

Е. М. Осницкий, О. С. Кузьменко, К. В. Добрякова, Д. В. Бородай,  
М. П. Сартаков, Ю. М. Дерябина

**ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ  
И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ  
И ВИДОВ ТОРФОВ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ**

Работа выполнена при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований (договор № 15-44-00090)  
и правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры  
(договор № 06/17.0242/10/17-ЮГУ-155 от 16.06.2017 года).

*В статье описываются результаты исследований электронных спектров гуминовых кислот различных типов и видов торфов среднетаежной зоны Западной Сибири (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра). Выявлено, что увеличение оптической плотности наблюдается у образцов гуминовых кислот, извлеченных из торфов с высокой степенью разложения (40–65 %).*

*Интерпретация полученных ультрафиолетовых спектров в видимой области дает основание в первом приближении расположить гуминовые кислоты в порядке возрастания доли ароматических структур в макромолекулах в следующем порядке: 1) гуминовые кислоты торфов, имеющих степень разложения от 0 до 35 % с содержанием большого количества растений торфообразователей, где коэффициенты экстинкции изменяются от 0,039 до 0,054 и сфагновые торфы той же степени разложения с содержанием сфагноума 95–100 %, где коэффициенты экстинкции имеют значения от 0,030 до 0,042; 2) гуминовые кислоты всех типов и видов торфов со степенью до 35 %, где коэффициенты экстинкции от 0,042 до 0,068; 3) гуминовые кислоты торфов всех исследованных типов и видов со степенью разложения от 40 до 65 %, где коэффициенты экстинкции изменяются от 0,059 до 0,087.*

*Метод ультрафиолетовой спектроскопии, хотя и является важным средством в изучении процессов гумификации в торфах, имеет ограниченную информативность вследствие неразрешенности спектров.*

*Таким образом, гуминовые кислоты торфов различного ботанического состава и степени разложения характеризуются аналогичными спектрами поглощения в видимой области в форме монотонного возрастания поглощения в коротковолновый интервал и отличаются друг от друга только интенсивностью поглощения.*

*Исходя из полученных значений электронных спектров поглощения ГК и величин их степени бензоедности ( $\alpha$ ), которые вычислены по результатам элементного анализа, получена информация о соотношении ароматических и алифатических фрагментов в молекулах гуминовых кислот, т. е. информация о структурной организации молекулы.*

*Результаты проведенного элементного анализа позволили характеризовать некоторые особенности гуминовых кислот различных торфов и дали информацию о принципах их строения. Для этих целей использовано не процентное выражение состава гуминовых кислот, установленное в анализе, а атомные отношения элементов, составлены простейшие формулы и применен принцип графостатического анализа.*

*Для условий Ханты-Мансийского автономного округа – Югры во всех образцах гуминовых кислот торфов не выявлена зависимость их элементного состава от типов исходных торфов, от особенностей их видов, обусловленных местонахождением и спецификой торфообразования.*

*Ключевые слова: гуминовые кислоты, гумусовые кислоты, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, электронные спектры поглощения, ботанический состав торфов, Среднее Приобье, таежная зона, Западная Сибирь, торфы, гумификация, органическое вещество почв, болотные почвы.*

E. M. Osnitsky, O. S. Kuzmenko, K. V. Dobryakova, D. V. Boroday, M. P. Sartakov, Y. M. Deryabina

**THE CHARACTERISTIC FEATURES OF THE ELECTRONIC ABSORPTION SPECTRA AND  
ELEMENTAL COMPOSITION OF HUMIC ACIDS OF DIFFERENT TYPES AND TYPES OF  
PEAT KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – YUGRA**

*The article reveals the results of studies of the humic acids electronic spectra for various types and kinds of peat in the middle-taiga zone of Western Siberia (Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Yugra). It was found that the increase in optical density is observed in samples of humic acids which were extracted from the peat with a high degree of decomposition (40–65 %).*

*At the first approximation the interpretation of received electronic spectra gives reason to range humic acids in the order with increasing proportion of aromatic structures share in macromolecules in the following order: 1) peat humic acids having a degree of expansion from 0 to 35 % with the content of a large number of peat-forming plants, where the extinction coefficients vary from 0.039 to 0.054 or sphagnum peat with the same degree of decomposition with the sphagnum containing 95–100 %, where the extinction coefficients have values between 0.030 and 0.042; 2) humic acids of all types and kinds of peat with a degree up to 35 %, where the extinction coefficients are from 0.042 to 0.068; 3) humic acid of peats of all examined types and species with a degree of decomposition from 40 % to 65 %, where the extinction coefficients vary from 0.059 to 0.087.*

*Although the method of electron spectroscopy is an important tool in the study of humification processes in peat, it has a limited informative value due to unresolved spectra.*

*Thus, peat humic acids with various botanical composition and various degree of decomposition are characterized by similar absorption spectra in the visible area in the form of a monotone increasing of absorption in short wavelength interval and differ from each other only by the absorption intensity.*

*Based on the obtained values of the electronic absorption spectra of the GK and the magnitudes of their degree of benzoindeole ( $\alpha$ ), which are calculated by the results of elemental analysis, the obtained information about the ratio of aromatic and aliphatic fragments in the molecules of humic acids, i.e. the information about the structural organization of the molecule.*

*For the conditions of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra in all samples of peat humic acids did not reveal the dependence of their elemental composition from the types of source of peat, from the peculiarities of their species caused by the location and the specifics of peat formation.*

*Key words: humic acid, humic acid, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, electronic absorption spectra, the Botanical composition of the peat, the Average Priob'ye taiga zone, Western Siberia, peat, formation, organic substances, marsh soils.*

---

## **Введение**

Гумификация отмерших растительных, животных организмов и их метаболитов является глобальным природным процессом в планетарном масштабе. Гуминовые вещества входят в состав органического вещества почв, торфов, ископаемых углей, некоторых сланцев и сапропелей. Они образуются в результате сложных биохимических преобразований органической массы и являются фактором его «консервации», предохраняя в известной мере от тотальной минерализации.

