

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Штейнгарц В.Д. Фторуглероды. Химия // Соросовский образовательный журнал. — 1999. — № 5. — С. 27–32.
2. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Химия, 1975. — 512 с.
3. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении. — Киев: Наукова думка, 1980. — 316 с.
4. Саймонс Дж. Фтор и его соединения. Т. 1. — М: Изд-во ИЛ, 1953. — 512 с.
5. Berenblyum A.S. Acid soluble oil, by-product formed in isobutane alkylation with alkene in the presence of trifluoro methane sulfonic acid. P. I. Acid soluble oil composition and its poisoning effect // Applied Catalysis A: General. — 2002. — № 232. — P. 51–58.
6. Островский Н.М. Кинетика дезактивации катализаторов: математические модели и их применение. — М.: Наука, 2001. — 333 с.

Поступила 11.01.2013 г.

УДК 553.97+547.91

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ЛИПИДОВ ВЕРХОВЫХ И НИЗИННЫХ ТОРФОВ ЮГА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

О.В. Серебренникова^{1,2}, Е.Б. Стрельникова², Ю.И. Прейс³

¹Томский политехнический университет

²Институт химии нефти СО РАН, г. Томск

³Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск

E-mail: seb@ipc.tsc.ru

Изучен состав липидов верховых и низинных торфов, сформированных в трех болотах юга Томской области. Выявлены особенности молекулярного состава и распределения углеводов, включая n-алканы, алкены, моно-, би-, три- и тетрациклические ароматические структуры, би-, три- и пентациклические терпаны и терпены, а также кислородсодержащие соединения, такие как жирные кислоты, их эфиры, n- и изоалканоны, токоферолы, стероиды, терпеноиды, дибензо- и бензонафтофураны. По совокупности полученных данных наиболее вероятными причинами различий в наборе и количестве отдельных органических соединений в исследованных торфах являются состав торфообразующей растительности, а также водный и водно-минеральный режимы питания болот.

Ключевые слова:

Торф, липиды, углеводороды, кислородсодержащие органические соединения, стероиды, терпеноиды.

Key words:

Peat, lipids, hydrocarbons, oxygen-containing organic compounds, steroids, terpenoids.

Суммарный объем запасов торфа в мире оценивается специалистами в 500 млрд тонн, до 40 % которых сосредоточены в России. Торф относится к возобновляемым ресурсам. Ежегодно в мире образуется почти 3 млрд м³ торфа, что примерно в 120 раз больше, чем используется. При проведении сравнительного анализа битуминозности сибирских и европейских торфов было установлено [1], что средний выход битумов по верховым торфам месторождений Томской области составляет 6,2 %, переходным — 6,6 %, низинным — 4,9 % (для европейской части страны соответственно — 7,0; 6,6; 4,2 %). Вследствие этого торф может рассматриваться наряду с решением проблем местной энергетики, повышения плодородия почв и экологических задач в качестве альтернативного источника углеводородного сырья. Тем не менее, данные о составе битуминозных компонентов торфов немногочисленны. Так, имеются сведения о составе липидов торфов юга Испании [2], полициклических ароматических углеводов торфов Польши [3]. Определен состав тетрапиррольных пигментов [4] и углеводов [5] торфов некоторых болот Западной Сибири, но отсутствуют сведения о составе присутствующих

в них кислородсодержащих соединений, не выявлены особенности состава битуминозных компонентов торфов различного генезиса.

Целью работы является выявление сходства и различий в характеристиках состава углеводов (УВ) и кислородсодержащих органических соединений (КОС) торфов юга Томской области, связанных с условиями их формирования.

Для достижения поставленной цели нами исследован состав липидов верховых и низинных торфов болот юга Томской области (рис. 1). Верховые торфа отобраны из трех пробуренных скважин на двух участках болота Темное и болоте Цыганово, низинный торф — на болоте Кирек.

Первый участок болота Темное, на котором находится пункт отбора (п. о. 1), представляет собой облесенное моховое болото — средний рям (олиготрофный сосново-кустарничково-сфагновый фитоценоз со *Sphagnum fuscum*). Верхняя часть торфяной залежи, характеризующаяся переменным режимом увлажнения, имеет глубину 2,6 м, степень разложения торфа (R) варьирует от 3 до 35 %, зольность (A) — 1,2...4,8 %, pH — 3,0...3,9, плотность (P) — 24...136 г/дм³.

