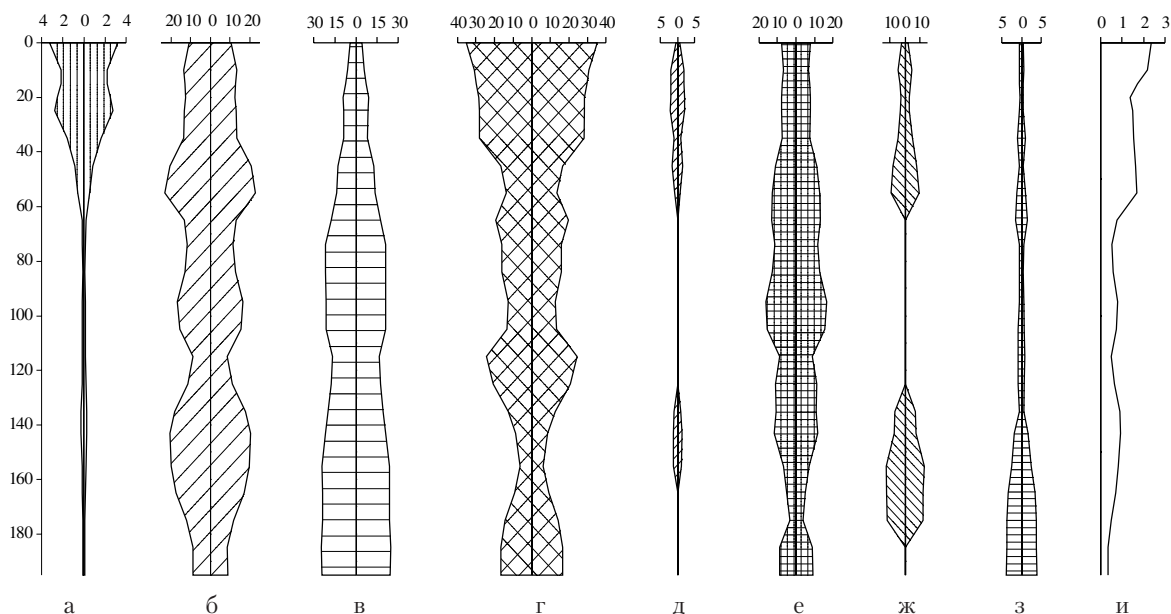
В составе ГК преобладают гуматы кальция, что является типичным для почв черноземного типа почвообразования. Наибольшая относительная аккумуляция этой фракции отмечается в горизонтах АВ (17–19% от $C_{\text{общ}}$) и $B_{2к}$ (25–27% от $C_{\text{общ}}$). Бурые гуминовые кислоты фракции 1 обнаруживаются в составе гумуса лишь в гумусовом горизонте (А+АВ) до глубины 63 см, доля их изменяется от 3% до 6% от $C_{\text{общ}}$ с двумя относительными максимумами, приуроченными к горизонтам A_d и АВ. В этой же части профиля в формировании системы гумусовых веществ участвуют и прочносвязанные с высокодисперсными минералами гуминовые кислоты фракции 3. Доля их довольно высока, равномерно распределяется по профилю и составляет 10–11% от $C_{\text{общ}}$. Нижняя часть гумусового профиля характеризуется полным отсутствием в составе гумуса гуминовых кислот фракций 1 и 3.

Внутрипрофильное распределение свободных фульвокислот фракции-1а имеет возрастающе-убывающий характер с максимумом (несколько более 5% от $C_{\text{общ}}$) в средней части профиля (горизонты B_1 и B_2).

Анализ гумусового профиля чернозема выщелоченного позволяет предположить, что почва прошла одну стадию развития – черноземную и может быть отнесена к условно моногенетичным почвам, поскольку в ее профиле отсутствуют явно выраженные морфологические реликтовые признаки, свидетельствующие о протекании процессов почвообразования по иному типу. Общепринятые методы исследования, использованные при изучении этой почвы, также не позволили выявить какие-либо свойства, указывающие на иные стадии почвообразования.

Однако, на протяжении истории формирования чернозема выщелоченного, вероятно, происходила смена нескольких фаз педогенеза, не приводящая к смене типа почвообразования, но отразившаяся на количественных характеристиках гумуса. Фазиальность в данном случае фиксируется гумусовым профилем и выражается в наличии трех зон (приуроченных к современному гумусовому горизонту, слоям 47–63 см и 113–133 см) относительной аккумуляции гуминовых кислот за счет гуматов кальция, что, вероятно, связано с увеличением теплообеспеченности в период формирования системы гумусовых веществ в этих частях профиля.