Накопление гуминовых веществ играет исключительно важную роль в процессах почвообразования, в связи с созданием своеобразных экологических условий. Совокупную массу гуминовых веществ, их органоминеральных комплексов и неразложившихся отмерших остатков организмов в почвоведении и агрономии часто называют собирательным термином «гумус».

Методы электронной спектроскопии и элементного анализа являются одними из основных диагностических методов при обнаружении и изучении ГК. Эти показатели входят в число классификационных признаков гуминовых кислот [1, 2, 3], и независимо от характера и степени изменений, трансформация молекул ГК не выходит за пределы, определенные типом почвообразования [4].

В их составе и особенностях молекулярных структур содержится основная специфическая информация о гумификационном процессе, отражающая как особенности исходного органического материала, так и гидротермических условий, в которых протекает процесс. Безусловно, что для полного представления химической природе гуминовых кислот необходимо применять комплексный подход к изучению их структуры с использованием всего арсенала современной инструментальной техники.

Целью данной работы является изучение химической природы и физико-химических свойств гуминовых кислот, выделенных из различных типов и видов торфов на территории ХМАО-Югры, методами электронной спектроскопии и элементного анализа.

## **Объекты и методы исследования**

В качестве объектов исследования нами были использованы гуминовые кислоты, выделенные из поверхностных слоев (0–20 см) торфов верхового, переходного и низинного типа на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Для извлечения препаратов применили режим, который сохраняет их природные биологические свойства [5].

Доставленные в лабораторию образцы торфов доводились до воздушно сухого состояния, растерлись на дисковой мельнице и просеивались через сито с отверстиями в 1 мм.

Из воздушно сухих образцов торфов предварительно удалялись липиды экстракцией спиртобензолом (1:1) и осуществлялось декальцинирование серной кислотой в течение 12 часов до отрицательной реакции на кальций. Избыток сульфат-ионов удалялся в процессе промывки дистиллированной водой.

Из декальцинированной почвы гуминовые кислоты извлекались децимолярным раствором гидроксида натрия в процессе взаимодействия в течение 12 часов с последующими повторными обработками до обесцвечивания раствора.

Раствор гумата натрия отделяли от шлама центрифужным методом. Для отделения коллоидной взвеси глинистых минералов добавлялся раствор сульфата натрия.

Осаждение гуминовых кислот осуществлялось 0,25 М раствором  $H_2SO_4$  при  $pH=1$ , затем образцы отстаивались ночь для укрупнения и созревания осадка и отделялись от маточного раствора центрифугированием. Полученный таким образом гель гуминовых кислот высушивался в вакууме при температуре  $60^{\circ}C$  в течение 6 часов.

Очистка высушенных гуминовых кислот проводилась первоначально водой, а потом последовательно повторными обработками десятикратными количествами 10 %-ных растворов  $HCl$  и  $HF$  на кипящей водяной бане. Осадок разбавляли водой и отмывали от ионов  $F$ . После этого гуминовые кислоты высушивали в вакууме при  $60^{\circ}C$ .

Несмотря на дискуссионность такого метода очистки гуминовых кислот, в его пользу можно привести достаточно серьезные аргументы. Он позволяет наиболее эффективно освободить органическое вещество гуминовых кислот от минеральных примесей, мало влияя на состав самого органического вещества. Гидролитическое воздействие такой обработки затрагивает лишь периферические цепи макромолекул гуминовых кислот, которые являются их нерегулярными структурными элементами.

Электронные спектры были сняты на спектрофотометре Specord UY-YIS, для отдельных полос поглощения при длине волн 465 и 650 нм. видимой части спектра, где не мешает присутствие зеленого пигмента. Вычисление коэффициентов экстинкции проводили при одной условно выбранной длине волны [2]. Измерения проводили в щелочных растворах гуминовых кислот с процентной концентрацией 0,0043-0,0070.

Определение углерода, водорода и азота проводили на элементном анализаторе фирмы Euro Vector mod. EA3000. В ходе анализа окисление пробы осуществляли при температуре выше  $1000^{\circ}C$  в присутствии смешанного катализатора из оксидов  $CO_2$ ,  $SiO_2$ ,  $MnO_2$ . Продукты сгорания разделяли методом газовой хроматографии в потоке гелия, в насадочной колонке с твердым носителем «Porapac Q». Элементный состав определяли на беззольное вещество, кислород, согласно общепринятой методике по разности [3].

### Результаты исследований

Нами было исследовано 43 образца гуминовых кислот, извлеченных из сфагновых, древесных, древесно-травяных, осоковых, травяных, гипновых и травяно-сфагновых видов торфа.

