

Соотношение элементов в гуминовых кислотах как источник информации о природной среде формирования почв

М. И. ДЕРГАЧЕВА¹, О. А. НЕКРАСОВА², М. В. ОКОНЕШНИКОВА³, Д. И. ВАСИЛЬЕВА⁴,
Д. А. ГАВРИЛОВ¹, К. О. ОЧУР¹, Е. Э. ОНДАР⁵

¹Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630099, Новосибирск, ул. Советская, 18
E-mail: mid555@yandex.com

²Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина
620000, Екатеринбург, ул. Ленина, 51

³Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН
677007, Якутск, просп. Ленина, 41

⁴Самарская академия государственного и муниципального управления
443084, Самара, ул. Стара-Загора, 96

⁵Тувинский государственный университет
667000, Кызыл, ул. Ленина, 36

АННОТАЦИЯ

Рассматривается информативная значимость одного из основных признаков, характеризующих гуминовые кислоты почв, при диагностике природной среды их формирования как в настоящем, так и в прошлом. Показано, что соотношение элементов в гуминовых кислотах четко соответствует ландшафтным условиям и количественным характеристикам климатических показателей. Они сохраняются во времени и могут служить в качестве одного из надежных индикаторов при оценке природной среды разных периодов палеогеографической истории.

Ключевые слова: элементный состав, гуминовые кислоты, почвы, палеопочвы, континентальная Евразия, природная среда, реконструкции.

Один из основных компонентов гумусовых веществ почв – гуминовые кислоты. Являясь системой, они отражают особенности формирующей их среды в своих внутренних состояниях, что сказывается на составе, структуре и свойствах этих кислот. Положение о том, что последние соответствуют биоклиматической обстановке их образования, уже

не вызывает сомнений, поскольку за длительную историю изучения гуминовых кислот разных типов почв накоплен значительный материал об их элементном составе и других характеристиках, показаны их закономерные изменения в генетико-географическом аспекте, о чем говорится в оригинальных и обобщающих работах разных авторов

[1–10]. Характеристики гуминовых кислот, специфичные по отношению к природной среде, их формирующей, такие, например, как элементный состав, доли углерода алифатических и ароматических группировок и их соотношение, оптические и другие свойства, сохраняются во времени [10–12], и, таким образом, гуминовые кислоты могут быть отнесены к почвенным компонентам, несущим информацию о природных условиях времени своего формирования [13]. На этом свойстве гуминовых кислот основан педогумусовый метод диагностики и реконструкции палеоприродной среды и ее эволюции [14].

Одним из признаков гуминовых кислот, специфичных по отношению к климату и природной обстановке в целом, адекватно отражающих состояние природной среды в период своего формирования и сохраняющихся в диагенезе, является элементный состав и особенно соотношение основных элементов, что показано на ограниченном материале ранее [10, 12, 13]. Для того чтобы иметь возможность использовать этот показатель при диагностике и реконструкции древней природной среды, необходима рецентная основа – характеристики элементного состава гуминовых кислот современных почв, сформированных в разнообразных экологических условиях, и сведения об их соответствии природной среде, в которой они формируются.

В настоящей статье рассматриваются соотношения основных элементов в гуминовых кислотах современных почв разных регионов континентальной Евразии в статистически значимых объемах и иллюстрируется возможность использования этого показателя при диагностике палеоприродной среды периодов формирования древних почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследовали современные почвы и разновозрастные палеопочвы разных по природным условиям регионов континентальной Евразии: Якутии, Тувы, Западной Сибири, Центрального Горного Алтая, Южного и Среднего Урала, Среднего Поволжья. Из них выделяли и подвергали анализу гуминовые кислоты.

Сравниваемые гуминовые кислоты, их состав и соотношение элементов изучали с единых методических позиций отбора образцов почв, выделения препаратов гуминовых кислот, аналитических и инструментальных исследований.

Отбор образцов почв проводили подробно, послойно, сплошной колонкой каждые 5–10 см или менее с учетом морфологически выделяемых границ горизонтов. Препараты гуминовых кислот выделяли в строго стандартных условиях в ходе анализа состава гумуса по методике В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой в модификации 1968 г. [15] из щелочной вытяжки после предварительного декальцирования почв и палеопочв путем осаждения (и переосаждения) при $\text{pH} = 2$ с использованием 2н. HCl . Широко распространенная в практике изучения гуминовых кислот очистка от зольных элементов 6н. HCl или смесью кислот $\text{HF} + \text{HCl}$ не проводилась, поскольку содержание минеральных компонентов в препаратах обусловлено эколого-генетическими особенностями формирования почв и при решении вопросов экологии и палеоэкологии гумусо- и почвообразования необходимы сведения об их количестве и составе [16]. Кроме того, подобная обработка гуминовых кислот приводит к существенному изменению их состава и структурных особенностей [17].