Второй участок болота Темное (п. о. 2) представлен славниной озера Мурашка и образован олиготрофным шейхцерицево-осоково-сфагновым фитоценозом с низкими кочками из *Sphagnum fuscum*. Торфяная залежь озерного генезиса сформирована в режиме постоянно высокого увлажнения, имеет глубину 6,3 м и до 3,0 м сложена слабо разложившимся (R_{cp} 5 %) низкочольным (A_{cp} 2,0 %) кислым (рН 3,5...4,0) фускум-торфом. Подробное описание этого участка приведено в [5].



Рис. 1. Схема расположения болот, с которых отобраны образцы торфа

На болоте Цыганово, на берегу озера Цыганово, находится третий участок (п. о. 3), который также является олиготрофной шейхцерицево-осоково-сфагновой славниной. Глубина торфяной залежи озерного генезиса составляет 4,05 м, R_{cp} — 21,4 %, A_{cp} — 10,8 %, P_{cp} — 35 г/дм³. До 1,5 м она сложена фускум-и кустарничково-сфагновым торфами: слабо разложившимися (R_{cp} 6 %), низкочольными (A_{cp} 2,6 %), кислыми и с низкой плотностью (P_{cp} 32 г/дм³).

Таблица 1. Характеристика исследованных торфов

| Индекс образца | Глубина отбора, см | Вид торфа | R, % | A, % | Содержание в су- хом торфе, мкг/г | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------|---------|------|--------------------------------------|-------|-------|
| | | | | | Бит | УВ | КОС |
| Болото Темное, рям | | | | | | | |
| 1-135 | 135 | фускум | 7 | 1,5 | 60 535 | 24,8 | 3,83 |
| 1-215 | 215 | фускум | 10 | 1,9 | 74 828 | 28,2 | 3,05 |
| Болото Темное, славина | | | | | | | |
| 2-100 | 100 | фускум | 4 | 1,8 | 19 866 | 163,5 | 30,00 |
| 2-285 | 285 | фускум | 5 | 2,4 | 25 583 | 32,6 | 18,00 |
| 2-300 | 300 | фускум | 5 | 2,5 | 18 364 | 26,7 | 23,00 |
| Болото Цыганово, славина | | | | | | | |
| 3-100 | 100 | фускум | 3 | 2,0 | 11 007 | 117,9 | 14,70 |
| Болото Кирек, низинное | | | | | | | |
| 4-20 | 20 | древесный | 26 | 16,3 | 73 103 | 46,2 | 19,10 |

Четвертый участок (п. о. 4) находится на низинном болоте Кирек, сформировавшемся на берегу озера Кирек и питающемся карбонатными водами этого озера. Торфяная залежь суходольного генезиса глубиной 2,2 м сложена в основном древесными торфами с прослойками древесно-травяных, древесно-гипновых и гипновых торфов. Степень разложения торфов составляет 21...40 % (R_{cp} 32 %). Торфа характеризуются повышенной зольностью (8,4...35,6 %, A_{cp} 15,7 %) и плотностью (50...159 г/дм³,

P_{cp} 95 г/дм³). Состав органического вещества (ОВ) проанализирован нами для древесного торфа степени разложения и зольности, близкими к средним значениям (табл. 1).

Битуминозные компоненты (Бит) выделяли из торфов экстракцией 7%-м раствором метанола в хлороформе. Торф предварительно обезвоживали до воздушно-сухого состояния и измельчали. Анализ состава УВ и КОС осуществляли с использованием хромато-масс-спектрометра высокого разрешения ThermoScientific DFS.

Содержание битуминозных компонентов максимально в низинном древесном торфе и фускум торфах рям (табл. 1). Повышенные концентрации УВ и КОС содержат торфа славин.

