

4. Назаренко Н.Н. Оценка структуры комплекса актиномицетов в техногенно нарушенных почвах урбоэкосистемы // Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование: тр. второй междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – М.: Буки Веди, 2013. – С. 1–5.
5. Новогрудский Д.М. Почвенная микробиология. – Алма-Ата: Изд-во АН Каз. ССР, 1956. – 402 с.
6. Практикум по микробиологии / под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Академия, 2005. – 602 с.
7. Свистова И.Д., Назаренко Н.Н. Микробиологическая индикация урбаземов г. Воронежа // Вестн. ВГУ. – 2003. – № 2. – С. 175–180.
8. Свистова И.Д., Щербаков А.П., Фролова Л.О. Фитотоксическая активность сапротрофных микромицетов чернозема: специфичность, сорбция и стабильность фитотоксинов в почве // Прикладная биохимия и микробиология. – 2003. – Т. 39. – № 4. – С. 433–437.
9. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. – М., 2004. – 256 с.
10. Трухницкая С.М., Чижевская М.В. Альгофлора рекреационных территорий Красноярской урбоэкосистемы: монография. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2008. – 134 с.
11. Фомина Н.В. Эколого-биохимическая оценка почв рекреационных зон Красноярской урбоэкосистемы // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы междунар. заочн. науч. конф. – Красноярск, 2009. – С. 11–15.
12. Чижевская М.В. Использование альгофлоры в качестве индикатора состояния рекреационных территорий Красноярской урбоэкосистемы: дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2007. – 135 с.



УДК 631.4

Н.В. Чухарева, В.Д. Тихова,  
О.Н. Зарубина, Л.В. Шишмина

#### ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОРФА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕРМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ

*В статье рассмотрено изменение химической структуры и содержание элементов (C,H,N,S,O) в составе органического вещества торфов под влиянием термообработки (250°C) и в зависимости от типа и степени разложения торфа. По данным ИК-спектроскопии рассчитаны отношения оптических плотностей полос поглощения кислородсодержащих групп и алифатических заместителей к оптическим плотностям полос поглощения ароматических полисопряженных систем.*

**Ключевые слова:** торф, тип, степень разложения, термообработка, элементный состав, функциональные группы, полосы поглощения, оптическая плотность, химическая структура.

N.V. Chukhareva, V.D. Tikhova,  
O.N. Zarubina, L.V. Shishmina

#### THE CHANGE OF THE PEAT ELEMENT COMPOSITION AND OPTICAL PROPERTIES UNDER THE THERMAL MODIFICATION INFLUENCE

*The chemical structure change and the element (C,H,N,S,O) content in the peat organic substance under the heat treatment (250°C) influence and depending on the peat decomposition type and extent are considered in the article. The correlations of the absorption strip optical density of oxygen-containing groups and aliphatic substitutes to the absorption strip optical density of the aromatic poly-interfaced systems are calculated according to IR-spectroscopy.*

**Key words:** peat, type, decomposition extent, heat treatment, element structure, functional groups, absorption strips, optical density, chemical structure.

---

**Введение.** В настоящее время одним из классических методов, направленных на изменение физико-химических свойств торфа, является его термическая модификация. Как показано в работе [1], предварительная термообработка торфа до 250°C в среде собственных газов разложения способствует обогащению его группового состава такими ценными компонентами, как битумы и гуминовые кислоты. Абсолютные значения выходов групповых составляющих зависят от типа, вида торфа и его степени разложения. Тем не менее остался открытым вопрос об изменении соотношений основных элементов органического вещества

торфа и его структурных преобразованиях, происходящих под влиянием термообработки. В связи с этим были проведены исследования торфа методами элементного анализа и ИК-спектроскопии.

**Цель исследований.** Изучить влияние термообработки торфа до 250°C в среде собственных газов разложения на элементный состав и химическую структуру и установить связь между глубиной изменений данных характеристик и типом торфа.

**Объекты и методы исследований.** Описание образцов исходных и модифицированных температурной обработкой торфов месторождений Томской области (верховых, переходных и низинных) и характеристика их ботанического состава приведены в работе [2], методика термообработки – в работе [1].