Электронные спектры всех гуминовых кислот, различающихся по ботаническому составу и степени разложения, описываются кривыми одинаковой формы (рис. 1). Общей характеристикой структуры является положение максимума по длине волны.

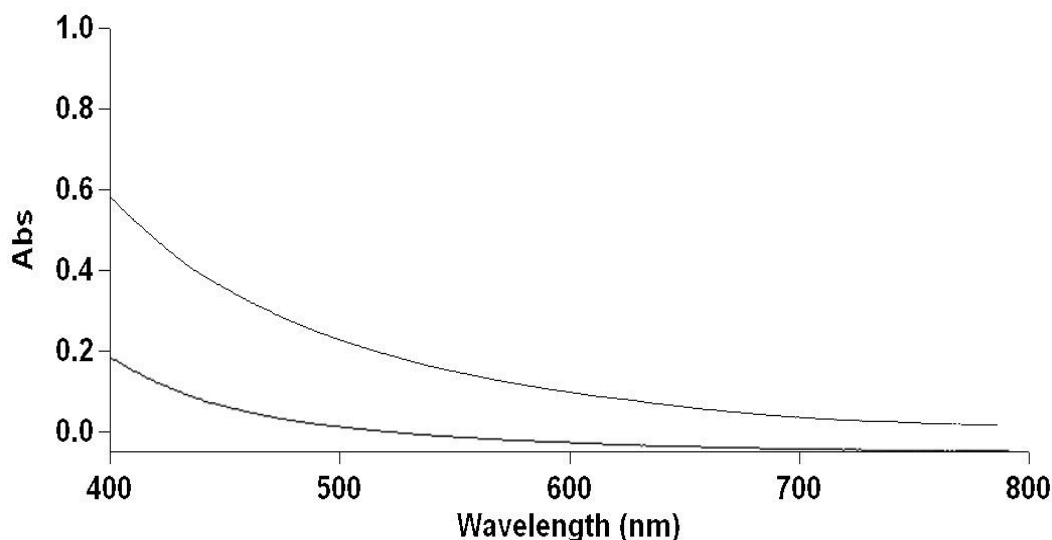


Рисунок 1 – Абсорбционные спектры щелочных растворов гуминовых кислот торфов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры

Для условной оценки молекулярной структуры гуминовых кислот использовано отношение  $D_{465}/D_{650}$  (табл. 1). Отношение выражает крутизну падения оптической плотности при увеличении длины волны и определяет соотношение между ароматическими и алифатическими фрагментами в молекулах гуминовых кислот. Выбор интервала длин волн обусловлен тем, что довольно часто обнаруживаются максимумы при 430, 448, 568 и 613 нм, которые не принадлежат гуминовым кислотам, а обусловлены своеобразным зеленым пигментом (Кумада – Pg), являющимся производным дигидрокси перилена и продуцируемым, видимо, грибом *Cenococcium graniforme* [6].

Таблица 1 – Результаты исследования электронных спектров поглощения натриевых солей гуминовых кислот торфов Среднего Приобья

№	Виды и типы торфов	Гуминовые кислоты				
		Масса ГК (мг)	Конц., %	$D_{456}$	$D_{650}$	$D_{465}/D_{650}$
1	Сфагновый фускум-торф, верховой	6,2	0,0062	0,331	0,054	6,13
2	Сфагновый фускум-торф, верховой	4,5	0,0045	0,314	0,068	4,62
3	Сфагновый фускум-торф, верховой	5,7	0,0057	0,376	0,063	5,97
4	Сфагновый фускум-торф, верховой	4,3	0,0043	0,239	0,043	5,56
5	Сфагновый ангустифолиум-торф, верховой	4,3	0,0043	0,248	0,043	5,77
6	Сфагновый, верховой	5,3	0,0053	0,300	0,058	5,17
7	Сфагновый магеланикум торф, верховой	6,0	0,0060	0,312	0,069	4,52
8	Фускум-торф верховой	7,0	0,0070	0,345	0,071	4,86
9	Фускум-торф верховой	5,0	0,0050	0,191	0,041	4,66
10	Фускум-торф верховой	6,8	0,0068	0,246	0,055	4,59
11	Травяно-сфагновый, низинный	5,6	0,0056	0,232	0,051	4,55
12	Шейхцериевый, переходный	6,0	0,0060	0,378	0,063	6,00
13	Травяной, переходный	5,5	0,0055	0,343	0,059	5,81
14	Травяной, переходный	4,1	0,0041	0,241	0,044	5,48
15	Травяной переходный	5,1	0,0051	0,153	0,027	5,67
16	Травяной, низинный	4,9	0,0049	0,251	0,038	6,61
17	Пушицевый, переходный	4,9	0,0049	0,336	0,061	5,51
18	Пушицевый, верховой	4,6	0,0046	0,329	0,054	6,09
19	Пушицевый, верховой	5,2	0,0052	0,281	0,050	5,62
20	Вахтовый, низинный	4,2	0,0042	0,282	0,039	7,23
21	Пушицево-сфагновый, верховой	4,2	0,0042	0,262	0,047	5,57
22	Древесно-осоковый, низинный	4,3	0,0043	0,371	0,080	4,64
23	Древесно-травяной, переходный	4,4	0,0044	0,227	0,040	6,22
24	Древесно-травяной, переходный	4,5	0,0045	0,220	0,035	6,29
25	Сосновокустарничковый, верховой	4,9	0,0049	0,195	0,041	4,76
26	Древесный, переходный	5,1	0,0051	0,309	0,057	5,42
27	Древесный, переходный	5,9	0,0059	0,345	0,074	4,66
28	Древесный, переходный	5,3	0,0053	0,272	0,052	5,23
29	Древесный переходный	6,7	0,0067	0,242	0,056	4,32
30	Осоковый, переходный	4,4	0,0044	0,326	0,071	4,59
31	Осоково-пушицевый, переходный	5,4	0,0054	0,358	0,066	5,42
32	Осоковый, переходный	7,0	0,0070	0,463	0,078	5,94
33	Осоковый, переходный	4,6	0,0046	0,295	0,048	6,15
34	Осоковый, низинный	4,2	0,0042	0,202	0,034	5,94
35	Осоковый, переходный	4,9	0,0049	0,319	0,071	4,49
36	Осоковый, переходный	4,3	0,0043	0,334	0,069	4,84
37	Осоковый, переходный	4,5	0,0045	0,254	0,042	6,05
38	Осоковый, переходный	5,6	0,0056	0,334	0,060	5,57