Среди УВ исследованных торфов доминируют н-алканы (н-А) состава C_{14} — C_{33} с преобладанием в фускум-торфах славин гомологов C_{21} — C_{23} , в фускум-торфах рям — C_{23} — C_{25} , в низинном древесном торфе — C_{27} . Такое различие в преобладании среди н-алканов отдельных гомологов может быть обусловлено составом основных растений-торфообразователей: в низинном торфе это остатки высших растений, а в верховых — остатки сфагновых мхов, характеризующихся высокой долей гомолога C_{23} [6]. Наряду с н-алканами в торфах идентифицированы сквален (Ск), изомеры кадинена с различным положением двойных связей в молекулах (Кад), насыщенный трициклический терпан и его ароматизированные производные (ТЦТ), пентациклические терпаны и терпены (ПЦТ). Содержание в торфах этих групп УВ приведено в табл. 2. Ароматические УВ (АУВ) представлены алкилбензолами до C_{19} , нафталинами, включающими нафталин, метил-, диметил-, триметилнафталины и кадален, бифенилом и его метил- и диметилзамещенными гомологами, фенантренами, включающими фенантрен, метил-, диметил-, триметилфенантрены и ретен, тетрациклическими аренами — пиреном и флуорантеном. В торфах славин, кроме того, присутствуют тетрациклические бензантрацен и хризен, а в древесном торфе — пентациклический перилен (рис. 2).

Таблица 2. Групповой состав УВ торфов

| Индекс образца | Содержание в сухом торфе, мкг/г | | | | | |
|----------------|---------------------------------|------|-------|------|------|------|
| | н-А | Ск | Кад | ТЦТ | ПЦТ | АУВ |
| Верховые торфа | | | | | | |
| 1-135 | 22,2 | 0,35 | 0,82 | 0 | 1,35 | 0,08 |
| 1-215 | 21,9 | 0,14 | 2,31 | 0 | 3,62 | 0,19 |
| 2-100 | 152,7 | 0,24 | 0,43 | 0,10 | 1,35 | 3,22 |
| 2-285 | 30,7 | 0,08 | 0,35 | 0,06 | 0,87 | 0,99 |
| 2-300 | 23,9 | 0,01 | 0,18 | 0,07 | 0,95 | 1,81 |
| 3-100 | 110,0 | 0,20 | следы | 0,08 | 1,03 | 6,72 |
| Низинный торф | | | | | | |
| 4-20 | 34,5 | 0,10 | 1,24 | 8,29 | 0,44 | 1,71 |

Структуры УВ, присутствующих в исследованных торфах, приведены на рис. 3.

Во всех торфах присутствует сквален, концентрация которого снижается при увеличении глубины залегания торфа (табл. 2). Изомеры кадинена

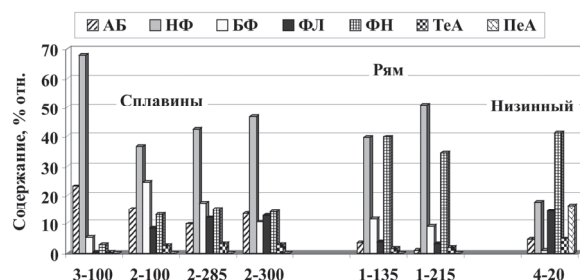


Рис. 2. Состав ароматических углеводородов торфов: АБ – алкилбензолы, НФ – нафталины, БФ – бифенилы, ФЛ – флуорены, ФН – фенантрены, ТеА – тетраарены, ПеА – пентаарены

с различным положением двойных связей в молекулах (сесквитерпены), встречающиеся во многих эфирных маслах, зафиксированы во всех торфах. Ими обогащены верховые торфа рья и низинный торф. Трициклические терпеноиды в верховых торфах сплавины представлены 18-норабиетаном и его моноароматическим аналогом с преобладанием 18-норабиетана. Вниз по разрезу сплавины болота Темное отношение насыщенного ТЦТ к моноароматическому снижается с 12,6 до 2,4, видимо, за счет частичной ароматизации 18-норабиетана.

Трициклические терпеноиды присутствуют в высокой концентрации в низинном торфе, но не обнаружены в торфах рья. Среди них также доминирует 18-норабиетан, однако зафиксировано наличие, наряду с моноароматическим, его биароматического аналога. Происхождение трициклических терпеноидов может быть связано с преобразованием абиетиновой кислоты, широко распространенной в смоле высших растений. Это объясняет очень высокое содержание этих соединений в низинном древесном торфе.

