

УДК 631.417.2

**С. Н. Горбов, О. С. Безуглова** (ФГАОУ ВПО «ЮФУ»)

### **СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ Г. РОСТОВ-НА-ДОНУ)**

Исследовали чернозем обыкновенный под пашней, в лесопарке и в центре города под асфальтовым покрытием (так называемый экранозем). Оптическая плотность и коэффициенты экстинкции гуминовых кислот исследуемых почв находятся в пределах, присущих черноземной зоне. Наиболее значимые изменения отмечены для молекул гуминовых кислот чернозема из лесопарка, где наряду с наименьшими значениями оптической плотности зафиксировано наибольшее значение коэффициентов цветности  $E_4:E_6$ , указывающее на повышенное количество в молекулах ГК боковых радикалов. ИК-спектры изученных препаратов характеризуются высокой интенсивностью полос поглощения карбоксильных групп и отчетливым проявлением полос бензoidных структур. Гуминовые кислоты чернозема лесопарка представлены кислотной формой с возросшей долей ОН-групп (спиртов, возможно фенолов), СН-групп (парафиновых цепей) и азотсодержащих групп, что может указывать на более высокую их обогащенность периферическими алифатическими цепями. Гуминовые кислоты, выделенные из почвенных горизонтов экранозема, по ИК-спектрам очень близки к кислотам пахотного чернозема. Следует лишь отметить несколько менее интенсивное поглощение, связанное с COOH-группами.

Ключевые слова: гуминовые кислоты, спектры поглощения, оптическая плотность, ИК-спектры, чернозем обыкновенный, урбанозем экранированный.

**S. N. Gorbov, O. S. Bezuglova** (FSAE HPE “SFU”)

### **THE PROPERTIES OF HUMIC ACID IN URBAN SOILS (ON THE PATTERN OF THE CITY ROSTOV-ON-DON)**

We researched the ordinary chernozems under cultivation, in the wooded park and in the downtown under the asphalt (so-called ekranozem). Optical density and Humic Acid's extinction coefficients of investigated soils are within the normal parameters for the chernozem zone. The most significant changes were noted in Humic Acids (HA) molecules of wooded park's chernozem. It has the lowest values of the HA's optical density and the highest value of the  $E_4:E_6$  ratio that indicates an increased amount of lateral radicals in HA molecules. The infra-red spectrums of the investigated HA are characterized by the high intensity of carboxyl groups' absorption bands and distinct display of benzenoid structures' bands. The wooded park's chernozem contains HA with increased share of OH-groups (alcohols, possible phenols), CH-groups (paraffin chains), and nitrogen-containing groups. That features identify this particular HA as enriched with peripheral aliphatic chains. The IR spectrum of HA extracted from ekranozem is very similar to the spectral analysis of arable chernozem's HA, but the results suggest fewer amount of COOH-groups in ekranozem's Humic Acid.

Keywords: humic acid, absorption of spectrum, optical density, infrared spectrum, ordinary chernozem, urban soils, urbanozem, ekranozem.

## **Введение**

Естественный почвенный покров на большей части современных городов уничтожен или претерпел кардинальные изменения [1-8]. В степной зоне влияние города на почвы его территории изначально в большинстве случаев шло по двум противоположным направлениям. С одной стороны – посадка деревьев и, как следствие, радикальное изменение круговорота веществ под лесной растительностью, с другой стороны – погребение, запечатывание под асфальтовым и другими видами твердых покрытий, переуплотнение и частичная или полная срезка почвенного покрова. В связи с этим на территории, занимаемой ныне г. Ростов-на-Дону, сформировались разнообразные структуры почвенного покрова, нехарактерные для южных широт [9].

Основной фон территории г. Ростов-на-Дону представлен естественно-антропогенными почвами (урбо-черноземами) и антропогенно-преобразованными почвами (урбаноземами), приуроченными к промышленной и селитебной частям города. Естественные почвы сохранились в парковых и рекреационных зонах, испытывая на себе влияние древесной растительности, в то время как зональные почвы – черноземы – встречаются редкими островками в частном секторе.

Гумусное состояние почв г. Ростов-на-Дону характеризуется рядом особенностей. Так в лесопарковой зоне наблюдается значительное увеличение содержания гумуса (до 7,0-7,5 %) в поверхностном слое почвы. Гумусовый профиль приобретает черты лесного: отмечено довольно резкое уменьшение содержания гумуса с глубиной. Это сопровождается изменением фракционно-группового состава в сторону увеличения общей фульватности верхних горизонтов, роста подвижных фракций в составе гуминовых кислот и увеличения алифатичности последних [9, 10].