Элементный состав гуминовых кислот определяли на автоматических анализаторах Karlo Erbe и Hewlett Packard и дублировали классическим методом по Преглю. Статистическая обработка данных проводилась согласно работе [18], интерпретация материалов исследования – согласно работам [13, 14].

Для установления специфичности характеристик гуминовых кислот и их соответствия определенным ландшафтными или климатическими показателям использовали базу данных, включающую основные параметры гуминовых кислот, их соотношения с другими группами гумусовых веществ, а также сведения о природной среде: климате, растительности, рельефе, породах – на мезо- и микроуровнях. В базы данных введены сведения о мезоклимате, вычисленные для каждого конкретного разреза, для чего использовали выведенные уравнения регрессии для

связей “высота над уровнем моря – количественные характеристики климата” и имеющиеся сведения о высотном положении каждого изученного *конкретного почвенного разреза* [19].

В ряде случаев определяли связь характеристик гумусовых веществ с ландшафтной обстановкой в целом или с периодом биологической активности (ПБА), под которым, согласно работе [20], понимается период с суммой температур более 10 °С за вычетом дней с запасом продуктивной влаги в почве менее 1 %.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гуминовые кислоты в своем составе и свойствах несут информацию о природной среде, в которой они образуются. Это положение хорошо иллюстрируется материалами обобщения литературных и оригинальных данных по составу и структурным особенностями

гуминовых кислот почв Западной Сибири разных ландшафтных условий формирования (табл. 1). Результаты показывают, что они имеют вполне определенные пределы колебаний количественных показателей элементного состава, негидролизующей 6 н. НСI доли от массы гуминовой кислоты, а также относительных долей ароматических и алифатических компонентов (см. табл. 1).

Коэффициенты корреляции отдельных характеристик состава и структурных особенностей гуминовых кислот почв Западной Сибири с показателями климата (из которых мы в качестве примера использовали один из наиболее значимых для процесса формирования гумусовых веществ – $\Sigma t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) показывают, что среди прочих наиболее тесные связи выявляются для долей основных элементов (углерода и водорода) и их соотношения (табл. 2).

Последнему показателю (Н : С) уделяется в данной работе внимание как самостоя-

Т а б л и ц а 1

Характеристики гуминовых кислот горизонта А современных почв разных ландшафтных условий формирования Западной Сибири (n = 6–16)

Ландшафт	Н : С	С : N	Негидролизующая 6 н. НСI часть ГК, % от массы	Углерод, %	
				алифатической части	ароматической части
Тундра	1,32–1,58	20–28	20–45	47–60	18–26
Тайга	1,03–1,29	17–24	48–55	35–57	20–36
Лесостепь	0,89–0,98	13–18	56–65	24–30	40–50
Степь	0,75–0,90	12–17	64–75	23–32	50–55
Сухая степь	0,58–0,75	Не опр.	74–82	12–20	53–65

Т а б л и ц а 2

Коэффициенты корреляции некоторых параметров гуминовых кислот почв Западной Сибири с $\Sigma t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$

Параметр ГК	Коэффициент корреляции
Углерод (С), алифатический %	+0,68
Ароматический С, %	+0,84
Атомные %: С	+0,82
Н	–0,90
N	+0,65
О	+0,63
Н : С	–0,90
С : N	+0,40
Негидролизующая 6 н. НСI часть, мас. %	+0,88
Гидролизующая 6 н. НСI часть, мас. %	–0,82

Среднестатистические величины Н : С гуминовых кислот разных ландшафтных условий формирования

Почвы	N	$X \pm m$ для Н : С в ГК
Якутия		
Межаласий	27	1,27 ± 0,06
Болотного пояса аласов	24	1,39 ± 0,09
Лугового » »	19	1,18 ± 0,09
Остепненного » »	21	1,04 ± 0,11
Тува		
Высокогорных ландшафтов	12	1,42 ± 0,12
Горных таежных »	10	1,08 ± 0,06
Горных степных »	10	1,00 ± 0,10
Степных котловинных »	19	0,90 ± 0,08
Степных криоаридных »	10	1,15 ± 0,04
Западная Сибирь		
Тундровых и лесотундровых ландшафтов	28	1,46 ± 0,13
Лесных »	11	1,16 ± 0,13
Лесостепных »	13	0,94 ± 0,07
Степных »	16	0,82 ± 0,07
Сухостепных »	12	0,70 ± 0,08
Центральный Горный Алтай		
Горных тундровых ландшафтов	21	1,24 ± 0,15
Лесных »	9	1,18 ± 0,10
Лесостепных »	16	0,98 ± 0,07
Степных, в том числе	49	0,79 ± 0,10
умеренно-засушливой степи	30	0,84 ± 0,08
сухой степи	19	0,72 ± 0,06
Средний и Южный Урал		
Лесных ландшафтов	53	1,16 ± 0,09
Лесостепных »	10	1,02 ± 0,06
Степных »	28	0,85 ± 0,04
Среднее Поволжье		
Лесостепных ландшафтов	23	1,05 ± 0,08
Степных », в том числе	51	0,78 ± 0,11
умеренно-засушливой степи	26	0,86 ± 0,06
сухой степи	25	0,70 ± 0,06