Пентациклические УВ терпеноидного строения включают соединения гопанового и олеанового типов. В торфах рья отсутствуют гопаны, а ПЦТ представлены C_{30} -гопанами и фридеоолеан-14-еном – резко преобладающим производным три-терпеноидов цветковых растений. В торфах сплавины болота Темное среди ПЦТ также высоко содержание фридеоолеан-14-ена, но в равной с ним концентрации присутствует $17\alpha(H), 21\beta(H)$ -гомогопан (22R). Это соединение резко доминирует в торфе сплавины болота Цыганово. Поскольку наиболее вероятным предшественником $17\alpha(H), 21\beta(H)$ -гомогопана является тетрагидробактериогопан, это свидетельствует о благоприятном влия-

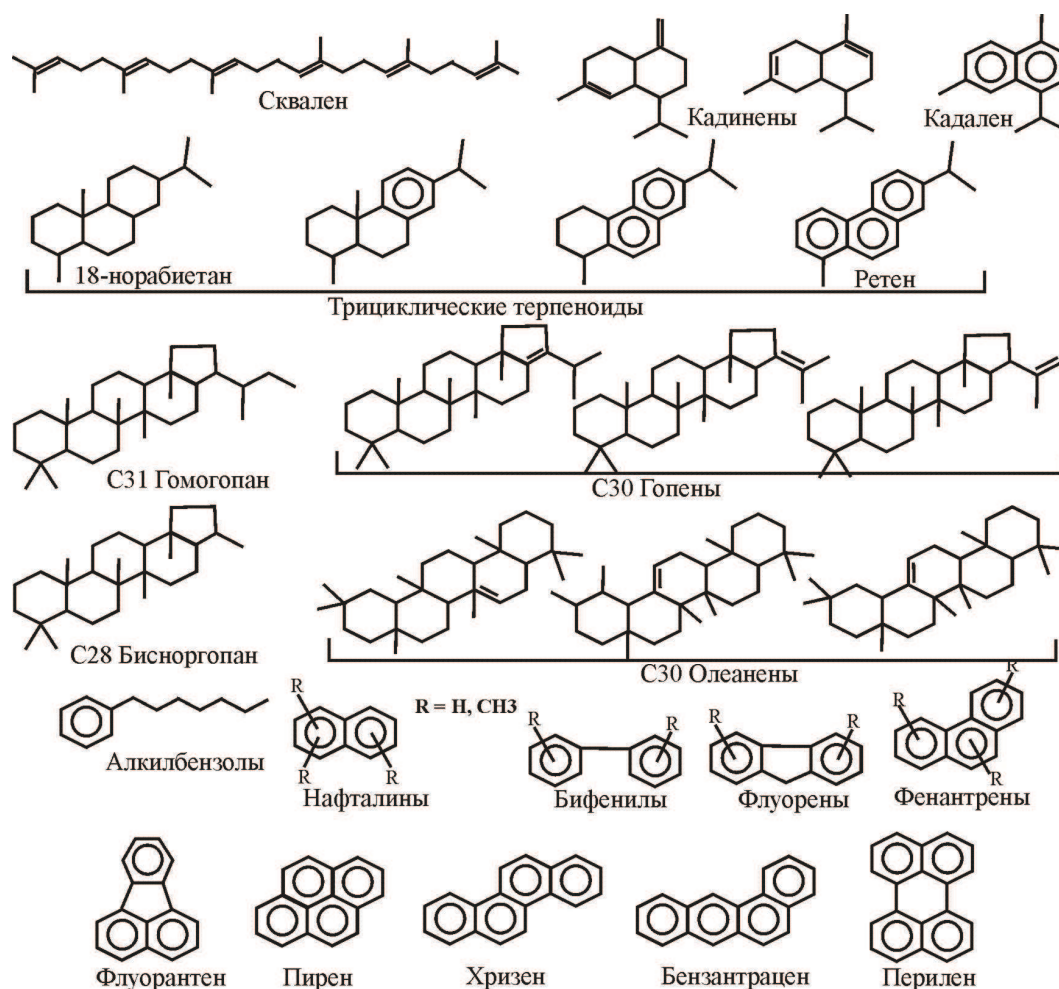


Рис. 3. Структуры углеводородов исследованных торфов

нии на развитие микроорганизмов вод озера Мурашка. Наряду с ним в торфе этой сплавины идентифицированы C_{27} – C_{30} -гопаны (за исключением C_{28} -гомолога) и C_{32} – C_{34} -гомогопаны $17\alpha(H)$, $21\beta(H)$ серии, а также олеан-12-ен, урс-12-ен и C_{30} -гопены с различным положением двойной связи в молекулах. Наличие C_{30} -гопенов отмечено также в торфах сплавины болота Темное. В низинном торфе основным представителем ПЦТ является отсутствующий в верховых торфах $17\beta(H)$, $21\beta(H)$ -бисноргопан (C_{28}). Наряду с ним, зафиксировано присутствие C_{27} - и C_{30} -гопенов, $18\beta(H)$ – C_{27} и $17\beta(H)$, $21\beta(H)$ – C_{30} -гопанов. $17\beta(H)$, $21\beta(H)$ -бисноргопан (C_{28}) и трисноргопан (C_{27}) являются показателями закисной обстановки при накоплении исходной биомассы [7], поэтому их наличие определяют восстановительные условия торфообразования. Представители структурной группы олеаненов не обнаружены.