Для антропогенно-преобразованных почв характерно не только уменьшение содержания гумуса (с 5,7 %, присущих для черноземов дан-

ной территории, до 2,4-3,9 %), но и перестройка его фракционно-группового состава. Уменьшение гумусированности урбаноземов и экраноземов вполне понятно, т. к. рушится связь «почва-растение» и прекращается характерный для степной зоны круговорот веществ. Изменения во фракционно-групповом составе связаны, прежде всего, с исчезновением подвижных фракций гумуса, таких как ГК-1 и в особенности ФК-1, что связано с прекращением поступления извне свежего органического вещества. В то же время продолжающиеся процессы минерализации и трансформации гумуса приводят к переводу этих фракций в более стабильные формы. Отличительный признак погребенных и запечатанных почв – резкое снижение содержания нерастворимого остатка (до 20-30 %), что, вероятно, обусловлено отсутствием неполно гумифицированных растительных остатков [9].

Тем не менее, несмотря на значительные изменения в составе гумуса, сохраняются основные черты, присущие степному типу почвообразования.

#### **Объекты и методы исследования**

Разрезы для изучения свойств гуминовых кислот почв г. Ростов-на-Дону были заложены в разных функциональных зонах. В строительном котловане на территории старой крепости в самом центре города был описан урбанозем среднеспонгиозный экранированный. Он сочетал в своем строении запечатанный под асфальтовым покрытием мощный горизонт урбик и практически полнопрофильную, погребенную на глубине 115 см, почву – чернозем обыкновенный. Второй разрез был заложен в городском лесопарке, где почва испытывает воздействие древесной растительности, нехарактерное для ее естественных степных условий формирования. В нескольких километрах от него в пригородном совхозе на пахотном черноземе обыкновенном карбонатном был заложен третий разрез, который в данном случае служил почвой сравнения для урбопочв. Естественно, пахотная почва также подвергается антропогенному воздействию, однако по срав-

нению с урбанизированными разностями здесь воздействие минимизировано. Второй и третий разрезы располагались на плакорных пространствах и поэтому представлены черноземами обыкновенными карбонатными (североприазовскими) в относительно ненарушенном сложении. На каждой точке наблюдения отбирали почвенные образцы из всех генетических горизонтов и антропогенных слоев.

Из почвенных образцов стандартными методами проводили выделение гуминовых кислот (ГК) и их очистку. Экстракция препаратов осуществлялась посредством обработки почвы 0,1 н. раствором гидроксида натрия после предварительного декальцирования. Очищали выделенные сырые препараты диализом в целлофановых пакетах с последующей доочисткой в электродиализаторе. Далее суспензию ГК высушивали в термостате при 60 °С [11]. Использование комплекса данных методов выделения и очистки препаратов ГК позволило получить относительно низкозольные препараты и снять качественные инфракрасные спектры (ИК-спектры). ИК-спектроскопия проведена в препаратах ГК, выделенных из горизонтов  $A_d$  и  $A_1$  чернозема лесопарка,  $A_{пах}$  и  $A_{п/пах}$  – пахотного чернозема и  $U_1$  и  $A_{погр.}$  – экранозема. ИК-спектры гуминовых кислот снимали в лаборатории химии почв Московского госуниверситета с помощью КВг-техники на двухлучевом автоматическом инфракрасном спектрофотометре ИКС-29 в диапазоне 4200-400  $см^{-1}$  [12, 13]. Содержание функциональных групп  $COOH$  определяли по Кухаренко, групп  $OH$  – по Драгунову [11].

### **Результаты исследований и обсуждение**

Электронные спектры поглощения и коэффициенты экстинкции прочно вошли в арсенал методов изучения природы гумусовых веществ и являются их диагностическим признаком [14, 15]. Характер электронных спектров гуминовых кислот и соответственно их окраска обусловлены развитой системой сопряженных двойных связей: это кратные углерод-углеродные (этилен) и углерод-кислородные (карбонил) связи, входящие

в состав хромофоров. Иными словами именно ароматические фрагменты обуславливают окраску гумусовых кислот, алифатическая составляющая в формировании этого свойства не участвует [16, 17]. Алифатические боковые цепи, не несущие двойных связей (полисахариды, полипептиды, насыщенные углеводороды), практически не окрашены. Поэтому по данным оптических плотностей ГК можно характеризовать отношение углерода ароматических сеток к углероду боковых радикалов.