Изучение элементного состава (ЭС) образцов проводили в Новосибирском Институте органической химии СО РАН на автоматическом анализаторе EURO EA3000, в котором образец сжигали в окислительной трубке-реакторе вертикального типа при температуре 1050°C в инертной атмосфере гелия с добавкой кислорода в момент сжигания. После пиролиза образовавшиеся продукты доокислялись в заполненной оксидно-каталитической композиции нижней части реактора и далее проходили через восстановительную зону, где на восстановленной меди смесь оксидов азота и серы количественно превращалась в N<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub> соответственно. Образовавшиеся N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> разделялись на колонке с Порапаком Q и определялись детектором по теплопроводности катарометром [3].

Оптические свойства торфа были исследованы методом ИК-спектроскопии. Спектры ИК были получены в Национальном исследовательском Томском политехническом университете на спектрометре ИК Фурье, Nicolet iS10 корпорации Termo Fisher Scientific (США), оснащенный приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) с кристаллом из ZnSe. Параметры эксперимента: разрешение – 4 см<sup>-1</sup>, число сканов пробы и спектра сравнения – 128, диапазон сканирования от 4000 до 650 см<sup>-1</sup>. Для получения спектров образцы торфа измельчали и просеивали через сито с диаметром ячейки 0,25 мм.

Регистрацию и обработку спектров проводили в программе Omnic 8.3. Для устранения наклона базовой линии, возникающего при использовании метода НПВО, проводили его автоматическую коррекцию. Для учета эффектов сдвига полос поглощения и влияния длины волны на глубину проникновения в образец проводили придвинутую НПВО коррекцию спектров.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Данные по ЭС образцов, представленные в табл.1, свидетельствуют, что для верхового торфа малой и средней степени разложения по сравнению с низинным характерно низкое содержание углерода, водорода, азота. Это является следствием менее глубоких преобразований исходного вещества, произошедших в процессе торфообразования. Приведенные значения элементного состава соответствуют классическим характеристикам органической массы торфа [4–6].

Таблица 1

**Зольность и элементный состав исходных и термообработанных торфов**

Шифр торфа*	A <sup>d</sup> , %	Элементный состав, % на daf			
		C	H	N	(O+S)**
1	2	3	4	5	6
Верховой торф					
ВСМ-5	1,9	52,05	6,30	0,88	40,77
ВСМ-5 <sub>250</sub>	2,1	55,10	5,45	1,46	37,99
ВФ-5	2,1	49,56	6,03	0,58	43,83
ВФ-5 <sub>250</sub>	4,3	57,57	5,68	1,27	35,48
ВС-5	4,2	45,02	5,74	3,12	46,12
ВС-5 <sub>250</sub>	17,2	58,77	5,44	4,31	31,48
1ВФ-10	1,3	52,20	5,43	0,74	41,63
1ВФ-10 <sub>250</sub>	2,4	60,31	5,04	1,68	32,97
ВМ-10	2,9	54,30	4,23	1,74	32,97
ВМ-10 <sub>250</sub>	5,1	59,91	4,00	2,25	33,84
1 ВСМ-15	2,4	56,04	6,42	2,39	35,15
1 ВСМ-15 <sub>250</sub>	4,0	62,43	6,00	3,10	28,47
2 ВФ-20	3,1	48,62	5,72	3,03	42,63
2 ВФ-20 <sub>250</sub>	16,4	64,58	5,41	4,88	25,13