Продолжение таблицы 1

39	Осоковый низинный	4,6	0,0046	0,158	0,032	4,94
40	Осоково-сфагновый переходный	6,1	0,0061	0,261	0,045	5,80
41	Торфоподстилка	4,4	0,0044	0,298	0,055	5,42
42	Торфоподстилка	4,4	0,0044	0,237	0,040	5,93
43	Торфоподстилка	5,6	0,0056	0,360	0,065	5,54

Согласно полученным данным, гуминовые кислоты различных торфов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры имеют разные значения коэффициентов экстинкции (табл. 2). Они определяются по оптической плотности растворов гуминовых кислот и используются в системе показателей обобщенной характеристики торфа и торфяного гумуса. Уровень и характер такого признака как коэффициент экстинкции, согласно принятым показателям гумусного состояния, в наших исследованиях низкий (0,04-0,06) и средний (0,06-0,08), и в общем  $E_{0,001} \text{ гк/1 см, 465 нм}$  колеблется от 0,037 до 0,087.

Химический состав гуминовых кислот торфов в расчете на беззольное вещество, предварительно обеззоленных препаратов, не одинаков и изменяется в зависимости от видов исходных торфов и их степени разложения.

Результаты элементного состава представлены в таблице 2.

Разбивка таблиц сделана по видам торфов, так как при сравнении гуминовых кислот по местоположению в ландшафтных провинциях различий не обнаружено. Поэтому весь материал рассматривается в зависимости от вида и степени разложения исходного торфа.

Таблица 2 – Средние значения элементного состава на беззольное вещество (массовый %) и атомные отношения гуминовых кислот торфов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры

Виды торфов	R, %	Гуминовые кислоты							
		Золь-ность, %	C	H	N	O	H:C	O:C	N:C
Сфагновые	5	0,63	45,81	4,15	2,43	47,62	1,08	0,81	0,05
	10	1,11	53,46	4,64	2,51	39,40	1,03	0,55	0,04
	15	0,84	49,03	3,93	1,34	45,69	0,96	0,71	0,02
	20	1,03	54,78	4,59	1,94	38,69	0,99	0,53	0,03
	35	0,99	55,9	4,48	1,82	37,81	0,95	0,51	0,03
	40	0,92	57,77	4,94	2,10	35,19	0,98	0,50	0,03
	55	0,93	58,13	4,49	1,35	36,03	1,02	0,46	0,03
Осоковые	10	0,88	59,46	4,94	2,17	33,43	0,98	0,42	0,03
	15	0,96	55,48	4,46	2,29	37,77	0,95	0,51	0,03
	25	0,78	39,95	3,42	2,58	54,05	1,01	1,01	0,05
	30	0,88	56,27	4,64	1,80	37,29	0,92	0,47	0,02
	35	1,24	52,59	4,59	2,01	40,82	1,04	0,60	0,04
	40	1,25	56,62	4,25	1,98	37,15	0,89	0,49	0,02
	45	1,20	55,96	4,36	2,26	37,42	0,93	0,50	0,03
	50	1,00	57,91	4,90	2,10	35,09	1,01	0,46	0,03
Травяные	55	0,76	57,43	4,32	2,20	36,05	0,89	0,47	0,03
	15	0,94	46,05	4,15	2,53	47,27	1,07	0,82	0,05
	25	1,14	57,55	4,78	2,03	35,64	0,99	0,47	0,03
	30	0,99	58,25	4,62	1,71	35,43	0,94	0,46	0,03
	40	1,01	57,43	4,36	1,66	36,55	0,90	0,48	0,03
	45	0,98	55,68	4,63	1,55	38,14	0,99	0,51	0,02
	55	1,06	57,31	4,35	1,67	36,67	0,90	0,48	0,02
Травяно-сфагновые	60	1,35	56,22	4,04	2,12	37,62	0,85	0,50	0,03
	10	1,27	53,50	4,43	2,40	39,67	0,98	0,55	0,03
	35	1,17	40,02	3,23	1,85	54,90	0,95	1,02	0,03
	65	0,85	54,98	4,24	1,17	39,61	0,91	0,54	0,01
Древесные	10	1,26	50,03	4,17	1,99	43,81	0,99	0,65	0,03
	15	0,88	48,58	4,90	2,55	43,97	1,19	0,67	0,04
	25	1,00	53,78	4,37	1,80	40,07	0,97	0,56	0,03
	45	1,16	55,52	5,40	2,93	36,15	1,16	0,49	0,05
	50	1,02	54,84	5,02	1,64	38,50	1,09	0,53	0,03
Древесно-травяные	30	1,15	58,56	4,96	1,68	34,80	1,01	0,45	0,02
	35	0,84	55,62	4,92	1,98	37,48	1,05	0,51	0,03
	65	0,85	57,74	4,40	1,77	36,09	0,90	0,47	0,03
Гипновые	10	0,98	53,13	4,46	2,04	40,18	1,05	0,57	0,03