тельной характеристике гуминовых кислот по ряду причин. Во-первых, он является одним из наиболее характерных для разных ландшафтных условий, его количественные данные специфичны не только для почв Западной Сибири, территория которой отличается четкой широтной зональностью, но и для других районов Сибири, а также Горного Алтая, Урала и Поволжья (табл. 3). Во-вто-

рых, получение характеристик этого показателя при наличии элементного анализатора не занимает много времени, требует очень небольшой массы препарата, не нуждается в определении полного элементного состава гуминовых кислот и имеет не существенные для выводов флуктуации. Кроме того, как показали предварительные исследования по оценке значимости разных характеристик со-

става и структурных особенностей гуминовых кислот для диагностики палеоприродной среды и реконструкции последней [10–12], величина $H : C$ оказалась климатогенно обусловленной, имеющей свои пределы при разном сочетании теплообеспеченности и увлажненности. И, наконец, этот показатель сохраняет свои параметры во времени [12, 13, 21]. Однако материалов, характеризующих элементный состав гуминовых кислот разных условий формирования, выделенных в строго стандартных условиях и не подвергавшихся жесткой очистке 6 н. HCl или $HCl + HF$, несущих информацию об экологических условиях своего формирования, явно недостаточно для создания рецентной основы, используемой при реконструкции палеоприродной среды педогумусовым методом [14].

Полученные результаты по соотношению водорода и углерода в гуминовых кислотах почв изученных регионов показали близость, но не идентичность их величин. Так, сравнение гуминовых кислот почв однотипных ландшафтов позволило выявить, что отношения $H : C$ в почвах Тувы выше по абсолютным значениям, чем в почвах аналогичных условий формирования других регионов. В качестве примера приводим сравнение элементного состава гуминовых кислот почв Тувы и Южного Урала. На поля распределения показателей гуминовых кислот почв Южного Урала в координатах $H : C - O : C$ и $H - C$ нанесены данные, характеризующие некоторые гуминовые кислоты почв Тувы (рис. 1).

Сравнение показало, что почвы, сформированные в степных условиях Центрально-Тувинской котловины (номера разрезов на рис. 1 – 79, 144), характеризуются несколько большей восстановленностью гуминовых кислот, чем основной массив ГК степных почв Южного Урала, а гуминовые кислоты горнотажных дерновых почв (номера разрезов – 119, 120) отражают более сложный генезис, чем отвечающий лесным условиям формирования. В то же время степные почвы Центрально-Тувинской и Убсу-Нурской котловин различаются по элементному составу: первые (разрезы 144 и 79) ближе по соотношению основных элементов к таковым степных условий Урала, вторые (разрезы 10 и 19) существенно от них отличаются (см. рис. 1).

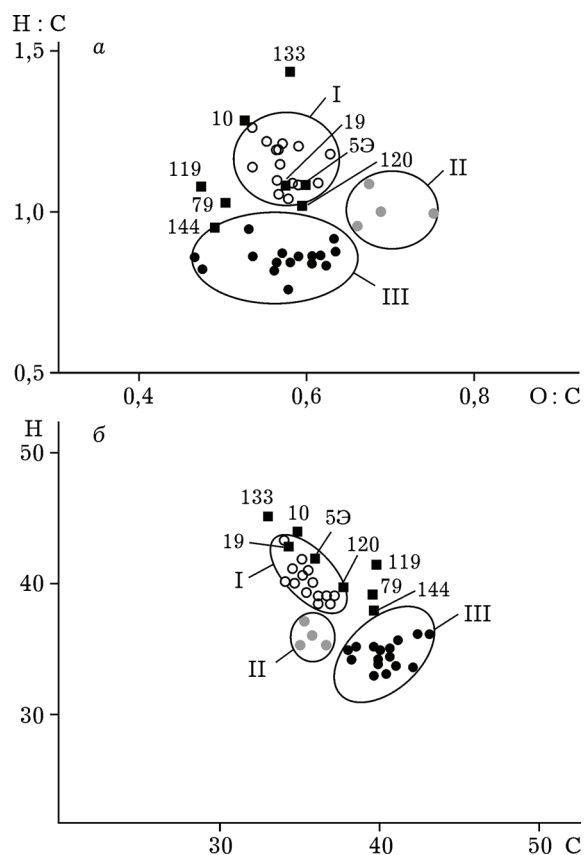


Рис. 1. Соотношение показателей элементного состава ГК современных почв разных ландшафтов Южного Урала и Тувы. Почвы ландшафтов Южного Урала: I – лесных, II – лесостепных, III – степных. Почвы Тувы обозначены квадратами и номером разреза (цифра рядом): а – в координатах $H : C - O : C$; б – в координатах $H - C$

Аналогичные южно-уральским средние величины содержания элементов в гуминовых кислотах современных почв основных ландшафтов наблюдаются и в Среднем Поволжье (см. табл. 3), и гуминовые кислоты почв Тувы отличаются от них так же, как и от южно-уральских.