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
ВПС-25	1,9	55,83	5,95	1,54	36,68
ВПС-25 <sub>250</sub>	2,5	58,67	5,80	2,34	33,19
1 ВПС-35	2,3	57,14	6,09	1,31	35,46
1 ВПС-35 <sub>250</sub>	3,5	62,15	5,97	1,85	30,03
ВШ-40	7,8	57,86	5,86	2,47	33,81
ВШ-40 <sub>250</sub>	13,7	59,80	5,66	3,14	31,40
Переходный торф					
ПШ-20	8,4	53,78	6,05	2,85	37,32
ПШ-20 <sub>250</sub>	11,7	66,41	5,25	4,27	24,07
ППС-25	6,6	55,90	5,20	2,01	36,89
ППС-25 <sub>250</sub>	8,2	58,06	4,88	3,67	33,39
ПОС-30	4,4	56,90	5,94	2,06	35,10
ПОС-30 <sub>250</sub>	1,2-5,2	59,67	5,66	2,71	31,96
Низинный торф					
НОГ-25,	8,9	43,35	5,59	5,89	45,17
НОГ-25 <sub>250</sub>	18,8	54,61	5,33	6,30	33,76
2 НО-25	4,2	58,07	6,74	3,76	31,43
2 НО-25 <sub>250</sub>	5,7	60,34	5,97	4,29	29,40
НД-30	10,3	55,96	6,00	3,05	34,99
НД-30 <sub>250</sub> ,	10,7	58,14	5,60	3,46	32,80
НДО-30	7,3	63,29	6,07	4,38	26,26
НДО-30 <sub>250</sub>	8,5	66,06	5,59	4,83	23,52
НО-35,	6,1	52,81	6,26	4,45	36,48
НО-35 <sub>250</sub>	6,9	58,06	5,76	4,64	31,54
1 НО-35	9,9	54,10	6,41	3,56	35,93
1 НО-35 <sub>250</sub>	12,0	57,00	5,77	4,18	33,05
1 НОГ-45	6,4	53,67	6,11	2,91	37,31
1 НОГ-45 <sub>250</sub>	7,8	59,57	5,69	3,47	31,27

\* Расшифровка обозначения образцов: 1-я буква шифра обозначает тип торфа (В – верховой торф; П – переходный; Н – низинный); 2-я или 2- и 3-я буквы шифра – вид торфа (С – сфагновый; СМ – сфагново-мочажинный; Ф – фускум-торф; М – магелланикум-торф; ПС – пушицево-сфагновый; Ш – шейхцериевый; ОС – осоково-сфагновый; О – осоковый; ОГ – осоково-гипновый; Д – древесный; ДО – древесно-осоковый); цифра в шифре от 5 до 45 – степень разложения торфа, %; символ <sub>250</sub> – термообработанные образцы.

\*\* Найдено по разности (содержание серы не превышает 2 %).

После термообработки во всех исследованных образцах увеличивается зольность ( $A^d$ ), возрастает содержание углерода и азота. Содержание водорода и (O+S) снижается. Это отражает характер изменений органического вещества при его нагреве до 250°C – происходит разложение торфа с образованием оксида и диоксида углерода (реакции декарбосилирования) и пирогенетической воды (реакции дегидратации) наряду с одновременным протеканием реакций конденсации ароматических фрагментов структуры [4, 7].

Как показано в табл. 2, при переходе от верховых торфов к низинным наиболее выраженный характер изменений отмечен для азота. Причем, в целом как для исходных, так и для термообработанных верховых торфов, содержание азота меньше, чем для объектов низинного типа.

Таблица 2

## Влияние термообработки торфа на изменение элементного состава

Тип торфа	C, % на daf	ΔC, % отн.	H, % на daf	ΔH, % отн.
1	2	3	4	5
В	45,02-57,86	+3,4-32,8	4,23-6,42	-2,0-13,5
В <sub>250</sub>	55,10-64,88		4,00-6,00	

1	2	3	4	5
П	53,78-56,90	+3,9-23,5	5,02-6,05	-4,7-13,2
П <sub>250</sub>	58,06-66,41		4,88-5,66	
Н	43,35-63,29	+3,9-25,9	5,59-7,07	-4,7-11,4
Н <sub>250</sub>	54,61-66,06		5,33-5,97	
	N, % на daf	ΔN, % отн.	O+S, % на daf	ΔO+S, % отн.
В	0,74-3,12	+27,1-127,0	33,81-46,12	-6,8-41,1
В <sub>250</sub>	1,27-4,88		25,13-37,99	
П	2,01-2,85	+31,6-82,6	35,10-37,32	-9,0-35,5
П <sub>250</sub>	2,71-4,27		24,07-33,39	
Н	2,91-5,89	+4,3-19,2	25,26-45,17	-6,3-25,3
Н <sub>250</sub>	3,46-6,30		23,52-33,76	

Для остальных элементов особенности, связанные с типом торфа для термообработанных образцов, проявляются в меньшей степени, например, содержание углерода для верховых термообработанных торфов (В<sub>250</sub>) находится в диапазоне от 55,10 до 64,88 %, для низинных термообработанных (Н<sub>250</sub>) – от 54,61 до 66,06 %.