Более сложное строение гумусового профиля характерно для лугово-черноземной почвы, что, вероятно, связано с ее генезисом, осложнен-



Условные обозначения: см. рис. 1

Рисунок 2. Гумусовый профиль лугово-черноземной карбонатной почвы.

ным периодической пульсацией уровня обводненности зарастающего в настоящее время озера, вблизи которого сформирована данная почва. Возможно, она прошла несколько стадий эволюционного развития, отличающихся не только степенью гидроморфизма, но и полным его отсутствием.

В распределении по профилю общего органического углерода отмечается три относительных максимума: в горизонте A_{dk} (6,45%), в слое 15–25 см горизонта A_{1k} (5,03–5,55%) и в слое 125–143 см горизонта B_{2k} (0,51–0,55%).

В групповом составе гумуса гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами в верхней 55-см толще гумусового горизонта, где отмечается 2 пика на кривой, характеризующей изменение $C_{гк}:C_{фк}$ по профилю почвы (рис. 2). Верхний максимум выделяется в слое 0–10 см (2,36–2,19), второй – в нижней части гумусового горизонта (1,69–1,64), что позволяет отнести гумус к гуматному типу, в то время как в средней части этого горизонта $C_{гк}:C_{фк}$ не превышает 1,39–1,48, что характеризует гумус как фульватно-гуматный. Изменение типа гумуса в пределах гумусового горизонта позволяет считать его полифазным, поскольку формирование системы гумусовых веществ в нем протекало в меняющейся обстановке при колебании уровня теплообеспеченности.

В нижележащей под гумусовым горизонтом толще выделяется еще 2 относительных максимума в отношении $C_{гк}:C_{фк}$: в горизонте B_{1k} на глубине 85–105 см (0,74–0,79) и в горизонте B_{2k} на глубине 125–143 см (0,91–0,96). Последний пик совпадает с относительным увеличением в этом слое аккумуляции гумуса.

Группа гуминовых кислот распределяется по профилю крайне неравномерно. Выделяется 4 четко выраженных максимума, два из которых отмечаются в верхней (27,30% от $C_{общ}$) и нижней (33–37% от $C_{общ}$) частях гумусового горизонта и два в горизонтах B_{1k} (31–33%) и B_{2k} (41–39%), что обуславливает в этих слоях максимумы в отношении $C_{гк}:C_{фк}$.

В распределении по профилю фульвокислот отмечаются флуктуации. Наименьшая доля их в составе гумуса отмечается в дерновом горизонте (9% от $C_{общ}$). С глубиной содержание этого компонента возрастает до 42% в горизонте B_{1k} (74–84 см), затем снижается до 35% в горизонте B_{2k} (115–125 см) и вновь увеличивает-

ся, достигая в почвообразующей породе 49% от общего содержания гумусовых веществ. Разный уровень накопления фульвокислот в тех или иных слоях (зонах) гумусового профиля обуславливается колебаниями характеристик климата, в частности увлажненности, что фиксируется колебаниями в содержании фульвокислот, определяя различия в гидротермических обстановках при формировании гумуса как системы на разных глубинах почвенного тела.

В составе гуминовых кислот по всему профилю преобладают гуматы кальция. В распределении их по профилю, так же как и для группы этих веществ, отмечается несколько относительных максимумов, которые в целом совпадают с максимумами суммы гуминовых кислот и $C_{гк}:C_{фк}$.

Специфичен характер распределения бурых гуминовых кислот фракции 1 по профилю лугово-черноземной почвы. Эта фракция обнаруживается в составе гумуса верхней полуметровой толщи (горизонт A_k), исчезает в горизонтах AB_k и B_{1k} , вновь появляется в горизонтах B_{2k} (слой 125–143 см) и BC_k (слой 143–155 см) и полностью отсутствует в нижележащих горизонтах BC_{kg} и C_{kg} . Доля ее невысока: 1–4% от $C_{общ}$ в гумусовом горизонте и в среднем 2% в слое 125–155 см. Аналогичная картина характерна и для распределения ГК фракции 3. Прочносвязанные с минеральной частью почвы гуминовые кислоты участвуют в формировании системы гумусовых веществ лишь в верхней части гумусового горизонта (0–55 см) и в слое 125–175 см (нижняя часть горизонта B_{2k} и горизонт BC_{kg}). Доля этого компонента гумуса изменяется в широких пределах: от 4 до 18% в гумусовом горизонте с максимумом в AB_k и 14–24% в нижней части профиля.

Доля свободных ФК фракции 1а распределяется по профилю неравномерно. На фоне тенденции к увеличению с глубиной выявляются флуктуации. В целом гумусовый горизонт и иллювиальная часть профиля характеризуются невысоким содержанием «агрессивных» ФК-1а – 1–3% от $C_{общ}$, в горизонтах BC_{kg} и C_{kg} содержание этого компонента гумуса увеличивается до 7%.