Соотношение водорода и углерода в гуминовых кислотах разных условий формирования и связь их с периодом биологической активности (ПБА) демонстрируются на примере почв аласа Ынах Якутии, которые располагаются в виде кольцевых зон (поясов) вокруг аласных озер, представляя условия, сменяющиеся от переувлажненных до недостаточно увлажненных, от болотных до луговых и остепненных почв. Период биологической активности меняется в этом ряду в

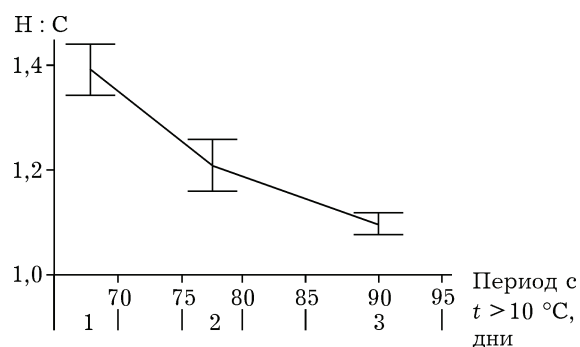


Рис. 2. Связь среднестатистических пределов величин $\text{H} : \text{C}$ в почвах разных поясов аласов Якутии с периодом биологической активности (ПБА) на примере аласа Ынах.

Пояс: 1 – болотный; 2 – луговой; 3 – остепненный

среднем от 65–70 дней в пределах болотного пояса до 75–80 дней в условиях лугового пояса и составляет 85–95 дней на остепненных участках. В этом ряду величина $\text{H} : \text{C}$ по средним данным составляет соответственно: $1,39 \pm 0,05$, $1,21 \pm 0,05$ и $1,04 \pm 0,02$, изменяясь в соответствии с ПБА почв (рис. 2).

Таким образом, соотношение основных элементов в гуминовых кислотах весьма специфично, а в связи с их сохранностью в диагенезе (что хорошо иллюстрируется сравнением статистических пределов колебаний величины $\text{H} : \text{C}$ в гуминовых кислотах некоторых палеопочв Горного Алтая (а), диагностированных параллельно комплексом независимых методов палеогеографии, и современных почв (б) разных ландшафтных условий (рис. 3)) они могут использоваться как надежный признак при диагностике типов и условий древнего педогенеза.

Рассмотрим примеры, показывающие возможности использования одной из основных характеристик элементного состава – $\text{H} : \text{C}$ – при диагностике и реконструкции палеоприродной среды в разных условиях функционирования палеопочв.

Один из примеров относится к анализу изменения признаков педогенеза при резкой смене естественным путем условий функционирования позднеплейстоценовых почв в разрезе Барык (Тува), другой – к палеопочвам могильника Куйгенжар (Северный Казахстан), перекрытым в близлежащих курганах разным почвенным материалом, тре-

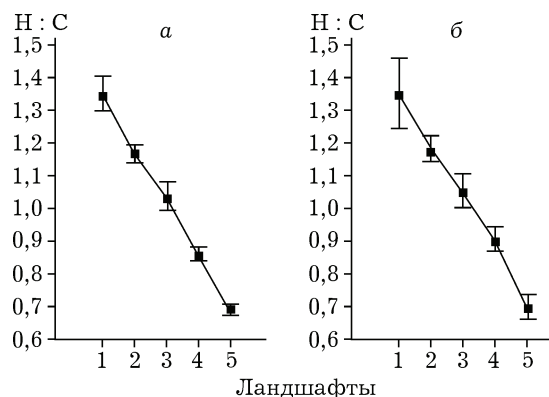


Рис. 3. Статистические пределы колебаний величины $\text{H} : \text{C}$ в гуминовых кислотах некоторых палеопочв Горного Алтая (а), диагностированных параллельно комплексом независимых методов палеогеографии, и современных почв (б). Ландшафты: 1 – высокогорный; 2 – лесной; 3 – лесостепной; 4 – степной; 5 – сухостепной [10]

тий – к хорошо выраженным датированным по ^{14}C гумусовым горизонтам в отложениях голоценового времени, вскрытых разрезом Сесерлиг-1 (Тува).