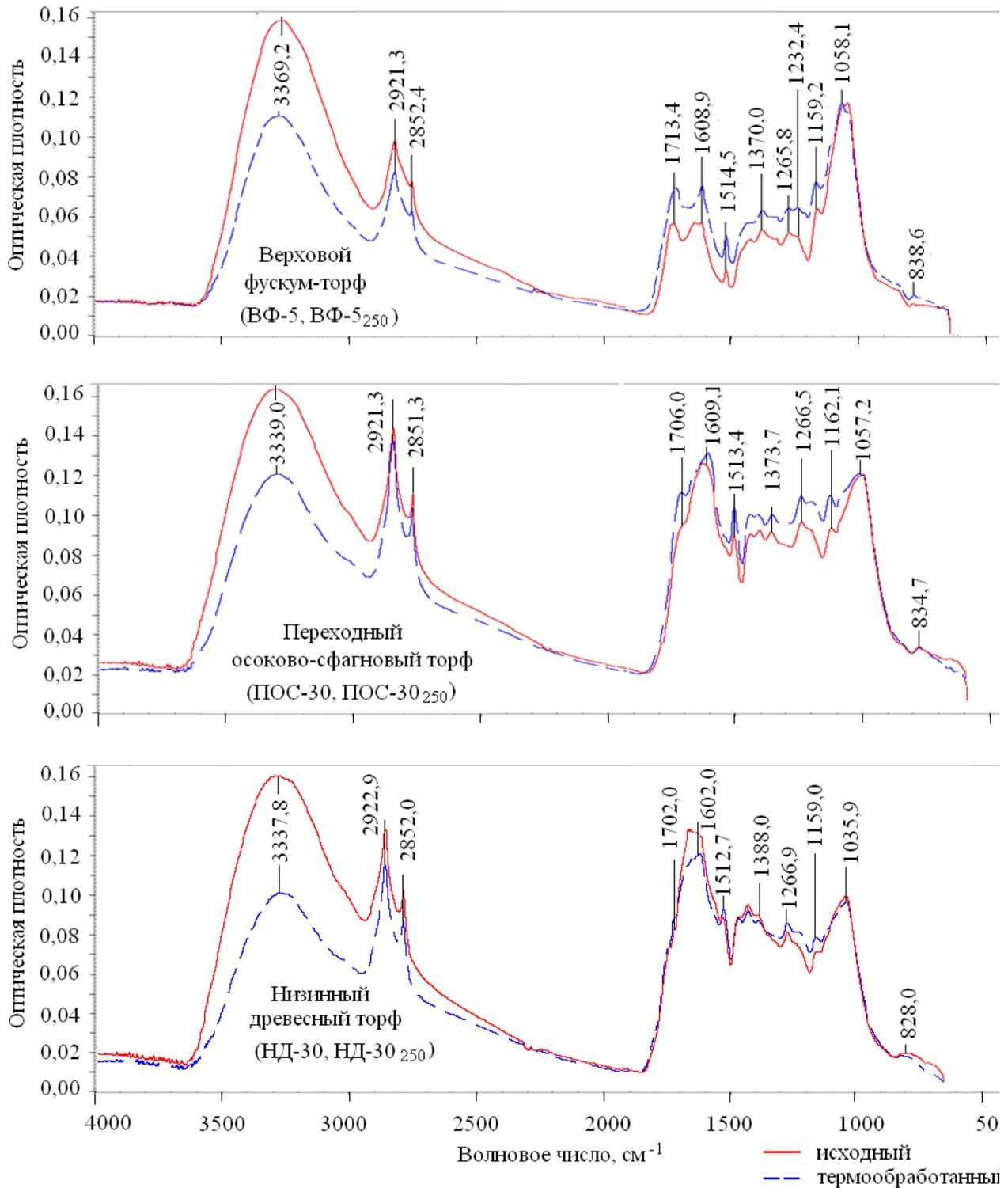
Наибольшие относительные изменения массовых долей отдельных элементов отмечены в образцах верхового торфа и свидетельствуют о более глубоких преобразованиях данных образцов под действием температуры.