Повышенным содержанием АУВ отличаются низкочольные торфа сплавины (табл. 2). Во всех верховых торфах среди аренов преобладают нафталины, а в низинном – фенантрены (рис. 2). Максимальное содержание кадалена отличает торфа ряма, а ретена – низинный торф. Это согласуется с данными о содержании в торфах сесквитерпенов и трициклических терпеноидов, свидетельствует об образовании их ароматических производных в торфах в результате ароматизации исходных био-

логических молекул растений-торфообразователей и позволяет заключить, что содержание кадалена и ретена является отражением состава исходной биомассы. Алкилбензолы в торфе сплавины Цыганово представлены двумя рядами гомологов, присутствующими в близкой концентрации. Это н-АБ состава C_{11} – C_{33} с максимальным содержанием C_{14} и преобладанием по всему ряду соединений с четным числом атомов углерода в молекулах и четырьмя группами изомеров и-АБ состава C_{16} – C_{19} . В торфах сплавины болота Темное присутствуют только следы н-АБ, а основное количество представлено и-АБ. В торфах ряма АБ представлены изомерами ксилола. Флуорантен и пирен во всех торфах присутствуют в практически равных концентрациях. Наличие хризена и бензантрацена отличает торф сплавины болота Цыганово, а перилена – низинный торф.

Среди КОС идентифицированы тритерпеноиды (ТТ): кетоны C_{30} с олеановым и лупановым скелетом и лупенол; стероиды (Ст): C_{27} – C_{29} станоны с резким преобладанием C_{29} стигмастанона, ситостерол, стигмастенон и стигмастанол (рис. 4); серии н-алканонов (н-АОН) и алканонов изопреноидного строения (и-АОН), н-альдегидов (АЛ), токоферолов (ТФ), жирных кислот (ЖК), их метиловых (МЭ), этиловых (ЭЭ) и изопропиловых (ИПЭ) эфиров, а также тетраметилгексадеценол (ТМГД), дибензо- и бензонафтофураны (Ф).

