

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

Н.А. Животова

Научный руководитель доцент Е.В. Гершелис

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В последние годы особое внимание ученых уделяется исследованию шельфа морей Восточной Арктики (МВА). Благодаря своему географическому положению, геологической истории и особенностям седиментации шельф МВА является благоприятным для накопления в донных отложениях значительных запасов органического углерода (ОУ). Установлено, что постепенная деградация прибрежной и подводной мерзлоты провоцирует высвобождение и экспорт больших объемов органического углерода, который вовлекается в современный биогеохимический цикл. В результате вода арктических морей обогащается углекислым газом, а в атмосферу выделяется существенное количество метана [1]. По последним данным, поверхностные воды морей Восточной Арктики перенасыщены метаном на большей части акватории в среднем более чем в 8 раз. [2].

Развитие исследований в этом направлении важно и актуально, так как значение наземного углерода в арктической экосистеме может привести к изменению биогеохимического и седиментационного режимов, росту эмиссии метана [3].

В ходе международной научно-арктической экспедиции 78 рейса НИС «Академик Мстислав Келдыш» в сентябре-октябре 2019 года, в которой автор принимала непосредственное участие, были исследованы моря Восточной Арктики – Лаптевых и Восточно-Сибирское. Отбор донных осадков проводился на станциях с помощью установки – бокс-корер. Полученные образцы были доставлены в «Международную научно-образовательную лабораторию изучения углерода арктических морей» Томского политехнического университета. Нами были исследованы образцы донных осадков с юго-восточной части моря Лаптевых, в районе губы Буор-Хая (рис. 1).

Целью настоящей работы стало изучение изменчивости содержания и состава органического углерода, содержащегося в поверхностном слое современных донных осадков юго-восточной части моря Лаптевых на основе анализа материалов, полученных в процессе экспедиционных работ. Предметом исследования послужили 9 поверхностных проб осадков (горизонт 0-2, 2-5, 5-10).

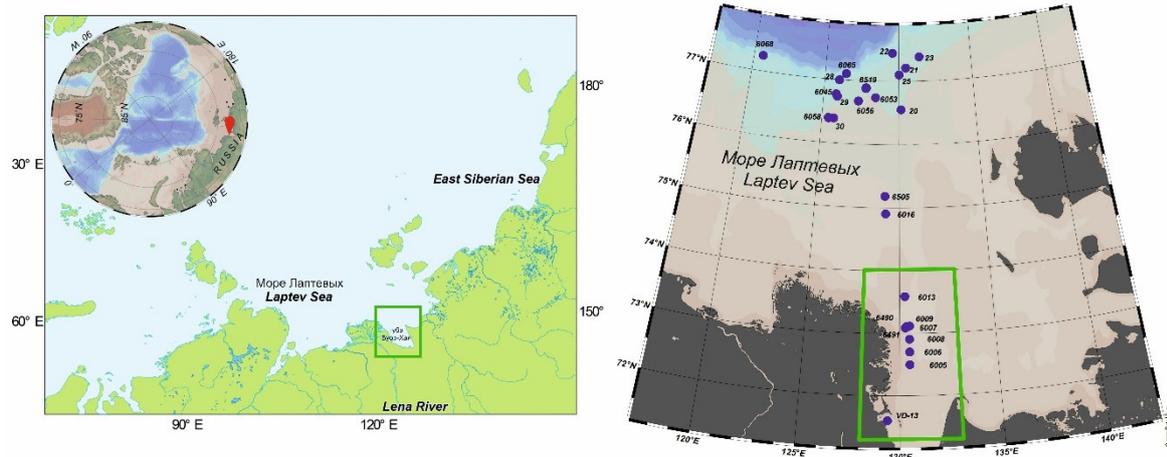


Рис.1 Район исследований. Район выделен в зеленый квадрат. На карте справа, синими точками показано положение океанологических станций

Методика исследований донных отложений делилась на два этапа – пробоподготовка и лабораторные исследования. Отобранные образцы хранили в морозильном шкафу при температуре -18°C . Сначала их размораживали при комнатной температуре в течение суток, гомогенизация. Затем довели образцы до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре 45°C . Завершающим этапом пробоподготовки стало экстрагирование образцов донных осадков хлороформом в аппарате Сокслета в течении 14 часов. Далее экстракты концентрировались на роторном испарителе и сушились до постоянного веса.

В рамках лабораторных исследований работы выполнялись с использованием пиролитического метода Rock-Eval. Анализ проводился на приборе «Rock-Eval 6 Turbo» компании Vinci Technologies. В основе метода лежит термическое моделирование эволюции нефтематеринской породы. Для этого навеска породы массой от 10 до 100 мг подвергается пиролизу – ступенчатому нагреву в токе инертного газа. В состав пиролизуемого углерода входят свободные углеводороды и низкомолекулярное ОВ (пик S1, мг HC/g), газообразные продукты деградации ОВ, в результате термического разрушения керогена (пик S2, мг HC/g), а также соотношение CO/CO₂, выделяемое кислород содержащим ОВ (пик S3, мг CO₂/g) на стадии пиролиза. Общий органический углерод (ТОС) состоит из пиролизуемого углерода и дополнительных групп CO и CO₂, выделяющихся при окислении остаточного органического углерода. Водородный (HI) и кислородный (OI) индексы определялись из соотношения S2/ТОС и S3/ТОС, соответственно.