Примечание: R – степень разложения

Содержание углерода в гуминовых кислотах на обеззоленное вещество колеблется от 39,95 до 59,46 %, водорода – от 3,23 до 5,40 %, азота – от 1,17 до 2,93 % и кислорода – от 35 до 54,9 %. Зольность составляет  $\pm 1$  %.

Согласно ранее проведенным исследованиям Д. С. Орлова, элементный состав гуминовых кислот колеблется в некоторых пределах (С – 52–62 %, Н – 2,8–5,8 %, О – 31–39 %, N – 1,7–5 %). В наших исследованиях наблюдается выход за рамки этих пределов для некоторых образцов. Выявляются значительно более низкие от предполагаемых значения С, N и более высокие значения О.

Отношения Н:С для ГК исследованных торфов колеблются в пределах от 0,85 до 1,19. Наибольшую «зрелость» имеют ГК осоковых, травяных и травяно-сфагновых торфов, средние значения атомных отношений которых равны 0,95. Затем следуют ГК древесно-травяных торфов Н:С=0,99, сфагновых Н:С=1, гипновых Н:С=1,05 и древесных торфов Н:С=1,08.

Известно, что соотношение элементов в гуминовых кислотах четко соответствует ландшафтным условиям и количественным характеристикам климатических показателей [7].

Для условий Ханты-Мансийского автономного округа – Югры во всех образцах гуминовых кислот торфов выявлена зависимость их элементного состава от типов исходных торфов и от особенностей их видов, обусловленных местонахождением и спецификой торфообразования.

Учеными установлено, что определяющим фактором является химический состав растений торфообразователей, зависящий от ботанического состава, а исследования состава органического вещества торфов с учетом ботанического состава малочисленны, выполнены с использованием разных методов анализа и не всегда могут быть сравнимы [8, 9].

При обобщенной характеристике гуминовых кислот по электронным спектрам поглощения и элементному составу подтверждается общепринятое правило, что с увеличением степени разложения исходного торфа увеличиваются коэффициенты экстинкции полученных из него гуминовых кислот и уменьшаются атомные отношения.

В основном, наименьшими значениями коэффициентов экстинкции характеризуются гуминовые кислоты слабогумифицированных торфов со степенью разложения от 5 до 20–25 %.

Низкая степень гумификации органического вещества по данным УФ и ЭА может подтвердиться другими физико-химическими методами анализа. ГК таких торфов обладают повышенным содержанием алифатических фрагментов по данным ЯМР-спектроскопии, и повышенным содержанием свободных радикалов по данным ЭПР-спектроскопии [10].

Исходя из полученных значений электронных спектров поглощения ГК и величин их степени бензоидности ( $\alpha$ ), которые вычислены по результатам элементного анализа, получена информация о соотношении ароматических и алифатических фрагментов в молекулах гуминовых кислот, т. е. информация о структурной организации молекулы (табл. 3).

Таблица 3 – Коэффициенты экстинкции и степень бензоидности гуминовых кислот, сгруппированных по ботаническим группам и степени разложения исходных торфов Среднего Приорья

R, %	Гуминовые кислоты		
	Зольность, %	Степень бензоидности ( $\alpha$ ), %	E0,001 % гк/1см, 465 нм
Сфагновые торфы			
5	0,70	23	0,039
10	1,22	32	0,053
15	0,79	27	0,052
20	1,03	32	0,056
35	0,99	34	0,058
40	0,95	34	0,070
55	0,93	34	0,067
Древесные торфы			
10	1,26	30	0,037
15	0,88	27	0,040
25	1,00	35	0,060
45	1,16	31	0,052
50	1,02	31	0,061
Древесно-травяные торфы			
30	1,15	34	0,041
35	0,84	32	<b>0,049</b>
<b>65</b>	0,85	36	0,087

Осоковые торфы			
10	0,88	35	0,049
15	0,96	34	0,065
25	0,78	24	0,035
30	0,88	35	0,038
35	1,24	31	0,059
40	1,25	35	0,066
45	1,20	34	0,079
50	1,00	34	0,075
55	0,76	36	0,067
Травяные торфы			
15	0,94	27	0,043
25	1,14	34	0,061
30	0,99	35	0,063
40	1,01	35	0,063
45	0,98	33	0,059
55	1,06	35	0,070
60	1,35	36	0,068
Гипновые торфы			
10	0,98	31	0,062
Травяно-сфагновые			
10	1,27	32	0,043
35	1,17	25	0,044
65	0,85	34	0,064

Примечание: R-степень разложения исходного торфа %.