Разрез Барык в Туве общей мощностью 4 м содержал на глубине 105–150 см почти полный скелет (более 140 костей) первобытного быка *Bos primigenius* Vojanus, обитавшего в теплых природных условиях [22]. Датирование костей показало дату начала голоцена ($9860 \pm 160 \text{ CO AN-6336}$). В разрезе отобрано снизу вверх подробно (каждые 5–10 см) 46 проб; нижняя часть разреза (26 образцов), обсуждаемая в настоящей статье, характеризует позднеплейстоценовые отложения (рис. 4, А). Разрез Барык приурочен к самой западной точке Улуг-Хемской котловины Центральной Тувы. В процессе полевого изучения разреза выделились зоны с различными биогенными и терригенно-минералогическими комплексами, указывающие на некоторое различие экологических и климатических обстановок осадконакопления в пределах разреза, в том числе на резкие похолодания климата.

Полученные данные, характеризующие два этапа формирования отложений в позднеплейстоцене: теплый и последующий холодный (сарганский период), показали, что при резкой смене условий почвообразования происходит изменение признаков педогенеза: почва, формируясь по степному типу, о

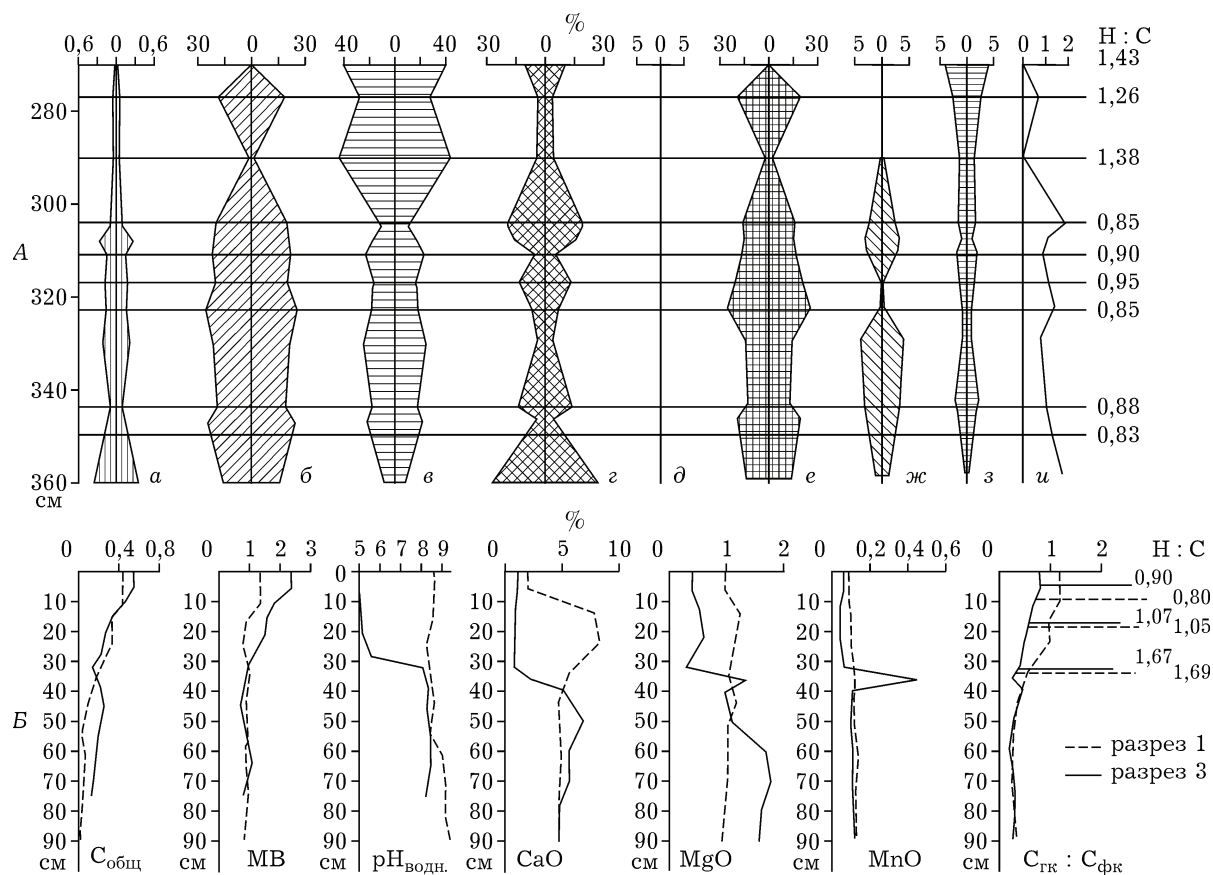


Рис. 4. Характеристика признаков педогенеза объектов исследования.