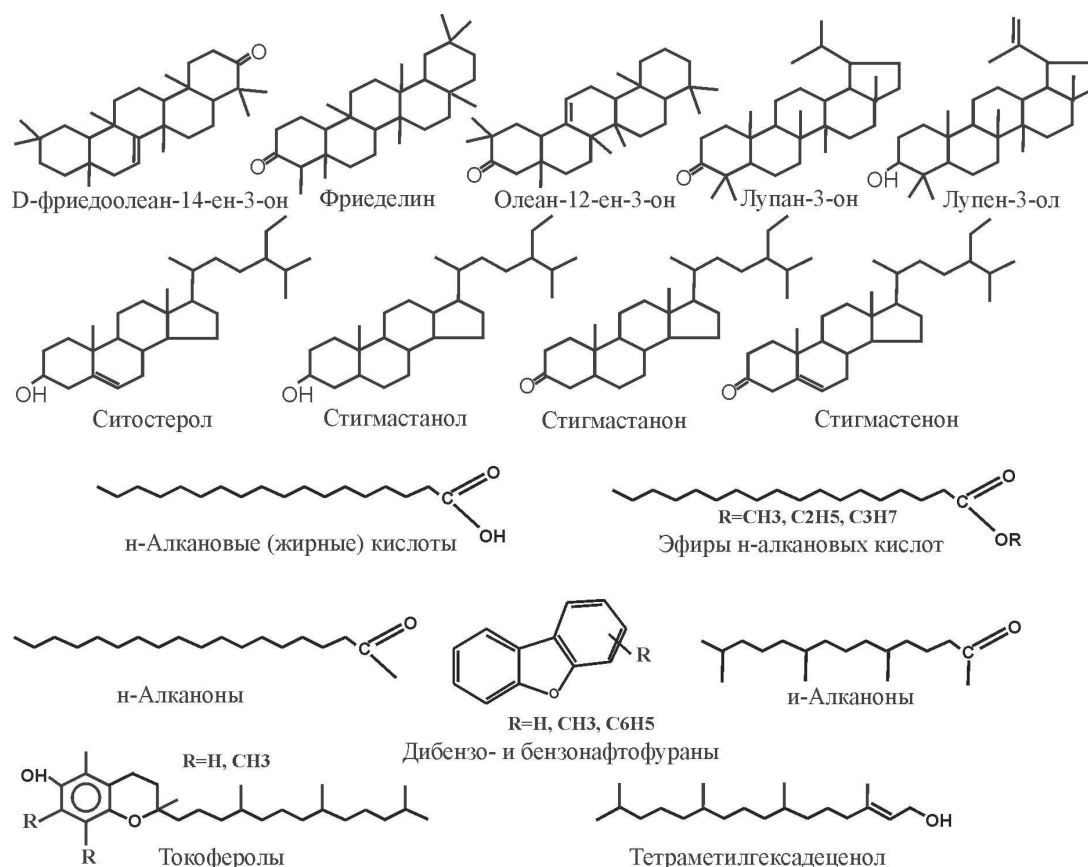


Рис. 4. Структуры кислородсодержащих органических соединений, идентифицированных в исследованных торфах

Среди КОС торфов рьяма *n*-алканолы, жирные кислоты, а также стероидные и терпеноидные структуры присутствуют в примерно равных количествах, в сумме составляющих около 80 % всех идентифицированных КОС (табл. 3). Среди эфиров жирных кислот преобладают метиловые – они составляют 81...91 % от суммы эфиров, содержащихся в этих торфах. Токоферолы представлены α -, β - и γ -формами с преобладанием α -токоферола и минимальной концентрацией γ -формы. Отсутствуют бензонафтофураны, а дибензофураны имеются в следовых количествах. Только в этих верховых торфах обнаружен 3,7,11,15-тетраметил-2-гексадецен-1-ол. Стероиды преобладают над тритерпеноидами, среди них доминирует β -стигмастенон. Тритерпеноиды представлены исключительно олеаненонами, среди которых преобладает D-фриеодолеан-14-ен-3-он.

В торфах сплавины болота Темное среди КОС доминируют жирные кислоты, они составляют 81...83 % от суммы КОС, второе место по содержанию занимают алканолы с высокой долей в смеси изопреноидных структур (рис. 5).

В смеси эфиров преобладают метиловые, но в отличие от торфов рьяма, где присутствует широкий набор (C_{17} – C_{29}) метиловых эфиров, в торфах сплавины болота Темное обнаружены эфиры только пальмитиновой и стеариновой кислот (рис. 6). Кроме того, в торфах сплавины изопропиловые эфиры миристиновой (C_{14}) и пальмитиновой (C_{16}) кислот присутствуют в близкой концентрации с метиловыми.

Таблица 3. Содержание отдельных групп КОС, мкг/г сухого торфа

| КОС: | Торфа рьяма | | Торфа сплавины | | | | Низинный торф |
|-------|-------------|-------|----------------|-------|-------|---------|---------------|
| | 1-135 | 1-215 | 2-100 | 2-285 | 2-300 | 3-100 | |
| ЖК | 1,380 | 0,700 | 22,15 | 14,57 | 18,23 | Не опр. | 9,08 |
| МЭ | 0,180 | 0,070 | 0,61 | 0,15 | 0,30 | 0,59 | 1,45 |
| ЭЭ | 0,010 | 0,010 | 0,17 | 0,03 | 0,09 | 1,74 | 0,07 |
| ИПЭ | 0,007 | 0,007 | 0,49 | 0,13 | 0,22 | 0,11 | 0,18 |
| Ф | следы | следы | 0,33 | 0,12 | 0,17 | 0,15 | следы |
| н-АОН | 0,930 | 0,840 | 1,61 | 1,58 | 1,83 | 0,42 | 3,68 |
| и-АОН | 0,110 | 0,070 | 1,64 | 0,73 | 1,11 | 0,35 | 0,47 |
| ТФ | 0,300 | 0,230 | 0,21 | 0,22 | 0,10 | 0,02 | 1,39 |
| АЛ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,83 |
| ТМГД | 0,100 | 0,050 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,21 |
| ТТ | 0,060 | 0,090 | 0,95 | 0,15 | 0,28 | 1,43 | 0,52 |
| Ст | 0,370 | 0,490 | 0,83 | 0,14 | 0,39 | Не опр. | 1,18 |