Оптическая плотность гуминовых кислот исследуемых почв характеризуется данными, представленными в таблице 1.

**Таблица 1 – Оптическая плотность, коэффициенты цветности и функциональные группы в черноземах и урбаноземе г. Ростов-на-Дону**

Горизонт	Глубина взятия образца, см	0,001 % E 1cm	E <sub>465/650</sub>	E <sub>400/500</sub>	E <sub>500/600</sub>	E <sub>600/700</sub>	COOH	ОН
							г-экв./100 г	
Урбанозем среднемощный экранированный (центр города)								
U	95-115	0,09	3,04	1,89	1,79	1,92	0,365	0,176
A <sub>погр.</sub>	115-140	0,11	2,63	1,82	1,66	1,73	0,384	0,137
B <sub>1</sub>	140-160	0,11	2,97	1,88	1,77	1,89	0,424	0,258
B <sub>2</sub>	160-175	0,10	3,07	1,91	1,79	1,93	0,415	0,193
Чернозем обыкновенный карбонатный (парково-рекреационная зона города)								
A <sub>d</sub>	0-10	0,07	3,16	2,04	1,85	1,88	0,620	0,360
A	10-25	0,08	2,90	1,89	1,74	1,83	0,632	0,376
B <sub>1</sub>	25-40	0,11	2,87	1,89	1,74	1,81	0,420	0,179
B <sub>2</sub>	40-60	0,10	2,84	1,83	1,74	1,83	0,444	0,206
Чернозем обыкновенный карбонатный (пашня на окраине города)								
A <sub>пах</sub>	0-25	0,10	2,90	1,86	1,74	1,88	0,408	0,235
A <sub>п/пах</sub>	25-45	0,12	2,91	1,84	1,74	1,90	0,434	0,235
B <sub>1</sub>	140-160	0,10	3,04	1,87	1,78	1,97	0,439	0,251
B <sub>2</sub>	160-175	0,07	3,10	1,89	1,82	1,98	0,300	0,460

В целом оптическая плотность ГК исследуемых почв находится в пределах, присущих черноземам. Тем не менее, антропогенное воздействие не прошло бесследно для структурного состояния гуминовых кислот.

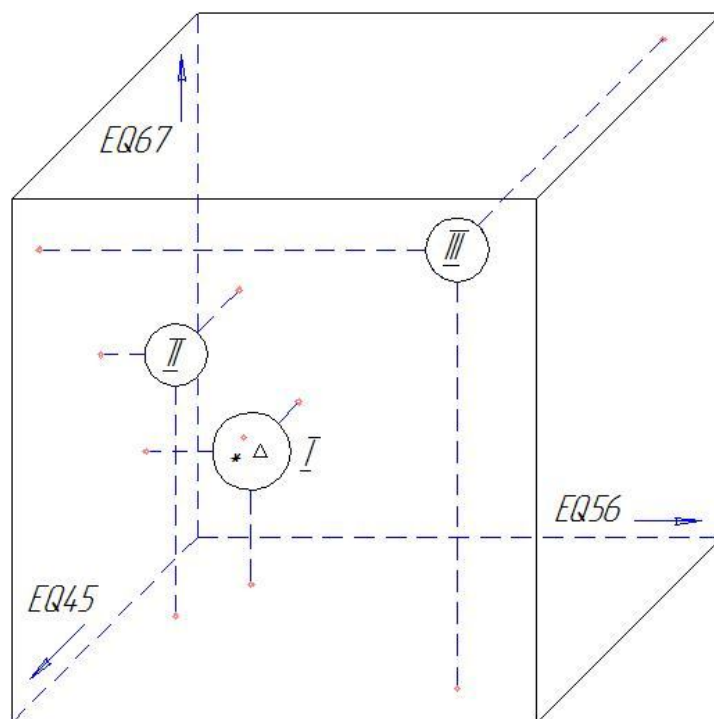
Наиболее заметные изменения обнаружены в молекулах ГК чернозема лесопарковой зоны, где наряду с наименьшими значениями оптических плотностей в верхних горизонтах отмечены более низкие значения этого показателя по всему профилю почвы. Сказывается, прежде всего, со-