Результаты, представленные в таблице 3 и рисунке 2, позволяют выявить закономерность: с увеличением оптической плотности растворов гуминовых кислот увеличивается их степень бензоидности ( $\alpha$ ), то есть доля ароматических структур. Аналогичные результаты были получены Е. В. Катуниной [11] на примере ГК пелоидов.

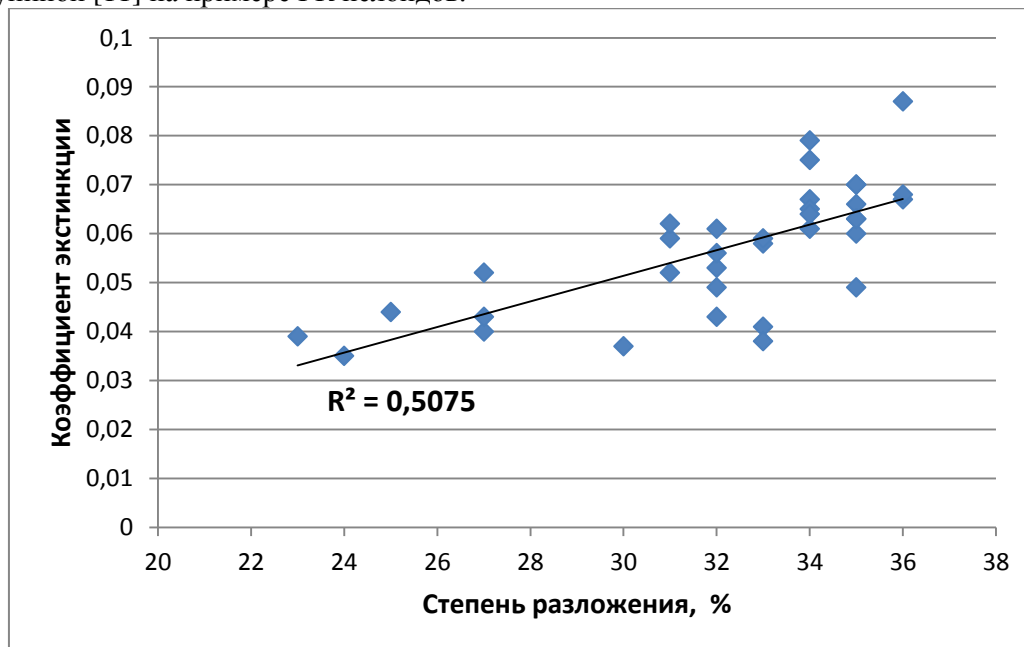


Рисунок 2 – Общая корреляционная зависимость коэффициентов экстинкции и степени бензоидности гуминовых кислот торфов Среднего Приобья

Общая зависимость коэффициентов экстинкции всех гуминовых кислот от степени разложения выражена слабо, но отдельно по ботаническим группам совсем наоборот, особенно для сфагновых, травяно-сфагновых и древесно-травяных торфов. В частности, по группам ботанического состава, все линии тендера также располагаются согласно этой зависимости, но значения коэффициентов корреляции в разных ботанических группах различные (рис. 3–7).

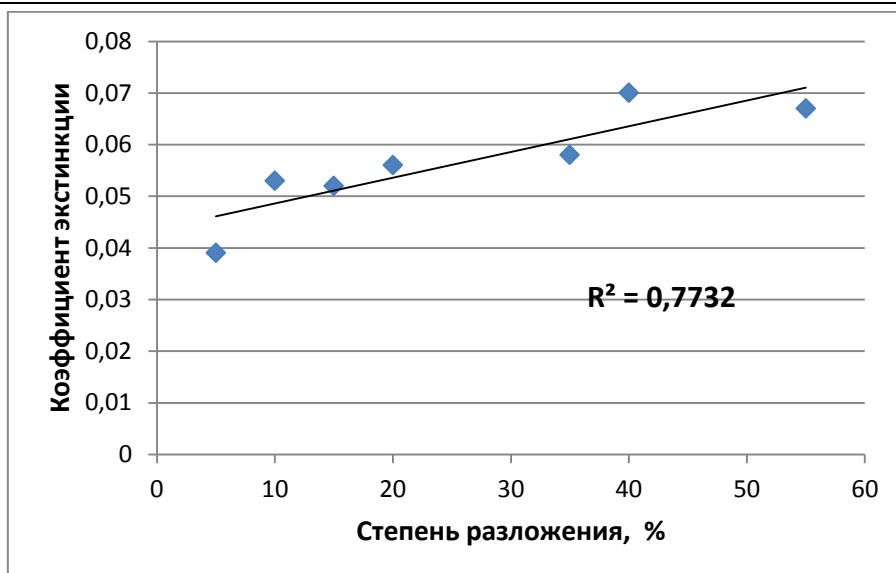


Рисунок 3 – Корреляционная зависимость коэффициентов экстинкции гуминовых кислот сфагновых торфов от степени разложения