Максимальная концентрация бензонафтофурана зафиксирована в торфах верхней части исследованного разреза, но преобладающими во всех торфах сплавины болота Темное являются метилзамещенные дибензофураны. Стероиды, включающие стигмастанол, стигмастаноны и стигмастенон с преобладанием β -стигмастенона, и тритерпановые структуры, представленные олеаненонами, олеанолом и лупенолом с преобладанием в образцах 2-285 и 2-300 D-фриеодолеан-14-ен-3-она, а в 2-100 – лупенола, присутствуют в торфах в близких концентрациях.

В торфе сплавины болота Цыганово, в отличие от остальных, среди КОС преобладают этиловые

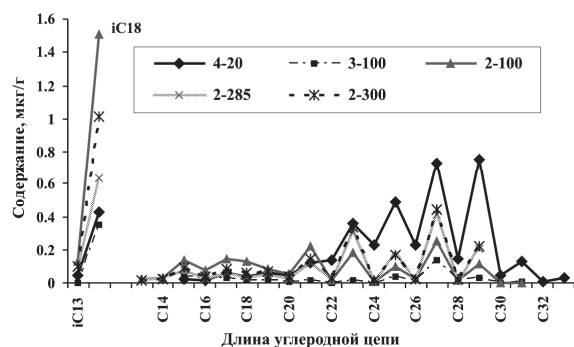


Рис. 5. Распределение *n*- и изоалканолов в торфах

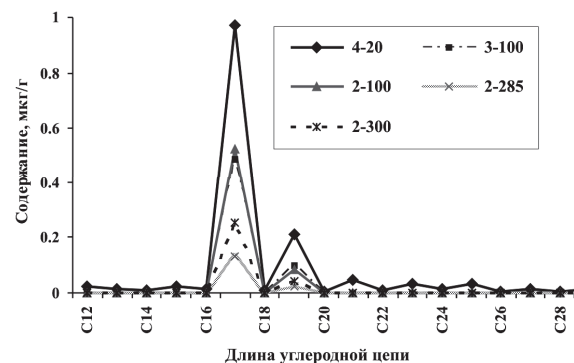
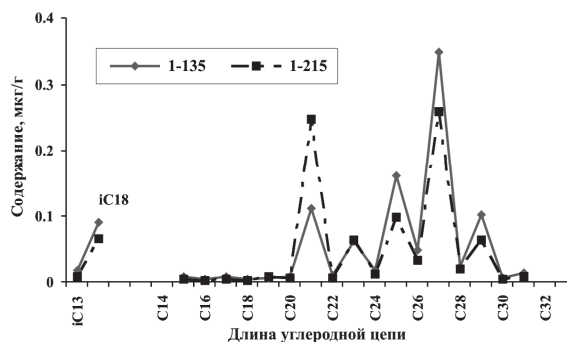


Рис. 6. Распределение метиловых эфиров жирных кислот в торфах

эфирные жирных кислот состава C_{13} – C_{22} и тритерпеноиды, представленные C_{30} -олеаненонами и C_{30} -лупанонами с подавляющим преобладанием D-фриедеолеан-14-ен-3-она. Стероидные структуры, γ -токоферол и бензонафтофуран в этом торфе отсутствуют. Метилэфирные эфиры, как и в торфах сплавины болота Темное, представлены эфирами только пальмитиновой и стеариновой кислот, а среди токоферолов доминирует α -форма. Дибензофуран и его метилзамещенные гомологи присутствуют в близких концентрациях.