А – отложения плейстоцена, разрез Барык (Тува): а – $C_{\text{общ}}$; б – Σ гуминовых кислот (ГК), в – Σ фульвокислот (ФК), г – негидролизующие формы гумуса, д – ГК фр. 1, е – ГК фр. 2, ж – ГК фр. 3, з – ФК фр. 1а, и – $C_{\text{гум}} : C_{\text{фк}}$; Б – отложения голоцена, могильник Куйгенжар (Северный Казахстан)

чем свидетельствуют ее характеристики, при смене условий на холодные начинает формировать свои соответствующие этой природной обстановке свойства, в то время как ранее сформированные в теплых условиях признаки педогенеза сохраняют свои прежние свойства, что наглядно видно из рис. 4, А, представляющего содержание и распределение разных групп и фракций гумусовых веществ, а также соотношения основных элементов в гуминовых кислотах и последних – с фульвокислотами.

Диагностика условий формирования, проведенная по элементному составу гуминовых кислот (рис. 5), показала, что нижняя часть разреза Барык (глубина 360–305 см) формировалась в теплых и относительно увлажненных условиях, соответствующих таковым умеренно-засушливой степи, тогда как верхняя часть рассматриваемых отложений (глубина 300–270 см) – в холодных и влажных,

соответствующих условиям тундры и тайги (изменение происходило от тундровых к лесным и вновь к тундровым условиям).

Следующая пара объектов расположена примерно в 300 м друг от друга на правом коренном берегу старицы р. Ишим – палеопочвы курганов 1 и 3 (см. рис. 4, Б) могильника Куйгенжар. Современные условия почвообразования характеризуются как степные, в почвенном покрове фоновой территории преобладают автоморфные темно-каштановые почвы. Палеопочвы, судя по археологическим данным, погребены около 2700 л. н. Различие объектов состоит в том, что они погребены под курганами, сложенными из разного по генезису материала: при формировании кургана 1 – из смеси разных горизонтов лугово-болотной почвы рядом расположенной древней поймы р. Ишим, о чем сви-

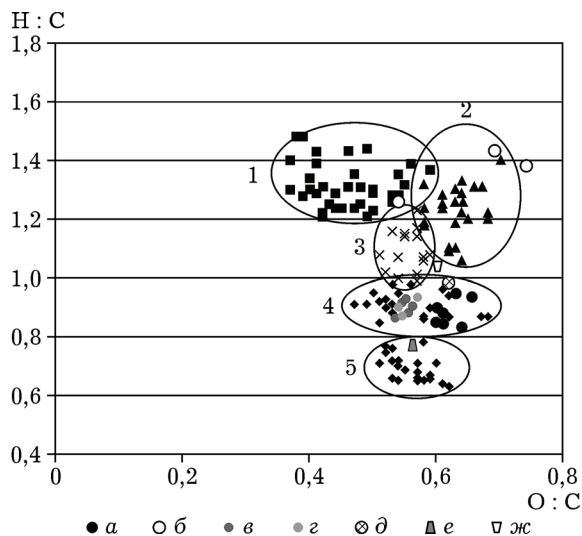


Рис. 5. Диагностика состояния природной среды по гуминовым кислотам. Ландшафты: 1 – тундра; 2 – тайга; 3 – лесостепь; 4 – типичная степь; 5 – сухая степь. Разрез Барык (Тува): а – холодный период (глубина 250–305 см); б – теплый период (глубина 305–360 см); могильник Куйгенжар, Северный Казахстан: в – курган 3, г – курган 1; разрез Сесерлиг-1, Тува: д – глубина 6–27 см, е – глубина 58–62 см, ж – глубина 100–110 см

детельствуют пестрый вид насыпи, сильно-кислая реакция среды, низкие значения магнитной восприимчивости, наличие новообразований окислов марганца и железа и сходство признаков педогенеза с современными лугово-болотными почвами; при формировании кургана 3 – из смеси гумусового и переходного горизонта (AB) с окружающей территории.

Морфологические признаки погребенной под курганом 3 палеопочвы, перекрытой осадками того же генезиса, что и сама палеопочва, говорят о том, что последняя имеет степной облик: темно-серый гумусовый горизонт, наличие горизонта аккумуляции карбонатов в форме белоглазки, щелочная реакция среды, монотонное распределение валовых форм элементов, фульватно-гуматный тип гумуса, “ножничное” распределение по профилю групп гумусовых веществ и иллювиальное – карбонатов.