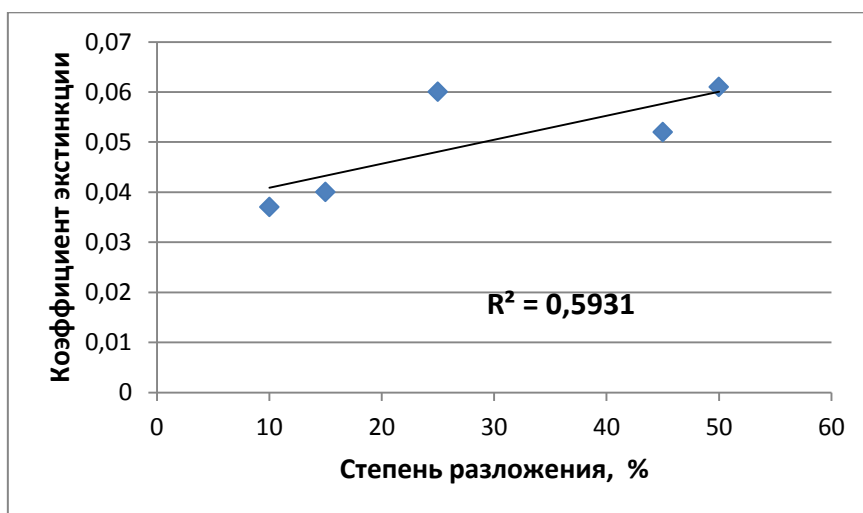


Рисунок 4 – Корреляционная зависимость коэффициентов экстинкции гуминовых кислот древесных торфов от степени разложения

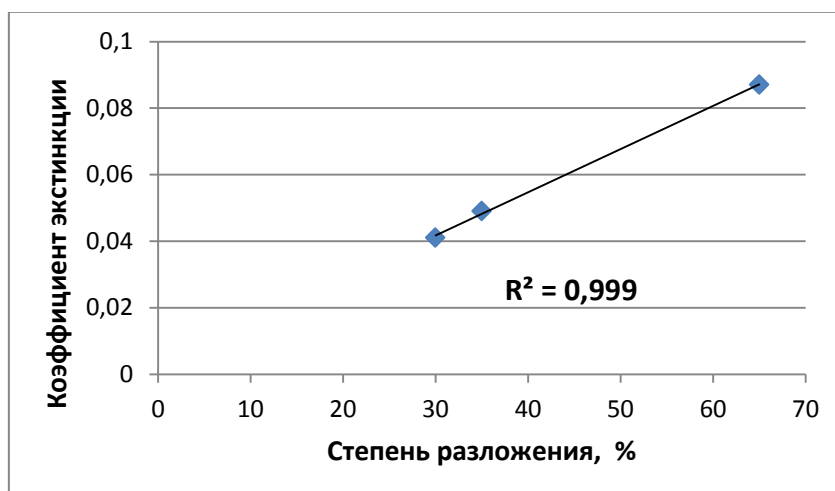


Рисунок 5 – Корреляционная зависимость коэффициентов экстинкции гуминовых кислот древесно-травяных торфов от степени разложения



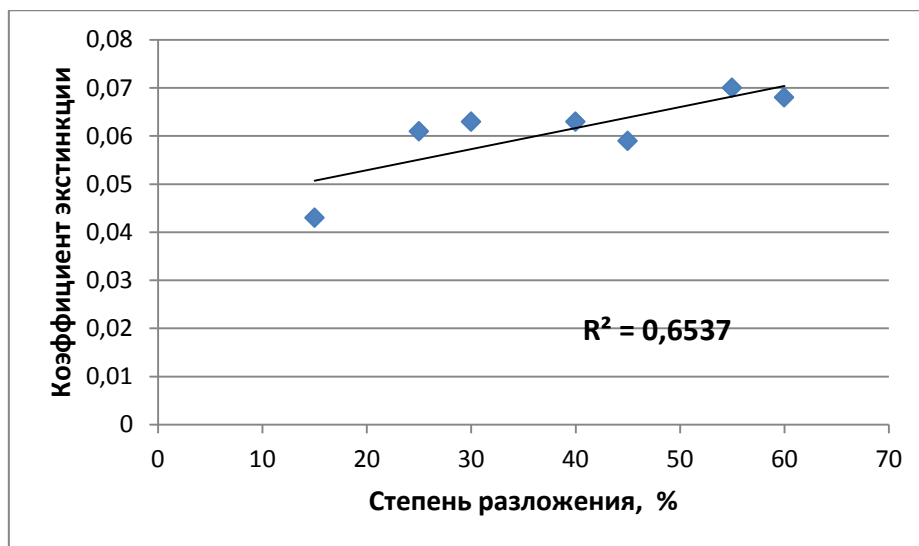


Рисунок 6 – Корреляционная зависимость коэффициентов экстинкции гуминовых кислот травяных торфов от степени разложения