Сложное строение гумусового профиля лугово-черноземной почвы свидетельствует о ее полигенетичности и полифазности. Стадийность почвообразования выражается в нали-

чие нескольких зон относительной аккумуляции общего углерода, четырех максимумов на кривой, характеризующей изменение по профилю отношения $C_{гк}:C_{фк}$, а также в отсутствии гуминовых кислот фракций 1 и 3 в системе гумусовых веществ в горизонтах AB_k, B_{1k}, BC_{kg} и C_{kg} . Указанные специфические особенности гумусового профиля свидетельствуют о формировании системы гумусовых веществ разных горизонтов в существенно различающихся гидротермических условиях. Кроме этого, характеристики гумусового профиля отражают полифазность гумусового горизонта, в пределах которого выделяется несколько зон с разными величинами $C_{гк}:C_{фк}$ и неодинаковым уровнем накопления гуминовых кислот, а также иллювиальной части (горизонты B_{1k} и B_{2k}) с двумя максимумами $C_{гк}:C_{фк}$ наличием фракций ГК-1 и ГК-3 при отсутствии их в выше- и нижележащих слоях.

Таким образом, все стадии и фазы фиксируются в процессе гумусообразования – формирования системы гумусовых веществ, среди которых есть аккумулятивный компонент – гуминовые кислоты, транс-аккумулятивный – фульвокислоты и мигрирующий компонент – также фульвокислоты, поскольку часть из них связывается в комплексы с гуминовыми кислотами, а часть мигрирует, участвуя в процессах формирования нижней части профиля [5]. Аккумуляция гуминовых кислот на месте их образования, соотношение с фульвокислотами, состав и другие их характеристики, являясь устойчивыми признаками, «маркируют» все стадии и фазы почвообразования в гумусовом профиле, который по сравнению с морфологическим почвенным профилем является более рефлекторным по отношению к природной среде, и позволяет более точно строить эволюционные модели формирования почвенных индивидуумов.

Список использованной литературы:

1. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск: Наука, 1993. 232 с.
2. Дергачева М.И. Органическое вещество почв: статика и динамика. Новосибирск: Наука, 1984. 155 с.
3. Дергачева М.И. Система гумусовых веществ почв. Новосибирск: Наука, 1989. 110 с.
4. Дергачева М.И. Отражение эволюции природной среды в гумусовых профилях почв // Степи Евразии. Матер. Междун. симпозиума. Оренбург, 1997. С.130–131.
5. Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. 228 с.
6. Дергачева М.И., Вашукевич Н.В., Гранина Н.И. Гумус и голоцен-плиоценовое почвообразование в Предбайкалье. Новосибирск, 2000. 110 с.
7. Дергачева М.И. Гумус почв: к вопросу поведения в меняющейся обстановке // Экология и почвы: Избранные лекции Х Всерос. школы. Пуцино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. Т. IV. С. 29–39.
8. Каллас Е.В. Гумусовые профили почв озерных котловин Чулымо-Енисейской впадины. Новосибирск: Гуманитарные технологии, 2004. 170 с.
9. Каллас Е.В., Дергачева М.И. Гумусовый профиль почв как отражение стадийности почвообразования // Сибирский экологический журнал. 2007. №5. С. 711–717.
10. Александровский А.Л. Эволюция почв Восточно-Европейской равнины в голоцене. М.: наука, 1983. 150 с.
11. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
12. Величко А.А. Природный процесс в плейстоцене. М.: Наука, 1973. 256 с.
13. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
14. Милановский Е.Ю. Гумусовые вещества как система гидрофобно-гидрофильных соединений: Дисс... д-ра биол. наук. М., 2006. 94 с.
15. Александровский А.Л. Эволюция почвенного покрова Русской равнины в голоцене // Почвоведение. 1995. №3. С. 290–297.
16. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания гумуса в почвах. Л., 1975. 105 с.
17. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.
18. Неуструев С.С. Почвенная гипотеза лессообразования // Природа. 1925. №3. С. 47–55.
19. Коляго С.А., Славина Т.П., Непряхин Е.М. Почвы Ленинск-Кузнецкого района Кемеровской области и обоснования их более эффективного сельскохозяйственного использования // Тезисы докладов второй научно-отчетной конференции. Л., 1963. С. 167–169.
20. Панфилов В.П. Южные черноземы // Агрофизическая характеристика Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1976. С. 369–385.
21. Хохлова Т.И. Генетические особенности почв Кузнецкой лесостепи. Томск: Изд-во ТГУ, 1970. 244 с.1