

фриеволеан-14-ен-3-он. На глубине 200 см производные олеана полностью исчезают и начинают преобладать гопены, что может указывать на высокую степень бактериальной переработки торфа.

Стероиды в торфах болота Кирек представлены набором производных холестана, эргостана, стигматана и циклоартана. Среди стероидов во всех исследованных образцах торфа болота Кирек преобладают производные стигматана состава C_{29} . В осоковом торфе на глубине 30 доминирует стигмаст-4-ен-3-он, на глубине 135 см – α -стигмастан-3-он, на этих глубинах также зафиксированы высокие концентрации стигмаст-4,6-диен-3-ола, который преобладает на глубине 200 см. В карбонатном торфе на глубине 25 и 100 см преобладает стигмаст-4-ен-3-он, на глубине 130 и 150 см – стигмаст-5-ен-3-ол (ситостерол).

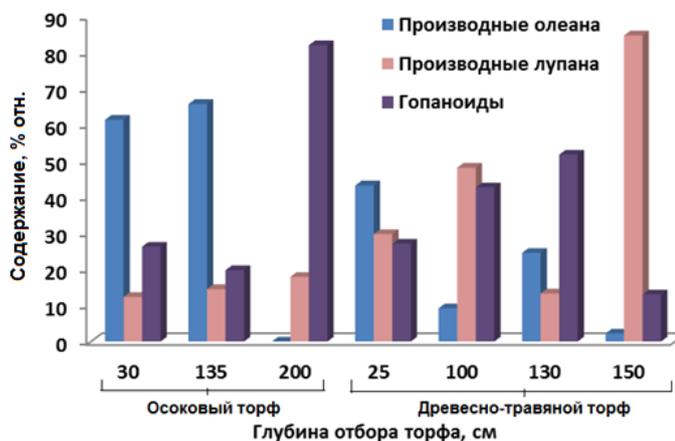


Рис. 2. Распределение структурных групп пентациклических терпеноидов в торфах болота Кирек

Холестерол и его производные (C_{27}) были обнаружены в верхней и нижней частях разрезов осокового и древесно-травяного торфов в невысоких концентрациях. Наличие в торфе стероидов этой группы может быть следствием участия в составе растений-торфообразователей микроводорослей, в частности, *Botryococcus braunii*. Эти водоросли характеризуются преобладанием среди *n*-алканов высокомолекулярных гомологов и содержат в своем составе C_{27} , C_{28} , C_{29} стеролы. Присутствие в древесно-травяном торфе на глубине 150 см 4-метилхолестан-3-ола свидетельствует об участии в его образовании пресноводных водорослей динофлагеллят.

Детальные данные о содержании таких классов соединений как сесквитерпены и стероиды для торфов Западной Сибири получены впервые.

Литература

1. Серебренникова О.В., Стрельникова Е.Б., Прейс Ю.И., Дучко М.А. Влияние источника и условий торфонакопления на индивидуальный состав битуминозных компонентов торфа на примере двух низинных болот Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2014. – Т. 325. – № 3. Химия и химические технологии. – С. 80–91.
2. Lu Y., Hauteville Y., Michels R. Determination of the molecular signature of fossil conifers by artificial maturation of their extant representatives // Organic Geochemistry: trends for the 21st Century. – 2013. – Vol. 2. – P. 175.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПРОЦЕССЕ ТОРФООБРАЗОВАНИЯ М.А. Дучко¹

Научные руководители профессор О.В. Серебренникова²,
научный сотрудник Е.Б. Стрельникова¹

¹Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На территории Западной Сибири расположены крупнейшие в мире болотные системы. Однако, несмотря на многолетние исследования болот в данном регионе, сохраняется его недостаточная изученность. Изучение индивидуального состава стероидов, три- и пентациклических терпеноидов позволяет сделать выводы о влиянии условий pH среды торфа на направление трансформации органического вещества торфа [1].

Образцы древесно-травяного торфа были отобраны из скважины, пробуренной на болоте Кирек, расположенном на юго-восточном берегу таежного озера Кирек. Три образца осокового торфа получены с разных участков разреза сплавины, сформированной на сапропеле болота.

В таблице приведены относительные концентрации трициклических терпеноидов, а также содержание групп пентациклических терпеноидов в исследованных торфах.

Осоковые торфа с глубины 135 и 200 см характеризуются значительным преобладанием насыщенного углеводорода – 18-норабистана, на глубине 30 см также доминирует 18-норабистан, но высоко и содержание

8,13R-эпоксилабд-14-ена. Все древесно-травяные и гипновый торфа также характеризуются преобладанием 18-норабиетана, в гипновом торфе в высоких концентрациях также содержатся 10,18-биснорабиета-5,7,9(10),11,13-пентаен и ретен.