став растительного опада, преимущественное поступление его на поверхность почвы и миграция гумусовых веществ, образующихся в лесной подстилке, вниз по профилю. Немаловажное значение, по-видимому, имеет и высокая биологическая активность этих горизонтов [18]. Все это приводит к тому, что гуминовые кислоты чернозема под лесной растительностью характеризуются меньшим участием ароматических структур и соответственно более развитой периферической частью молекулы. Наиболее низкая бензоидность молекул ГК наблюдается в горизонте  $A_d$ , что объясняется присутствием в нем новообразованных гуминовых кислот, обусловленным постоянным поступлением свежего органического вещества. Похожая картина наблюдается и в горизонте  $U$  урбанозема, однако здесь это связано, на наш взгляд, с историей образования самого горизонта и еще раз доказывает его антропогенное происхождение. В погребенных естественных горизонтах картина изменения величин оптической плотности ГК сходна с той, которую наблюдаем в черноземе обыкновенном (пашня на окраине города). Вниз по профилю оптическая плотность ГК уменьшается и соответственно увеличивается коэффициент цветности.

Наибольшая величина коэффициента цветности  $E_4:E_6$  характерна для дернового горизонта, что указывает на повышенное количество в молекулах гуминовой кислоты боковых радикалов. Об этом же свидетельствуют и результаты определения функциональных групп – именно в этом горизонте почвы под лесопосадкой обнаружено наиболее высокое количество карбоксильных и гидроксильных групп, что свидетельствует о большей реакционной способности этих гуминовых кислот и их относительной молодости.

Гуминовым кислотам чернозема под пашней соответствуют более высокая оптическая плотность, более низкое значение коэффициента цветности, меньшее количество функциональных групп, что говорит об их зрелости и большей термодинамической устойчивости [12, 19] по сравнению с гумусом экранозема и чернозема под лесным массивом.

В своих работах Залфелд (Salfeld) [14] рекомендует определять три коэффициента экстинкции: E400/E500, E500/E600, E600/E700. Спектр представляется в виде точки в трехмерной системе координат, что позволяет получить общую информацию о корреляции спектров в системе гуминовых веществ различного происхождения. Проведя подобные измерения, мы выяснили, что, сколь сильными бы не были преобразования в структуре ГК исследуемых почв, все они идут по пути трансформации, характерной именно для черноземных почв. Это наглядно демонстрирует приведенный ниже рисунок 1.