На основании полученных данных пиролитического анализа можно сделать следующие выводы: содержание ТОС (total organic carbon, количество органического углерода) в исследуемых образцах варьируется в пределах от 1,19 до 2,73 % мас, что говорит о высокой степени содержания органического углерода во всех образцах. Содержание летучих органических соединений (пик S1) от 0,37 до 0,85 мг/г породы. Содержание высокомолекулярных органических веществ и соединений, образующихся в результате крекинга (пик S2) изменяется от 1,2 до 3,3 мг/г породы. Содержание CO₂ при крекинге остаточного органического вещества (пик S3) колеблется в пределах от 2,3 до 5,9 мг/г породы.

Таким образом, содержание летучих органических соединений (параметр S1) в осадках относительно невелико, однако количество продуктов высокотемпературной деструкции органического вещества (параметр S2) немного превышает значения параметра S1. Можно сделать заключение, что основная масса органического вещества представлена биогеополимером – высокомолекулярными нелетучими соединениями. Графическое отображение данных пиролиза Rock-Eval представлено на рисунке 2.

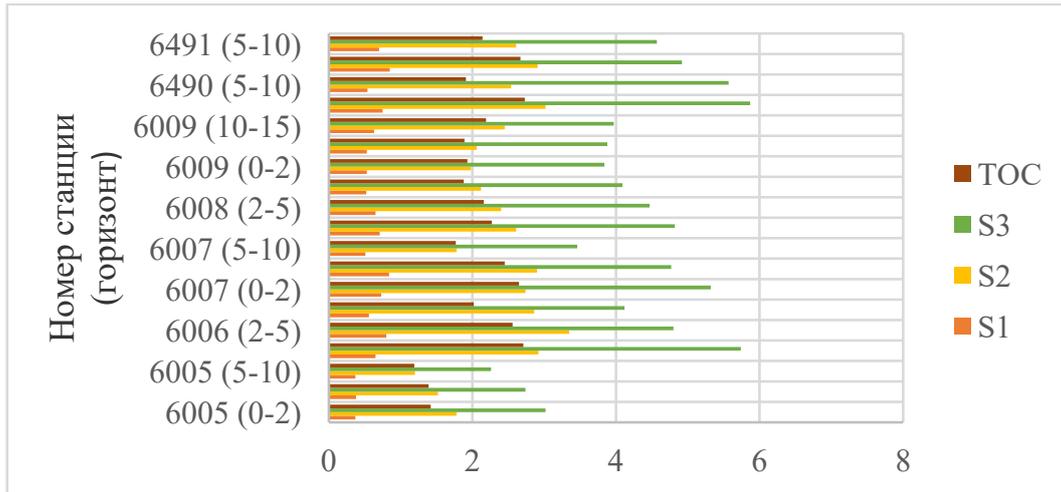


Рис.2 Распределение суммарных показателей S1, S2, S3, TOC в пробах осадочного материала юго-восточной части моря Лаптевых

Значения HI лежит в пределах 101-142 HC мг/г ТОС, при этом значении OI находится в диапазоне 181-292 CO₂ мг/г ТОС. Количественные соотношения индексов HI и OI в исследуемых пробах отличаются. Во всех образцах высокий кислородный индекс, следовательно, в биогеополимере преобладают кислородные структуры, и осадконакопление происходило в более окисленной среде.

Также было проведено сопоставление результатов с предыдущими исследованиями образцов керна VD-13 современных осадков юго-восточной части моря Лаптевых, где глубина отбора составила от 0,36 до 17,9 м. Наибольшее содержание C_{орг} приходится на интервал 1,59-2,4 м от поверхности, сложенной преимущественно пелитовыми отложениями. По мере увеличения глубины концентрация C_{орг} неравномерно уменьшается, на глубине 5,58-6,94 м наблюдается резкий скачок. Лишь 5 образцов (верхняя часть разреза) в интервале 0,36-5,58 м, содержали в своем составе летучие органические соединения (пик S1). Увеличение водородного индекса (HI) указывает на более восстановительные условия осадконакопления, при этом наиболее окисленные осадки принадлежат нижним интервалам 6,94-17,9 м, которые в совокупности с низким содержанием C_{орг}, свидетельствуют об активном взаимодействии осадков с насыщенным кислородом.

Литература

1. Semiletov I. Acidification of East Siberian Arctic Shelf waters through addition of freshwater and terrestrial carbon / I. Semiletov, I. Pipko, Ö. Gustafsson, L.G. Anderson, V. Sergienko, S. Pugach, O. Dudarev, A. Charkin, A. Gukov, L. Broeder, A. Andersson, E. Spivak, N. Shakhova // Nature Geoscience, 2016. – V. 9. – P. 361 – 365.
2. Shakhova N. Extensive methane venting to the atmosphere from sediments of the East Siberian Arctic Shelf / N. Shakhova, N. Semiletov, A. Salyuk, V. Yusupov, D. Kosmach, Ö. Gustafsson // Science, 2010. – V. 327. – P. 1246 – 1250.
3. Shakhova N. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice / N. Shakhova, I. Semiletov, V. Sergienko, L. Lobkovsky, V. Yusupov, A. Salyuk, A. Salomatin, D. Chernykh, D. Kosmach, G. Panteleev, D. Nicolsky, V. Samarkin, S. Joye, A. Charkin, O. Dudarev, A. Meluzov and O. Gustafsson // Philosophical Transactions of the Royal Society A, 2015. – V. 373. doi:10.1098/rsta.2014.0451, 2015.