Увеличение содержания продукта восстановления исходных биологических молекул (18-норабиетана) и, наоборот, уменьшение концентраций продуктов дегидрирования исходных биомолекул (би- и триароматических дитерпеновых углеводов) вверх по залежи указывает на снижение pH среды по мере отложения карбонатного торфа в болоте Кирек. Вверх по залежи осокового торфа содержание 18-норабиетана, наоборот, снижается, что может указывать на увеличение pH среды по мере торфообразования [2].

Моноароматическая дегидроабиетиновая кислота отсутствует в осоковом торфе, но там был зафиксирован ее метиловый эфир. В древесно-травяном торфе содержание кислоты мало, но возрастает с глубиной. Низкую концентрацию дегидроабиетиновой кислоты в верхней части разреза можно объяснить ее быстрой этерификацией. Малое количество свободных протонов в водах нижней части залежи болота Кирек способствовало сохранению дитерпеновой кислоты и препятствовало ее этерификации. Содержание метилового эфира этой кислоты (метил-8,11,13-абиеатриен-18-оат) в древесно-травяном торфе меняется аналогичным образом.

Таблица
Содержание трициклических терпеноидов и групп пентациклических терпеноидов в торфах
болота Кирек (% отн.)

Глубина отбора торфа, см	Трициклические терпеноиды										Пентациклические терпеноиды				
	18-Норабиетан	18-Норабиета-8,11,13-триен	Абиета-8,11,13-триен	10,18-биснорабиета-5,7,9(10),11,13-пентаен	Метил-6,8,11,13-абиеатетраен-18-оат	Метил-8,11,13-абиеатриен-18-оат	Абиета-8,11,13-триен-18-ол	Дегидроабиетиновая кислота	8,13-Эпоксилабд-14-ен (13R)	Ретен	Ненасыщенные структуры	Насыщенные структуры	Углеводороды	Кетоны	Спирты
Осоковый торф															
30	52.17	3.19	0.43	2.54	0.12	0.37	0	0	38.18	3.00	92.23	7.77	39.41	60.59	0
135	89.66	2.36	0.28	1.75	0.18	0.27	0	0	3.06	2.44	89.65	10.36	22.75	77.26	0
200	76.71	6.51	0.39	8.25	0.10	0.53	0	0	4.32	3.18	59.7	40.3	82.09	17.91	0
Древесно-травяной торф															
25	81.99	5.08	0.28	5.16	0.05	0.28	0.07	0.11	1.22	5.75	86.99	13	27.06	61.31	11.62
100	92.29	4.55	0.19	1.27	0.04	0	0	0	0.78	0.88	75.47	24.54	62.84	37.17	0
130	88.33	3.56	0.15	3.16	0.10	0.12	0.02	0.98	0.63	2.94	83.9	16.1	54.84	24.34	20.82
150	39.32	5.70	0.32	28.59	0.04	0.37	0.08	3.92	0.86	20.81	98.64	1.37	20.41	28.96	50.64

Содержание пентациклических структур, содержащих двойные связи, существенно выше, чем насыщенных. Вклад насыщенных структур в состав тритерпеноидов растет вверх по разрезу залежи древесно-травяного торфа болота Кирек, а содержание ненасыщенных структур, наоборот, снижается, что вновь указывает на снижение pH в процессе отложения торфа. Для осоковых торфов сплавины наблюдается обратная картина, что согласуется с данными по дитерпеноидам.

В кислых условиях в торфе происходит образование кетопроизводных тритерпеноидов [3]. Содержание кетонов в карбонатном торфе уменьшается с глубиной, что в очередной раз подтверждает уменьшение pH вверх по разрезу. С увеличением глубины возрастает содержание спиртов и уменьшаются концентрации углеводов. В осоковых торфах полностью отсутствуют спиртовые производные, концентрации кетонов возрастают вверх по разрезу, а концентрации углеводов – уменьшаются.

На рисунке 1 представлено относительное содержание различных групп стероидов в торфах болота Кирек. В осоковом торфе на глубине 30 см преобладают стеноны, на глубине 135 см – станоны, а на глубине 200 см – стеролы. Следует также отметить существенные различия в содержании отдельных групп стероидов в торфе нижней и верхней частей разреза карбонатного торфа: на глубине 25 и 100 см наблюдается преобладание стенонов, а на глубине 130 и 150 см – стеролов.