Далее рассмотрим результаты ИК-спектроскопического анализа исходных и термообработанных торфов. В ИК-спектрах всех образцов (рис.) наблюдаются типичные для торфов полосы поглощения в области валентных колебаний, для ОН-групп (широкая полоса поглощения с максимумом около 3400 см<sup>-1</sup>), связанных межмолекулярными водородными связями; полосы поглощения в области валентных колебаний метиленовых СН<sub>2</sub>-групп и метильных СН<sub>3</sub>-групп (полосы поглощения при 2920 см<sup>-1</sup> и 2850 см<sup>-1</sup>), в области валентных колебаний карбоксильных С=О-групп (1700–1725 см<sup>-1</sup>) и С=C полисопряженных ароматических систем и моноароматических структур (1600–1610 см<sup>-1</sup> и 1500–1520 см<sup>-1</sup>). Наблюдаются слабо выраженные полосы поглощения в области деформационных колебаний С–СН<sub>3</sub>-групп (1370–1390 см<sup>-1</sup>) и в области валентных колебаний С–О-групп кислот, фенолов (1270–1200 см<sup>-1</sup>). Полоса 1000–1100 см<sup>-1</sup> согласно [8, 9] соответствует валентным колебаниям С–О-групп спиртов. В области менее 1000 см<sup>-1</sup> идентификацию полос поглощения не проводили, так как согласно данным [9] здесь оказывают сильное влияние минеральные вещества, содержащиеся в торфе, который не был предварительно обеззолен.

Все образцы проявляют однотипность функционального состава, схожесть которого прослеживается при сравнении ИК-спектров всех исследованных объектов с торфами других регионов, в том числе и зарубежных [8–11].

Данные ИК-спектроскопии свидетельствуют об изменениях интенсивностей полос поглощения ароматических фрагментов структуры, кислородсодержащих функциональных групп и алифатических группировок вследствие предварительного нагрева образцов торфа.

Для оценки влияния предварительной термообработки на изменения функционального состава торфа по аналогии с исследованиями [8, 12, 13] были рассчитаны спектральные коэффициенты D<sub>i</sub> из отношений оптических плотностей более интенсивно выраженных полос поглощения алифатических заместителей, содержащих С–Н связи (2920 см<sup>-1</sup>) и кислородсодержащих ОН-групп (3400 см<sup>-1</sup>), С=О групп (1700–1725 см<sup>-1</sup>) и С–О связей в области 1200–1270 см<sup>-1</sup> к оптическим плотностям ароматических полисопряженных систем С=C в области 1600–1610 см<sup>-1</sup>. Значения D<sub>i</sub> и их изменения вследствие термообработки (ΔD<sub>i</sub>), выраженные в % отн., представлены в табл. 3, диапазон спектральных коэффициентов D<sub>i</sub> и ΔD<sub>i</sub> – в табл. 4.



ИК-спектры исходного (1) и термообработанного (2) торфа

Влияние типа торфа на показатели  $D_i$  прослеживается в большей степени для исходных, чем для термообработанных образцов. Например, для верховых исходных торфов спектральные коэффициенты  $D_{2920/1600-1610}$  находятся в пределах от 1,02 до 1,75, для торфов низинного типа от 1,01 до 1,21. Наблюдается изменение диапазона абсолютных значений  $D_i$  для торфов, подвергнутых нагреванию (табл. 3–4), что является следствием изменения содержания групповых компонентов и их структурных преобразований [1, 14, 15]. Аналогичный вывод приведен в работе [16], где установлено, что нагрев торфа до температур, не пре-

вышающих 250°C, затрагивает в большей степени периферические структурные фрагменты и не приводит к существенному разрушению ароматических фрагментов торфа.