В низинном торфе болота Кирек, как и в верховых торфах сплавин, среди КОС преобладают жирные кислоты – они составляют 52 % суммы идентифицированных КОС. Однако их абсолютное содержание ниже, чем в образцах сплавины, в отличие от н-алканов, метиловых эфиров, токоферолов и 3,7,11,15-тетраметил-2-гексадецен-1-ола, которые находятся в максимальных количествах именно в низинном торфе. Среди эфиров преобладают метиловые, н-алкановые значительно больше, чем изоалкановые, а фураны присутствуют в следовых количествах. Стероиды представлены преимущественно ситостеролом, C_{27} – C_{29} -станонами с резким преобладанием среди них стигматана и малым количеством стигматанола. В составе терпеноидов в максимальной концентрации присутствует D-фриедеолеан-14-ен-3-он, луп-20(29)-ен-3-он и D-фриедеолеан-14-ен-3-ол содержатся в несколько меньшей концентрации. Низинный торф отличается от исследованных верховых наличием ряда н-альдегидов диапазона C_{20} ... C_{28} . Эти соединения не могут существовать в окислительной среде, поскольку в этих условиях они разрушаются. Следовательно, их наличие в низинном торфе свидетельствует о закисных условиях его накопления.

Выводы

1. Установлено, что все исследованные торфа юга Томской области характеризуются наличием н-алканов, моно-, би-, три- и тетрациклических

АУВ, би- и пентациклических терпанов и терпенов, сквалена, жирных кислот, их метиловых, этиловых и изопропиловых эфиров, н- и изоалканов, токоферолов, ситостерола, станонов, стигматанола и стигматенона, олеаненов, лупанона и лупенола.

2. Показано, что низинный (древесный) торф отличается от верховых (фускум-) торфов присутствием н-альдегидов, перилена, бисноргопана, высокой концентрацией трициклических насыщенных и в разной степени ароматизированных терпанов, не обнаруженных в торфах ряма и только в следовых количествах и в неполном объеме представленных в торфах сплавин. Кроме того, высокой концентрацией токоферолов, метиловых эфиров жирных кислот и стероидов, существенно превышающей их содержание в верховых торфах, преобладанием среди н-алканов C_{27} -гомолога, отсутствием среди пентациклических олеаненов. Большинство этих особенностей может быть обусловлено различием в составе ОВ растений-торфообразователей низинного и верховых торфов, а наличие бисноргопана и н-альдегидов говорит о длительном нахождении низинного торфа в закисных условиях, обусловленных, вероятнее всего, постоянным поздним оттаиванием сезонной мерзлоты и затоплением тальми водами.
3. В группе верховых торфа ряма отличаются от сплавинных низкой концентрацией жирных кислот, изоалканов, дибензофуранов и бензонафтофуранов, отсутствием насыщенных трициклических терпанов. В торфах сплавин среди пентациклических терпанов доминирует $17\alpha(H), 21\beta(H)$ -гомогопан (22R), отсутствующий в торфах ряма. Это может быть обусловлено различным режимом увлажнения и, как следствие, интенсивным развитием микрофлоры под влиянием вод озер при отложении торфов сплавин.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-05-00870.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропова Н.А., Прейс Ю.И., Бернатонис В.К. и др. Ресурсы битуминозных торфов Томской области // Известия Томского политехнического университета. – 2002. – Т. 305. – № 6. – С. 127–143.
2. Del Rio J.C., Gonzalez-Vila F.J., Martin F. Variation in the content and distribution of biomarkers in two closely situated peat and lignite deposits // Org. Geochem. – 1992. – V. 18. – № 1. – P. 67–78.
3. Malawska M., Ekonomiuk A., Wilkomirski B. Polycyclic aromatic hydrocarbons in peat cores from southern Poland: distribution in stratigraphic profiles as an indicator of PAH sources // Mires and Peat. – 2006. – V. 1. – Article 05. – P. 1–14.
4. Серебренникова О.В., Юдина Н.В., Прейс Ю.И., Стахина Л.Д. Превращения хлорофилла в растениях-торфообразователях и торфах // Химия твердого топлива. – 2006. – № 5. – С. 83–89.
5. Серебренникова О.В., Прейс Ю.И., Кадычагов П.Б., Гулая Е.В. Состав углеводородов органического вещества торфов юга Западной Сибири // Химия твердого топлива. – 2010. – № 5. – С. 40–50.
6. Nichols J.E., Booth R.K., Jackson S.T., Pendal E.G., Huang Y. Paleohydrologic reconstruction based on n-alkane distributions in ombrotrophic peat // Org. Geochem. – 2006. – V. 37. – P. 1505–1513.
7. Peters K.E., Moldowan J.M. The Biomarker Guide, Interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments. – Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1993. – 363 p.

Поступила 07.12.2012 г.