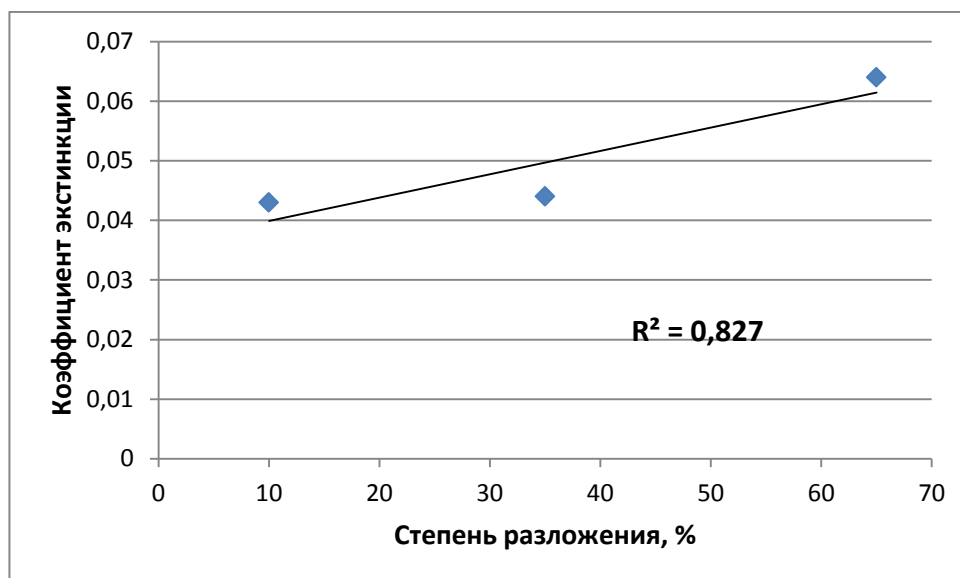


Рисунок 7 – Корреляционная зависимость коэффициентов экстинкции гуминовых кислот травяно-сфагновых торфов от степени разложения

Из рисунков видно, что взаимосвязь коэффициентов экстинкции ( $E_{0,001} \text{ \%гк/1 см, 465 нм}$ ) гуминовых кислот и степени разложения торфа ( $R$ ) зависит от ботанического состава отобранных образцов.

Прослеживается следующая тенденция: чем выше степень разложения торфа, тем выше значения коэффициентов экстинкции. Корреляционная зависимость по этим показателям в возрастающей последовательности по ботаническим группам следующая: гуминовые кислоты осоковых торфов – 0,13, гуминовые кислоты травяных торфов – 0,46, гуминовые кислоты древесных торфов – 0,59, гуминовые кислоты травяно-сфагновых – 0,76, сфагновых – 0,80 и древесно-травяных – 1,00.

У осоковых торфов и, в меньшей степени, травяных по всем методам исследований наблюдается хотя и общеизвестная, но очень слабо выраженная зависимость между физико-химическими показателями. Это можно объяснить большим разнообразием осоковых и травяных растений по сравнению с другими сфагновыми, гипновыми и деревянистыми растениями, которые создают более однородную массу торфа, тем самым обеспечивая такую же, но более яркую согласованность результатов, полученных разными методами.

### Выводы

1. Получены данные о составе и молекулярном строении гуминовых кислот репрезентативных, наиболее часто встречающихся торфов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, методом электронной спектроскопии и элементного анализа.

2. Специфические особенности состава структуры и свойств гуминовых кислот, формирующихся из различных типов и видов торфов на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, проявляются в их спектральных характеристиках и соотношении элементов, связанных со степенью разложения и ботаническим составом исходных торфов.

3. Исследованные гуминовые кислоты, сформированные из торфов различного ботанического состава и степени разложения, по показателям оптических свойств в видимой области спектра образуют три четко выделяемые группы, соответствующие источнику гумификации – сфагновым, осоковым и древесным торфам.

### **Литература**

1. Александрова, Е. М. Оптические свойства растворов гуматов и золь гуминовых кислот [Текст] / Е. М. Александрова, Н. Г. Лидина // Химия и технология топлива. – 1956. – № 8. – С. 42–55.
2. Орлов, Д. С. Оптические свойства почв и почвенных компонентов [Текст] / Д. С. Орлов, Н. А. Михайлова. – Москва : Наука, 1986. – 160 с.
3. Орлов, Д. С. Элементный состав и степень окисленности гуминовых кислот [Текст] / Д. С. Орлов // Биологические науки. – 1970. – № 1. – С. 5.
4. Горбов, С. Н. Элементный состав гуминовых кислот почв урбанизированных территорий (на примере Ростова-на-Дону) [Текст] / С. Н. Горбов, О. С. Безуглова // Почвоведение. – 2013. – № 11. – С. 13–16.
5. Грехова, И. В. Гуминовый препарат из низинного торфа [Текст] / И. В. Грехова // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 1. – С. 87–90.
6. Kumada, K. Physico-chemical studies en the formation of humic acids. Absorption spectra asids [Text] / K. Kumada // Journal Soil Sci. And Plant. – 1955. – № 4. – Pp. 11–19.
7. Соотношение элементов в гуминовых кислотах как источник информации о природной среде формирования почв [Текст] / М. И. Дергачева, О. А. Некрасова, М. В. Оконешникова [и др.] // Сибирский экологический журнал. – 2012. – Т. 19, № 5. – С. 667–676.
8. Инишева, Л. И. К вопросу о составе гуминовых кислот торфов Сибири [Текст] / Л. И. Инишева, С. Г. Маслов // Химия растительного сырья. – 2015. – № 2. – С. 201–207.
9. Характеристика гуминовых кислот представительных видов торфов [Текст] / Л. И. Инишева, Н. В. Юдина, И. В. Соколова [и др.] // Химия растительного сырья. – 2013. – № 4. – С. 179–185.
10. Чуков, С. Н. Характеристика гуминовых кислот почв тундровой зоны севера Западной Сибири методом спектроскопии электронного парамагнитного резонанса [Текст] / С. Н. Чуков, Е. Ехарько, Е. В. Абакумов // Почвоведение. – 2017. – № 1. – С. 35–39.
11. Катунина, Е. Е. Экологическая и биохимическая активность гематомелановых кислот пеллоидов [Текст] : дис. ... канд. биол. наук / Е. Е. Катунина. – Самара, 2007. – 160 с.