Таблица 3

Характеристика ИК-спектров для исходных и термообработанных торфов

Шифр торфа	Соотношение оптических плотностей полос поглощения в ИК-спектре, $D_i$							
	$D_{3400}/1600-1610$	$\Delta D_{400}/1600-1610$ , % отн.	$D_{2920}/1600-1610$	$\Delta D_{2920}/1600-1610$ , % отн.	$D_{1700-1725}/1600-1610$	$\Delta D_{170-1725}/1600-1610$ , % отн.	$D_{1200-1270}/1600-1625$	$\Delta D_{1200-1270}/1600-1610$ , % отн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Верховой торф								
ВСМ-5	2,76	-42,7	1,66	-30,7	1,00	0	0,98	-9,2
ВСМ-5 <sub>250</sub>	1,58		1,15		1,00			
ВФ-5	2,84	-47,9	1,75	-37,1	0,98	+1,0	0,88	-3,4
ВФ-5 <sub>250</sub>	1,48		1,10		0,99		0,85	
ВС-5	1,60	-45,6	1,25	-27,2	0,60	+26,7	0,77	+23,4
ВС-5 <sub>250</sub>	0,87		0,91		0,76		0,95	
1 ВФ-10	2,48	-33,9	1,49	-20,8	0,84	+7,1	0,77	+10,4
1 ВФ-10 <sub>250</sub>	1,64		1,18		0,90		0,85	
ВМ-10	2,26	-39,8	1,31	-19,1	0,72	+18,1	0,71	+15,5
ВМ-10 <sub>250</sub>	1,36		1,06		0,85		0,82	
1 ВСМ-15	1,40	-35,0	1,38	-11,6	0,80	+15,0	0,72	+22,2
1 ВСМ-15 <sub>250</sub>	0,91		1,22		0,92		0,88	
2 ВФ-20	1,33	-57,9	1,02	-25,5	0,43	+39,5	0,54	+20,4
2 ВФ-20 <sub>250</sub>	0,56		0,76		0,60		0,65	
ВПС-25	1,48	-23,6	1,49	-11,4	0,86	+8,1	0,80	+8,8
ВПС-25 <sub>250</sub>	1,13		1,32		0,93		0,87	
1 ВПС-35	1,41	-29,1	1,45	-4,1	0,93	+5,4	0,82	+6,1
1 ВПС-35 <sub>250</sub>	1,00		1,39		0,98		0,87	
ВШ-40	1,23	-26,0	1,19	-5,0	0,74	+13,5	0,74	+13,5
ВШ-40 <sub>250</sub>	0,91		1,13		0,84		0,84	
Переходный торф								
ПШ-20	1,33	-46,6	1,18	-17,8	0,66	+19,7	0,66	+12,1
ПШ-20 <sub>250</sub>	0,71		0,97		0,79		0,74	
ППС-25	1,65	-27,9	1,71	-11,7	0,97	+5,2	0,82	+11,0
ППС-25 <sub>250</sub>	1,19		1,51		1,02		0,91	
ПОС-30	1,32	-29,5	1,15	-7,8	0,75	+12,0	0,75	+6,7
ПОС-30 <sub>250</sub>	0,93		1,06		0,84		0,80	

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Низинный торф								
НОГ-25	1,25	-44,8	0,90	-23,3	-	-	0,46	-
НОГ-25 <sub>250</sub>	0,69		0,69		-		0,46	
2 НО-25	1,19	-24,4	1,15	-3,5	0,62	+30,6	0,62	+21,0
2 НО-25 <sub>250</sub>	0,90		1,11		0,81		0,75	
НД-30	1,19	-29,4	1,01	-5,9	0,63	+7,9	0,62	+11,3
НД-30 <sub>250</sub>	0,84		0,95		0,68		0,69	
НДО-30	1,16	-39,7	1,10	-17,3	0,57	+31,6	0,63	+11,1
НДО-30 <sub>250</sub>	0,70		0,91		0,75		0,70	
НО-35	1,60	-47,5	1,21	-24,0	0,42	+21,5	0,58	+12,1
НО-35 <sub>250</sub>	0,84		0,92		0,51		0,65	
1 НО-35	1,21	-33,9	1,05	-7,6	0,52	+30,8	0,59	+16,9
1 НО-35 <sub>250</sub>	0,80		0,97		0,68		0,69	
1 НОГ-45	1,49	-45,0	1,15	-17,4	0,50	+22,0	0,62	+12,9
1 НОГ-45 <sub>250</sub>	0,82		0,95		0,61		0,70	