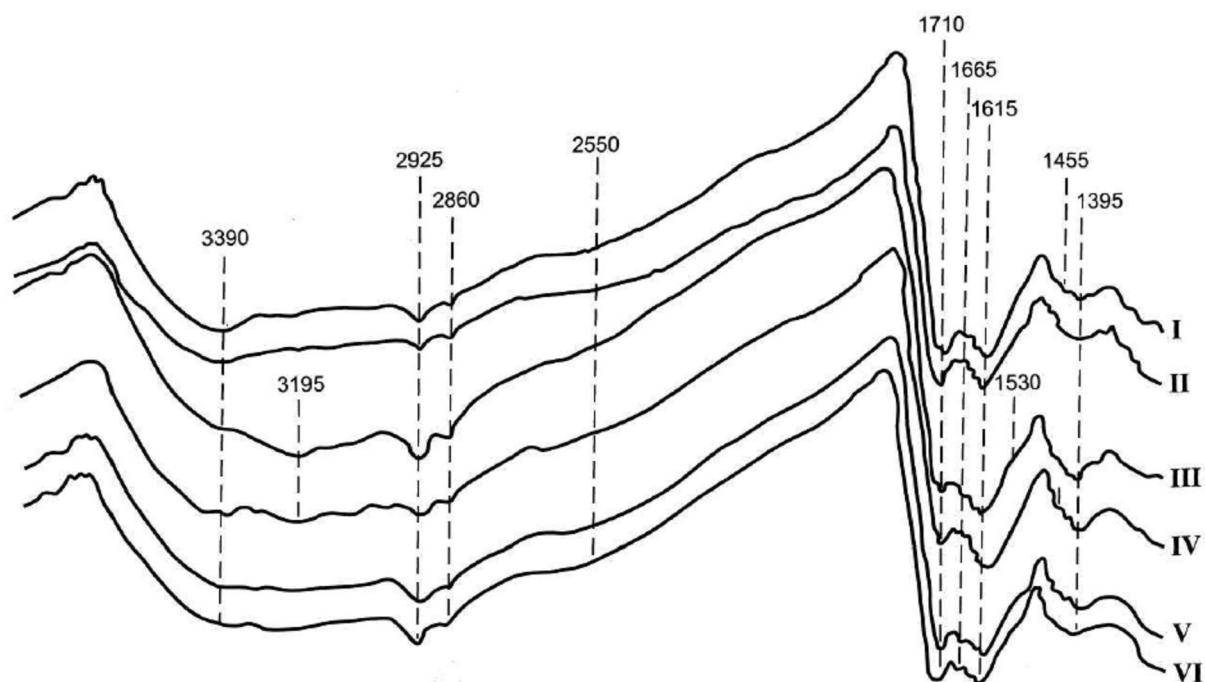


I – гуминовые кислоты черноземов ( $\bullet$ ,  $\Delta$ ) и антропогенно-преобразованной почвы города (\*); II – гуминовые кислоты подзолистой почвы (по Залфелду); III – гуминовые кислоты прочих типов почв (по Залфелду (Salfeld))

**Рисунок 1 – Схематическая модель изображения оптической плотности гуминовых кислот с использованием трех коэффициентов экстинкции (модель Залфелда)**

ИК-спектры изученных препаратов представлены практически одинаковым набором полос средней интенсивности (рисунок 2), несколько различающимися по их соотношению в отдельных разрезах, с максимумами при 3390 (3375), 2925 и 2865, 1710, 1620-1605, 1395, 1245 (1225), 1045,

520 и 465  $\text{cm}^{-1}$ . Кроме того, на отдельных спектрах выявляются уступы, перегибы или полосы очень слабой интенсивности при 3195 (3210), 3075, 2550, 1695, 1665, 1650, 1090, 915, 800, 765  $\text{cm}^{-1}$ .



I, II – горизонты  $A_{\text{пах}}$ ,  $A_{\text{п/пах}}$  (чернозем обыкновенный карбонатный, пашня на окраине города); III, IV – горизонты  $A_d$ , A (чернозем обыкновенный карбонатный, парково-рекреационная зона города); V, VI – горизонты  $U_{2hFea1}$ ,  $A_{\text{погр}}$ . (урбанозем среднemosный экранированный, центр города)

**Рисунок 2 – ИК-спектры гуминовых кислот естественных и антропогенно-преобразованных почв города (диапазон 4200-1200  $\text{cm}^{-1}$ )**

В ходе проведения анализа выяснили, что ИК-спектры ГК двух верхних генетических горизонтов пахотного чернозема практически идентичны как по набору полос поглощения, так и по их интенсивности. В коротковолновом диапазоне это широкая полоса при 3390  $\text{cm}^{-1}$  (валентные колебания ОН-групп различного рода, связанных водородными связями), на ее длинноволновом крыле имеются слабой интенсивности полосы при 2926 и 2865  $\text{cm}^{-1}$  (валентные колебания СН-групп в  $\text{CH}_2$ ).

Кроме того можно отметить в горизонте  $A_{\text{пах}}$  очень слабый максимум при 3225  $\text{cm}^{-1}$ , характеризующий, возможно, валентные группы NH, связанные водородными взаимодействиями, и при 3075  $\text{cm}^{-1}$ , определяю-



щих присутствие СН ароматических групп, имеющих в своей структуре не более 2-3 заместителей. Слабое поглощение при  $2550\text{ см}^{-1}$  связано с карбоновыми кислотами, точнее с ОН-группами димеров карбоновых кислот. Полоса поглощения карбоксильных групп ( $\text{C}=\text{O}$  в  $\text{COOH}$ ) сравнительно интенсивна и хорошо выражена при  $1710\text{ см}^{-1}$  и в длинноволновой области при  $1240\text{ см}^{-1}$  ( $\text{C}-\text{O}$  в  $\text{COOH}$ ). По интенсивности с полосой поглощения карбоксильных групп сопоставима и другая полоса при  $1610\text{-}1620\text{ см}^{-1}$ , которая связана с проявлением  $\text{C}=\text{C}$  бензоидных структур. В этом же интервале в ГК горизонта  $A_{\text{пах}}$  имеется слабый пик при  $1660\text{ см}^{-1}$ , относящийся к  $\text{C}=\text{O}$  хинонов, связанных водородной связью, и (или) характеризующий проявление  $\text{C}=\text{O}$ -групп в  $\text{COOH}$ , связанных с ароматическим кольцом.