Высокое относительное содержание стеролов в нижней части разреза может быть обусловлено их хорошей сохранностью в нейтральных, а возможно и щелочных условиях отложения и захоронения торфа. Очень низкое содержание стеролов в торфе верхней части залежи связано, видимо, со спецификой состава исходных

растений, которые зачастую сами по себе содержат насыщенные производные стерола. С другой стороны, к исчезновению стеролов и образованию стенонов и станонов – основных представителей стероидов в торфе верхней части залежи болота Кирек, могло привести активное окисление ОВ с образованием стигмат-4-ен-3-она и его преобразование в станоны путем гидрирования.

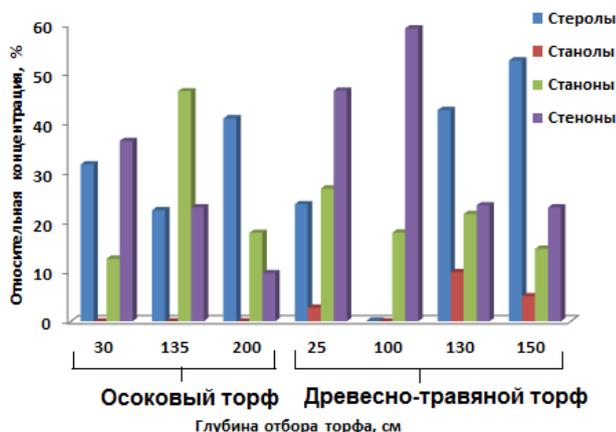


Рис. 1. Относительное содержание групп стероидов в торфах болота Кирек

Таким образом, было выявлено, что рН среды торфа снижается по мере отложения залежи древесно-травяного торфа и возрастает для осокового торфа, что оказывает существенное влияние на трансформацию органического вещества торфяной залежи.

Литература

1. Серебrenикова О.В., Стрельникова Е.Б., Преис Ю.И., Гулая Е.В., Дучко М.А. Распределение n-алканов, стероидов и тритерпеноидов в торфе и растениях болота Тёмное // Известия Томского политехнического университета, 2013. – Т. 323. – № 1. – С. 40–44.
2. Серебrenикова О.В., Стрельникова Е.Б., Преис Ю.И., Дучко М.А. Влияние источника и условий торфонакопления на индивидуальный состав битуминозных компонентов торфа на примере двух низинных болот Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета, 2014. – Т. 325. – № 3. – С.80–91.
3. Серебrenикова О.В., Стрельникова Е.Б., Аверина Н.Г., Козел Н.В., Дучко М.А. Сравнительный анализ химического состава битуминозных компонентов низинных торфов двух болотных экосистем // Фундаментальные исследования, 2014. – № 12-1. – С. 112–117.

ГЕОХИМИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЕРРИТОРИИ ПЕТРОПАВЛОВСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

А.С. Ефстифеева

Научные руководители доцент Г.Н. Копылова¹, доцент Н.В. Гусева²

¹Камчатский филиал Геофизической службы Российской академии наук,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Полуостров Камчатка расположен в зоне взаимодействия Тихоокеанской океанической и Охотоморской континентальной литосферных плит. Этим обусловлены природные особенности территории, в т.ч. высокий уровень сейсмической активности, современный вулканизм и широкое развитие гидротермальных проявлений. Совокупность факторов современной геодинамической активности на территории Камчатки ставит вопрос об их мониторинге и прогнозировании сильных землетрясений и извержений вулканов, в т.ч. с использованием гидрогеохимических предвестников. Поэтому вопрос об изучении специфики гидрогеохимического состава подземных вод этого региона является актуальным.

Наблюдения за гидрогеохимическим режимом подземных вод в районе г. Петропавловска-Камчатского проводятся Камчатским филиалом Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) на четырех гидрогеологических станциях, с периодичностью один раз в 3 – 6 суток. На основании полученных данных разрабатываются методы прогнозирования землетрясений [4]. Однако вопрос генезиса гидрогеохимических аномалий, связанных с процессами подготовки и реализации землетрясений, рассмотрен недостаточно, поэтому необходимо дальнейшее их изучение, в т.ч. в целях оптимизации специализированных наблюдений на скважинах и источниках.

В данной статье рассматривается специфика химического состава подземных вод режимных источников и скважин территории Петропавловского полигона и процессы его формирования по результатам анализа степени насыщенности подземных вод к алюмосиликатным, карбонатным и сульфатным минералам.