Таблица 4

#### Диапазон соотношений оптических плотностей полос поглощения торфов

Тип торфа	D, в ИК- спектре			
	$D_{3400/1600-1610}$	$\Delta D_{3400/1600-1610}$ , % отн.	$D_{2920/1600-1610}$	$\Delta D_{2920/1600-1610}$ , % отн.
В	1,23-2,84	-23,6-47,9	1,02-1,75	-4,1...-37,1
В <sub>250</sub>	0,56-1,58		0,76-1,39	
П	1,32-1,65	-27,9...-46,6	1,15-1,71	-7,8...-17,8
П <sub>250</sub>	0,71-0,93		0,97-1,51	
Н	1,16-1,60	-24,4... -47,5	0,90-1,21	-3,5...-24,0
Н <sub>250</sub>	0,69-0,84		0,69-1,11	
$D_{1700-1725/1600-1610}$		$\Delta D_{1700-1725/1600-1610}$ , % отн.	$D_{1200-1270/1600-1610}$	$\Delta D_{1200-1270/1600-1610}$ , % отн.
В	0,43-1,00	0...+39,5	0,54-0,98	+6,1-23,4 (кроме изменений в образцах ВСМ-5/ВСМ-5 <sub>250</sub> и ВФ-5/ВМ-5 <sub>250</sub> )
В <sub>250</sub>	0,60-0,99		0,65-0,95	
П	0,66-0,97	+5,2-19,7	0,66-0,75	+6,7-12,1
П <sub>250</sub>	0,79-1,02		0,74-0,80	
Н	0,42-0,63	+7,9-31,6	0,46-0,63	+11,1-21,0
Н <sub>250</sub>	0,51-0,81		0,46-0,75	

В результате термообработки торфа в ИК-спектрах отмечается понижение интенсивности валентных колебаний ОН-групп и С–Н-групп при 3400 и 2920 см<sup>-1</sup>, что, вероятно, является следствием протекания реакций дегидратации при низкотемпературной термической деструкции [4, 7, 14, 15, 17–19]. Относительные изменения спектральных коэффициентов находятся в пределах:  $\Delta D_{3400/1600-1610}$  – от -23,6 до -47,9 % отн.,  $\Delta D_{2920/1600-1610}$  – от -3,5 до -37,1 % отн. Отмечена разная степень влияния предварительного нагрева торфа в зависимости от его типа на относительное изменение спектральных коэффициентов  $\Delta D_{2920/1600-1610}$ : верховой торф > низинный торф (табл. 4).

Предварительный нагрев объектов приводит к увеличению интенсивности полос поглощения C=O групп при 1700–1725 см<sup>-1</sup> и C-O-групп кислот, фенолов при 1200–1270 см<sup>-1</sup>. Как показано [14, 15, 17], одной из причин таких изменений функционального состава может являться взаимодействие продуктов термического разложения торфа (сложные эфиры, альдегиды, кетоны) с пирогенетической водой с образованием новых карбоксильных групп.

### Выводы

1. В результате термообработки торфа до 250°C в среде собственных газов разложения во всех исследованных образцах увеличивается содержание углерода и азота, причем наибольшие изменения элементного состава характерны для образцов верхового торфа.
2. По данным ИК-спектроскопии:
  - особенности функционального состава, обусловленные типом торфа, сохраняются после его термической обработки в рассматриваемых условиях;
  - глубина влияния термообработки торфа на изменение функционального состава уменьшается при переходе от верховых торфов к низинным;
  - после термообработки торфа относительные интенсивности полос поглощения, соответствующие ОН-группам ( $D_{3400/1600-1610}$ ) и алкильным группировкам ( $D_{2920/1600-1610}$ ), снижаются, а относительные интенсивности полос поглощения C=O групп ( $D_{1700-1725/1600-1610}$ ) и C-O-групп кислот, фенолов ( $D_{1200-1270/1600-1610}$ ) увеличиваются.