Морфологически палеопочву, погребенную под курганом 1, отличают четко фиксируемая дифференциация профиля по распределению карбонатов и марганцевый горизонт на глубине 30–35 см. В связи с рез-

кой границей смены значения реакции среды от кислой к щелочной в средней части профиля отмечается дифференциация по зонам аккумуляции марганцевых конкреций (30–35 см) и карбонатов (35–90 см). Гумус этой палеопочвы имеет гуматно-фульватный тип, отношение $H:C$ показывает преобладание углерода над водородом, отражая степные условия почвообразования (см. рис. 4, Б). Диагностика, проведенная по соотношению в гуминовых кислотах элементов в координатах $H:C-O:C$, показала, что гумусовые горизонты погребенных под курганами палеопочв формировались в степных условиях (см. рис. 5).

Сравнение общих характеристик и валового состава палеопочв курганов 1 и 3 под насыпями разного генезиса свидетельствует о влиянии насыпи кургана с кислой реакцией среды на изменение первоначальных свойств погребенной почвы. Выявлено некоторое преобладание полуторных окислов в верхней 30-сантиметровой части профиля относительно нижележащей толщи, снижение границы максимума содержания CaO , зоны аккумуляции окислов марганца и магния в средней части профиля, содержание которых в 5–10 раз выше относительно содержания в вышележащей толще.

В то же время характеристики гуминовых кислот изменились незначительно: несмотря на то что насыпь кургана 1, сложенная из материала с кислой реакцией среды, оказала влияние на минеральную часть почв, изменив ее первоначальные свойства, показатели элементного состава погребенных под обеими курганами почв оказались близки и приурочены к полям распределения отметок почв степных условий формирования.

Таким образом, при резкой смене условий функционирования наибольшим изменениям подвержена минеральная часть палеопочв, сопровождающаяся стиранием морфологических и физико-химических признаков педогенеза. В то же время наилучшее соответствие природной среде в изменившейся обстановке прослеживается в соотношении элементов в гуминовых кислотах (см. рис. 5).

Разрез Сесерлиг-1 – один из физиономичных по морфологии разрезов, вскрывающих отложения голоценового времени на терри-

Соотношение элементов в гуминовых кислотах гумусовых горизонтов разного возраста разреза Сесерлиг-1 (Тува)

Глубина, см	H : C	O : C	C : N
6–11	0,91	0,62	16,7
22–27	0,87	0,60	17,7
58–62	0,76	0,56	17,3
100–110	1,09	0,61	18,9

тории Тувы, – находится в Улуг-Хемской котловине на южном склоне Уюкского хребта в левобережье р. Сесерлиг в среднегорном ярусе рельефа с преобладающим степным ландшафтом. Отложения общей мощностью 210 см включают серию перемежающихся четко выделяемых морфологически высокогумусированных, темно-серой или каштановой окраски горизонтов и осадков палевого, буровато-палевого или бурого оттенка голоценового возраста [23]. Отложения датированы по радиоуглероду. Имеются две радиоуглеродные даты: 2695 ± 55 (глубина 58–62 см) и 4105 ± 80 (глубина 90–120 см).

Для выделенных в отложениях гумусовых горизонтов (два из которых датированы) определен элементный состав (табл. 4) и проведена диагностика природной среды при помощи диагностических полей распределения параметров гуминовых кислот в координатах H : C – O : C (см. рис. 5). Величины отношения H : C в них соответствуют лесостепным (глубина 100–110 см) и степным (глубины 58–62, 22–27 и 6–11 см), причем первый формировался в самых теплых и относительно аридных условиях, а два последних – в оптимальных условиях сочетания тепла и влаги (см. рис. 5).

Таким образом, информация о природной среде в изменившейся природной обстановке оптимально сохраняется в составе гуминовых кислот, что позволяет использовать одну из основных их характеристик для уточнения прогнозов поведения почв в меняющейся обстановке.

Исследования, касающиеся объектов Южно-го и Среднего Урала, выполнены в Уральском федеральном университете и поддержаны грантом Правительства РФ, договор № 11.G34.31.0064.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кононова М. М. Органическое вещество почв. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 313 с.
2. Кононова М. М., Бельчикова Н. П. К изучению природы гумусовых веществ почвы приемами фракционирования // Почвоведение. 1960. № 11. С. 1–9.
3. Драгунов С. С., Высоцкая П. Н. Химическое исследование гумусовых веществ некоторых почв // Там же. 1953. № 4. С. 23–30.
4. Некрасова О. А. Гуминовые кислоты почв Южного Урала и оценка возможностей их использования при палеореконструкциях природной среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 2002. 26 с.
5. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв. М.: МГУ, 1974. 330 с.
6. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 324 с.
7. Попов А. И. Гуминовые вещества – свойства, строение, образование. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2004. 248 с.
8. Александрова Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1980. 287 с.
9. Тихова В. Д., Шакиров М. М., Фадеева В. П., Дергачева М. И. Анализ гуминовых кислот зонально-генетического ряда почв сибирского региона комплексом инструментальных методов // Гуминовые вещества в биосфере: труды II Междунар. конф., Москва, 3–6 февраля 2003 г. М.: Изд-во МГУ, 2004. С. 283–287.
10. Дергачева М. И. Возможность использования гуминовых кислот для реконструкции естественных и агроландшафтов прошлого // Проблемы древнего земледелия и эволюции почв в лесных и степных ландшафтах Европы: труды Междунар. конф. Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. С. 6–13.
11. Дергачева М. И. Информация о природной среде, сохраняющаяся во времени в составе и структуре гуминовых кислот // Труды V Всерос. конф. “Гуминовые вещества в биосфере”. В 2-х ч. Ч. 1. СПб.: Издательский дом СПб. ГУ, 2010. С. 26–32.
12. Дергачева М. И. Гумусовые вещества как источник информации о природной среде формирования // Изв. аграрной науки. Annals of Agrarian science. 2011. Vol. 9, N 2. P. 57–61.
13. Дергачева М. И. Гумусовая память почв // Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий / отв. ред. В. О. Тар-