В длинноволновой области спектра имеются полосы поглощения при  $1045\text{-}1035\text{ см}^{-1}$ ,  $525$  и  $465\text{ см}^{-1}$  (горизонт  $A_{\text{пах}}$ ), которые обусловлены, в основном, Si-O глинистых минералов, а в горизонте  $A_{\text{п/пах}}$ , кроме перечисленных выше полос имеются еще слабой интенсивности полосы при  $1095\text{ см}^{-1}$ ,  $800\text{ см}^{-1}$ , также обусловленные присутствием в образцах ГК силикатов.

Гуминовые кислоты горизонтов  $A_d$  и  $A_1$  чернозема лесопарковой зоны по набору основных полос поглощения и по рисунку спектров имеют много общего с описанными выше спектрами ГК черноземов пашни. Основное отличие ГК этого разреза в несколько ином соотношении интенсивностей некоторых полос поглощения. В частности, полоса поглощения карбоксильных групп ( $1710\text{ см}^{-1}$ ) менее интенсивна, чем в ГК чернозема пашни, причем это характерно для ГК верхнего и нижнего горизонтов данного разреза. Кроме того, следует отметить повышенную интенсивность полос поглощения ОН-групп различного рода при  $3375\text{-}3390\text{ см}^{-1}$ , а также возможно NH-групп, т. к. в этом диапазоне проявляется самостоятельная полоса поглощения при  $3195\text{-}3210\text{ см}^{-1}$ , характерная для ГК чернозема лесопарка. С вышеозначенным, по-видимому, связано появление слабых ус-

тугов при 1650 (Ad) и 1530  $\text{см}^{-1}$ , обусловленных присутствием азотсодержащих групп (амид I и амид II). Интенсивность поглощения групп СН парафиновых цепочек несколько выше, чем в предыдущем разрезе, но их доля в структуре ГК невелика; полосы поглощения бензоидных структур  $\text{C} = \text{C}$  также выражены отчетливо при 1605-1620  $\text{см}^{-1}$ .

ИК-спектры ГК горизонта U и погребенного горизонта A экранозема по внешнему облику и набору полос поглощения не имеют существенных отличительных особенностей от ГК, выделенных из предыдущих горизонтов, и практически идентичны между собой. Для них характерна отчетливо выраженная полоса поглощения карбоксильных групп (1710  $\text{см}^{-1}$ , 1235 и 1245  $\text{см}^{-1}$ , 2550  $\text{см}^{-1}$ ) и слабый уступ при 1660-1665  $\text{см}^{-1}$  ( $\text{C} = \text{O}$  хинонов). Полосы  $\text{C} = \text{C}$  бензоидных структур выражены также в одинаковой степени независимо от глубины взятия образца. Несколько увеличены полосы поглощения СН-групп парафиновых цепочек в горизонте U. В препарате ГК горизонта  $A_{\text{погр.}}$  несколько интенсивнее проявляются полосы силикатов, характеризующиеся длинами волн при 1035  $\text{см}^{-1}$ , 915  $\text{см}^{-1}$  (уступ), 525 и 465  $\text{см}^{-1}$ . Сколько-нибудь заметного проявления азотсодержащих групп в виде самостоятельных максимумов не наблюдается, а полоса поглощения спиртовых и фенольных ОН-групп при 3375-3390  $\text{см}^{-1}$  связана с сильными водородными связями, в силу чего длинноволновое крыло превращается в плато.

Таким образом, препараты ГК, отобранные из верхних горизонтов черноземов различного использования г. Ростов-на-Дону представлены кислотной формой с низкой зольностью, выявлены лишь незначительные количества силикатов в препарате ГК горизонта  $A_{\text{п/пах.}}$ , в меньшей степени в горизонте  $A_{\text{пах.}}$  чернозема пашни и в ГК горизонта  $A_1$  чернозема лесополосы.

Для всех препаратов характерна высокая интенсивность полос поглощения карбоксильных групп, отчетливо проявляются также полосы бензоидных структур при 1610-1620  $\text{см}^{-1}$ .

Отличительной чертой верхних горизонтов пахотного чернозема является незначительное содержание СН-групп парафиновых цепей, что выражается слабой интенсивностью полос при 2925 и 2865  $\text{см}^{-1}$ . В препарате ГК ( $A_{\text{пах.}}$ ), возможно, присутствием групп NH (валентное) обусловлено проявление очень слабого поглощения при 3225  $\text{см}^{-1}$ .