### Литература

1. Чухарева Н.В., Шишмина Л.В., Маслов С.Г. Влияние термообработки торфа на его групповой состав // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 8. – С. 56–63.
2. Чухарева Н.В. Исследование группового состава торфов месторождений Томской области // Вестн. КрасГАУ. – 2013. – № 7. – С. 65–71.
3. Fadeeva V.P., Tikhova V.D., Nikulicheva O.N. Elemental Analysis of Organic Compounds with the Use of Automated CHNS Analyzers // Journal of analytical chemistry. – 2008. – Vol. 63. – № 11. – P. 1094–1106.
4. Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. – М.: Недра, 1978. – 231 с.
5. Физика и химия торфа / И.И. Лиштван, Е.Т. Базин, Н.И. Гамаюнов [и др.]. – М.: Недра, 1989. – 304 с.
6. Аронов С.Г., Нестеренко Л.Л. Химия твердых горючих ископаемых. – Харьков: Изд-во ХГУ, 1960. – 371 с.
7. Белькевич П.И., Минкевич М.И. О термической устойчивости групповых составляющих торфа // Химия твердого топлива. – 1975. – № 4. – С. 86–92.
8. Ларина Г.В., Иванов А.А., Казанцева Н.А. Групповой состав органического вещества торфов Горного Алтая и некоторые структурные характеристики гуминовых кислот // Вестн. ТГПУ. – 2009. – Вып. 3. – С. 110–115.
9. Механохимические превращения гуминовых веществ торфа / Т.Я. Кашинская, А.П. Гаврильчик, Н.В. Шевченко [и др.] // Химия твердого топлива. – 2003. – № 1. – С. 21–29.
10. О роли полимерной матрицы торфа в сорбции аммиака / А.Р. Цыганов, А.Э. Томсон, К.Г. Боголицын [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4. – С. 345–350.
11. Differentiation of Peats Used in the Preparation of Malt for Scotch Whisky Production Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy / B. Harrison, J. Ellis, D. Broadhurst, K. Reid [et al.] // Journal of the institute of Brewing. – 2006. – Vol. 112. – № 4. – P. 333–339.
12. Гостищева М.В. Сравнительная характеристика гуминовых кислот ряда торфов Томской области // Изв. ТПУ. – 2007. – Т. 310. – № 2. – С. 163–166.
13. Юдина Н.В., Тихова В.И. Структурные особенности гуминовых кислот торфов, выделенных разными способами // Химия растительного сырья. – 2003. – № 1. – С. 93–96.
14. Чухарева Н.В. Исследование кинетики термически активированных изменений состава и свойств торфяных гуминовых кислот: дис. ... канд. хим. наук. – Томск, 2003. – 154 с.
15. Тарновская Л.И. Закономерности изменения группового состава торфа в процессе термолиза: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 1985. – 199 с.

16. *Klavins J., Porshnov D.* Approaches for peat modification to improve oil sorption capacity // Proceedings of the 4<sup>th</sup> WSEAS international conference on Energy and development-environment-biomedicine / World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS). – 2011. – P. 48–53.
17. *Баженов Д.А.* Моделирование физико-химических закономерностей низкотемпературного разложения торфа: дис. ... канд. хим. наук. – Томск, 2000. – 165 с.
18. *Белькевич П.И., Гайдук К.А., Минкевич М.И.* Исследование термического разложения отдельных компонентов тростникового торфа // Изв. АН БССР. – 1971. – № 5. – С. 53–56.
19. *Lappas A.A., Batos K., Vasalos I.A.* Product distribution and kinetic predictions of Greek lignite pyrolysis // Fuel. – 1990. – Vol. 69. – № 10. – P. 1304–1308.