- гульян, С. В. Горячкин. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. С. 530–560.
14. Дергачева М. И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. 228 с.
 15. Пономарева В. В., Плотникова Т. А. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов // Почвоведение. 1968. № 11. С. 104–117.
 16. Dergacheva M. I. Humic acids of soils of different age and genesis // 10th International Meeting of the International Humic Substances Society. Toulouse (France), 2000. P. 267–270.
 17. Тихова В. Д., Фадеева В. П., Дергачева М. И., Шакиров М. М. Анализ изменений состава и структуры гуминовых кислот почв при кислотном и щелочном гидролизе // Журн. прикладной химии. 2008. Т. 81, № 11. С. 1957–1962.
 18. Дмитриев Е. А. Математические методы в почвоведении. М.: МГУ, 1971. 231 с.
 19. Дергачева М. И., Рябова Н. Н. Коррелятивные связи состава гумуса и климатических показателей в условиях горных территорий юга Сибири // Вестник Том. гос. ун-та, 2005. № 15. С. 68–71.
 20. Орлов Д. С., Бирюкова О. Н., Суханова Н. И. Органическое вещество почв Российской Федерации // М.: Наука, 1996. 256 с.
 21. Calderoni G., Shnitzer M. Effect of Age on the Chemical Structure of Paleosol Humic Acids and Fulvic Acids // Geochimica and Cosmochimica Acta. 1984. Vol. 48. P. 2045–2051.
 22. Кудрявцев В. И., Забелин В. И., Кудрявцева А. И. Костные остатки первобытного быка (*Bos primigenius* Vojanus) а плейстоценовых отложениях реки Барык, Центральная Тува (предварительное сообщение) // Состояние и освоение природных ресурсов Тувы и сопредельных территорий Центральной Азии. Геоэкология природной среды и общества: труды / ТувИКОПР СО РАН. Кызыл: Изд-во ТИКОПР СО РАН, 2005. С. 196–201.
 23. Забелин В. И., Кудрявцева А. И., Кудрявцев В. И., Дергачева М. И., Очур К. О. Морфологические особенности и литолого-минералогический состав отложений разреза Сесерлиг-1 // Биоразнообразии и сохранение генофонда флоры, фауны и населения Центрально-Азиатского региона: мат-лы II Междунар. науч.-практ. конф. Кызыл: ТывГУ РИО, 2007. С. 6–8.

Ratio of Elements in Humic Acids as a Source of Information on Environmental Formation of Soils

M. I. DERGACHEVA¹, O. A. NEKRASOVA², M. V. OKONESHNIKOVA³, D. I. VASIL'EVA⁵,
D. A. GAVRILOV¹, K. O. OCHUR¹, E. E. ONDAR⁵

¹*Institute of Soil Science and Agrochemistry of Siberian Branch of RAS
630099, Novosibirsk, Soviet str., 18
E-mail: mid555@yandex.com*

²*Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin
620000, Ekaterinburg, Lenin str., 51*

⁴*Institute for biological problems of cryolithozone Siberian Branch of RAS
677007, Yakutsk, Lenin ave., 41*

⁵*Samara Academy of public and municipal administration
443084, Samara, Stara Zagora str., 96*

⁵*Tuva State University
667000, Kyzyl, Lenin str., 36*

The informative importance of one of the main signs characterizing humic acids of soils is considered, at diagnostics of the environment of their formation both at present and in the past. It is shown that the ratio of elements in humic acids exactly corresponds to the landscape conditions and quantitative characteristics of climatic indicators. They persist in time and can serve as one of the reliable indicators estimating the environment of different periods in paleogeographic history.

Key words: elemental composition, humic acids, soil, paleosol, continental Eurasia, natural environment, reconstruction.