В препаратах ГК чернозема под лесной растительностью, представленных также кислотными формами, заметно выросла доля ОН-групп (спиртов, возможно, фенолов), СН-групп парафиновых цепей и азотсодержащих групп, что может указывать на более высокую обогащенность этих ГК периферическими алифатическими цепями. Это согласуется с данными элементного анализа гуминовых кислот (ГК чернозема рекреационной зоны города выделяются своей обогащенностью азотом) и связано, на наш взгляд, со спецификой поступления и трансформации свежего органического вещества.

Гуминовые кислоты, выделенные из почвенных горизонтов экранозема, по ИК-спектрам очень близки к ГК пахотного чернозема, следует лишь отметить несколько менее интенсивное поглощение, связанное с СООН-группами. Это закономерно, гумус пахотного чернозема представляет собой весьма устойчивую систему, изменения в которой даже при очень сильных антропогенных нагрузках не столь значительны, что подтверждают опубликованные нами ранее результаты исследования фракционно-группового состава гумуса и элементного состава гуминовых кислот.

### **Выводы**

1 Оптическая плотность ГК черноземов разных зон землепользования находится в рамках, присущих черноземной зоне. Наиболее значимые изменения отмечены для молекул ГК чернозема лесопарковой зоны, где наряду с наименьшими значениями оптических плотностей в верхних горизонтах обнаружены более низкие значения этого показателя по всему профилю почвы. Высокий коэффициент цветности гуминовых кислот дер-

нового горизонта чернозема лесопарковой зоны указывает на повышенное количество в их молекулах боковых радикалов, что подтверждают и результаты определения функциональных групп.

2 Интерпретация результатов коэффициентов экстинкции: E400/E500, E500/E600, E600/E700 по Залфелду показывает, что, сколь сильными не были преобразования в структуре ГК исследуемых почв, все они идут по пути трансформации, характерной именно для черноземных почв.

3 Гуминовые кислоты из верхних горизонтов черноземов обыкновенных различного использования г. Ростов-на-Дону представлены кислотной формой с низкой зольностью. ИК-спектры гуминовых кислот имеют практически одинаковый набор полос средней интенсивности, несколько различающихся по их соотношению в отдельных разрезах, с максимумами при 3390 (3375), 2925 и 2865, 1710, 1620-1605, 1395, 1245 (1225), 1045, 520 и 465  $\text{см}^{-1}$ . Для всех препаратов характерна высокая интенсивность полос поглощения карбоксильных групп и отчетливое проявление полос бензоидных структур при 1610-1620  $\text{см}^{-1}$ .

4 Гуминовые кислоты чернозема лесополосы представлены кислотной формой с возросшей долей ОН-групп (спиртов, возможно, фенолов), СН-групп парафиновых цепей и азотсодержащих групп, что может указывать на более высокую обогащенность этих ГК периферическими алифатическими цепями.

5 Гуминовые кислоты, выделенные из почвенных горизонтов чернозема, по ИК-спектрам очень близки к ГК пахотного чернозема. Следует лишь отметить несколько менее интенсивное поглощение, связанное с СООН-группами. Это свидетельствует о том, что гумусное состояние представляет собой весьма устойчивую систему, изменения в которой, даже при очень сильных антропогенных нагрузках не столь значительны, что подтверждают опубликованные нами ранее результаты исследования фракционно-группового состава гумуса.

### **Список использованных источников**

1 Бахвалов, А. В. Состав и свойства гуминовых кислот, выделенных из генетических горизонтов почв ЦЛГПБЗ: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.12 / Бахвалов Александр Владимирович. – М., 2011. – 24 с.

2 Особенности почвенного покрова г. Железноводска / О. С. Безуглова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. Спецвыпуск «Управление плодородием агроландшафтов юга России». – 2003. – С. 39-48.

3 Агрохимическая оценка урбаноземов некоторых городов Мурманской области / В. И. Вихман [и др.] // Агрохимический вестник. – 2008. – № 4. – С. 17-18.

4 Иванников, Ф. А. Особенности органического вещества антропогенно трансформированных почв и почвоподобных тел г. Москва / Ф. А. Иванников, Т. В. Прокофьева, М. С. Розанова // Тр. VI съезда общества почвоведов им. В. В. Докучаева. – М., 2012. – С. 611-623.

5 Наквасина, Е. Н. Структурно-функциональные особенности почвенного покрова Архангельска и разработка критериев его экологической оценки / Е. Н. Наквасина, Ю. М. Пермогорская // Современные проблемы почвоведения и экологии. – Йошкар-Ола, 2006. – Ч. 2. – С. 282-287.

6 Прокофьева, Т. В. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию / Т. В. Прокофьева, И. А. Мартыненко, Ф. А. Иванников // Почвоведение. – 2011. – № 5. – С. 611-623.

7 Строганова, М. Н. Городские почвы: генезис, классификации, функции / М. Н. Строганова, А. Д. Мягкова, Т. В. Прокофьева // Почва, город, экология / под общ. ред. Г. В. Добровольского. – М., 1997. – С. 15-85.

8 Уманский, А. С. Характеристика почвенного покрова Калининграда / А. С. Уманский, М. В. Куркина, В. П. Дедков // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2012. – Вып. 7. – С. 134-138.

9 Горбов, С. Н. Почвы урболандшафтов г. Ростов-на-Дону, их экологическое состояние, оценка загрязнения: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27 / Горбов Сергей Николаевич. – Ростов-на-Дону, 2002. – 25 с.

10 Безуглова, О. С. Формирование гумусового профиля и микроэлементного состава почв рекреационных территорий г. Ростов-на-Дону / О. С. Безуглова, С. Н. Горбов, В. В. Приваленко // Почвоведение. – 2000. – № 9. – С. 1142-1148.

11 Орлов, Д. С. Практикум по химии гумуса / Д. С. Орлов, Л. А. Гришина. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 271 с.

12 Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М., 1990. – 325 с.

13 Орлов, Д. С. Инфракрасные спектры почв и почвенных компонентов / Д. С. Орлов, Н. Н. Осипова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 89 с.

14 Кононова, М. М. Современные задачи в области изучения органического вещества почвы / М. М. Кононова // Почвоведение. – 1972. – №7. – С. 27-35.

15 Кононова, М. М. Опыт характеристики природы гуминовых кислот с помощью спектроскопии / М. М. Кононова, Н. П. Бельчикова // Докл. АН СССР. – 1950. – Т. 72. – С. 125.

16 Околелова, А. А. Электронные спектры поглощения гуминовых кислот черноземов и каштановых почв и их изменения при орошении / А. А. Околелова // Агрехимия. – 1983. – № 11. – С. 92.

17 Околелова, А. А. Принципы формирования фонда почвенно-генетического разнообразия Волгоградской области: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.27 / Околелова Алла Ароновна. – Ростов-на-Дону, 2005. – 51 с.

18 Горбов, С. Н. Биологическая активность почв городских территорий (на примере г. Ростов-на-Дону) [Электронный ресурс] / С. Н. Горбов, О. С. Безуглова // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой

Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 2(10), 2013 г., [89-103]

электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т. – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – № 85 (01). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/01/pdf/22.pdf>.

19 Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.

---

**Горбов Сергей Николаевич** – кандидат биологических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» (ФГАОУ ВПО «ЮФУ»), заведующий лабораторией биогеохимии Академии биологии и биотехнологии.

Контактный телефон: 8 928 279 21 67.

E-mail: [gorbow@mail.ru](mailto:gorbow@mail.ru)

**Gorbov Sergey Nikolayevich** – Candidate of Biological Sciences, Federal State Autonomous Establishment of Higher Professional Education “Southern Federal University” (FSAE HPE “SFU”), Head of the Biogeochemistry Laboratory of the Academy of Biology and Biotechnology.

Contact telephone number: 8 928 279 21 67.

E-mail: [gorbow@mail.ru](mailto:gorbow@mail.ru)

**Безуглова Ольга Степановна** – доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» (ФГАОУ ВПО «ЮФУ»), профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов.

Контактный телефон: 8(918) 544-98-46.

E-mail: [lola314@mail.ru](mailto:lola314@mail.ru)

**Bezuglova Olga Stepanovna** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Federal State Autonomous Establishment of Higher Professional Education “Southern Federal University” (FSAE HPE “SFU”), Professor of the Chair of Soil Science and Land Evaluation.

Contact telephone number: 8(918) 544-98-46.

E-mail: [lola314@mail.ru](mailto:lola314@mail.ru)