

УНИКАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ О-ВА КОМСОМОЛЕЦ (по данным распределения n-алканов в донных осадках)

Семенов П.Б., Мальшев С.А., Гусев Е.А.

ФГБУ «ВНИИОкеангеология»

Материалы для данной работы отобраны в ходе экспедиции «ВНИИОкеангеология» на НИС Профессор Молчанов в 2018 г. в рамках «Программы Государственного геологического картирования территории и континентального шельфа Российской Федерации». В районе исследований, расположенном между о-вом Комсомолец и прогибом Воронина, выявлено нетипичное распределение n-алканов, характеризующееся преобладанием пиков C₁₄, C₁₆, C₁₈ и минорным вкладом гомологов C₂₅-C₃₃. Анализ изотопного состава углерода n-алканов в ряду C₁₅-C₂₉ продемонстрировал значения $\delta^{13}\text{C}$, варьирующие от -34 до -31‰, что свидетельствует о едином для данных компонентов генезисе, связанном с биомассой наземных высших растений. Вероятно, в период формирования опробованных осадков на прилегающем к исследуемой акватории участке суши существовали условия, благоприятствующие вегетации сосудистых растений. Тогда как специфика молекулярного состава n-алканов, по-видимому, указывает на особенности обстановки осадконакопления, определившие нетипичный сценарий постседиментационного преобразования ОВ.

Ключевые слова: *донные осадки, Карское море, органическое вещество, n-алканы*

Работа выполнена с использованием материалов, полученных в ходе экспедиции «ВНИИОкеангеология» на НИС Профессор Молчанов в 2018 г. в рамках «Программы Государственного геологического картирования территории и континентального шельфа Российской Федерации». Район опробования располагался к западу от островов архипелага Северная Земля в пределах восточного борта и осевой части желоба Воронина (Карское море) (Рис. 1). В ходе интерпретации новых данных мы использовали материалы по другим районам акватории Карского моря, которые были получены в экспедициях ВНИИОкеангеология, проведенных в 2012 (МСБ «Неотразимый») и 2013 г (НИС «Иван Петров»).

В пределах восточного борта и осевой части желоба Воронина, в непосредственной близости от о-ва Комсомолец (архипелаг Северная Земля) было отобрано 36 проб донных осадков. Анализ проб осуществлялся в Аналитическом центре ФГБУ «ВНИИОкеангеология».

n-Алканы и изопреноиды - хорошо известный широкому кругу специалистов класс неспецифических биомаркеров, который широко используется для определения генезиса органического вещества (ОВ) и палеоклиматических реконструкций [Peters et al., 2008]. По данным многолетних съемочных работ ФГБУ «ВНИИОкеангеология» донные осадки Карского моря демонстрируют типичные для мелководных шельфовых морей закономерности пространственного распределения ОВ, источники которого можно определить по молекулярному составу n-алканов и изопреноидов. В прибрежной зоне Карского моря (Приамальского шельфа) наблюдается мономодальное распределение n-алканов с ярко-выраженным преобладанием нечетных гомологов C₂₅-C₃₃ (CPI > 5), а интенсивная поставка терригенного материала связана с береговыми процессами. По мере увеличения глубины моря отмечается закономерное возрастание вклада ОВ морского генезиса, о чем свидетельствует увеличение содержания низкомолекулярных n-алканов диапазона C₁₄-C₂₄ с равным соотношением четных и нечетных гомологов (CPI ~ 1). В обстановке морского шельфового осадконакопления проявляется бимодальное распределение n-алканов на фоне уменьшения доли терригенной составляющей и, как следствие, общего содержания биомаркеров данного класса.

Донные осадки восточного борта и осевой части желоба Воронина демонстрируют мономодальное распределение с доминированием гомологов C₁₄-C₁₇. Минорный вклад

терригенного ОВ в данном случае можно объяснить скудной биомассой высших растений о-ва Комсомолец и удаленностью акватории от областей континентального сноса. Относительно высокое содержание компонентов C_{14} - C_{24} при явном отсутствии базовых предпосылок первичной продукции ОВ *in situ* определяет специфику исследуемой акватории в сравнении с типичными условиями осадконакопления Карского моря (Рис. 2). Можно предположить, что источником седиментации биолабильного ОВ, маркируемого короткоцепочечными гомологами, служит биомасса гидробионтов, доставляемая в исследуемый регион из более продуктивных акваторий морскими течениями. Однако анализ стабильных изотопов углерода индивидуальных *n*-алканов состава C_{15} - C_{29} , выполненный в трех репрезентативных образцах, демонстрирует нетипичное единообразие изотопных сигнатур для всего гомологического ряда (Рис. 3). При этом диапазон значений $\delta^{13}C$ (-34 - -31‰) отражает ведущую роль первичной продукции наземных высших растений (C_3 путь фотосинтеза) в формировании ОВ [Zhang *et al.*, 2017]. Отсутствие существенных вариаций в распределении значений $\delta^{13}C$, а также выраженного тренда «утяжеления» низкомолекулярных гомологов говорит об отсутствии значимой примеси гидробионтного ОВ.

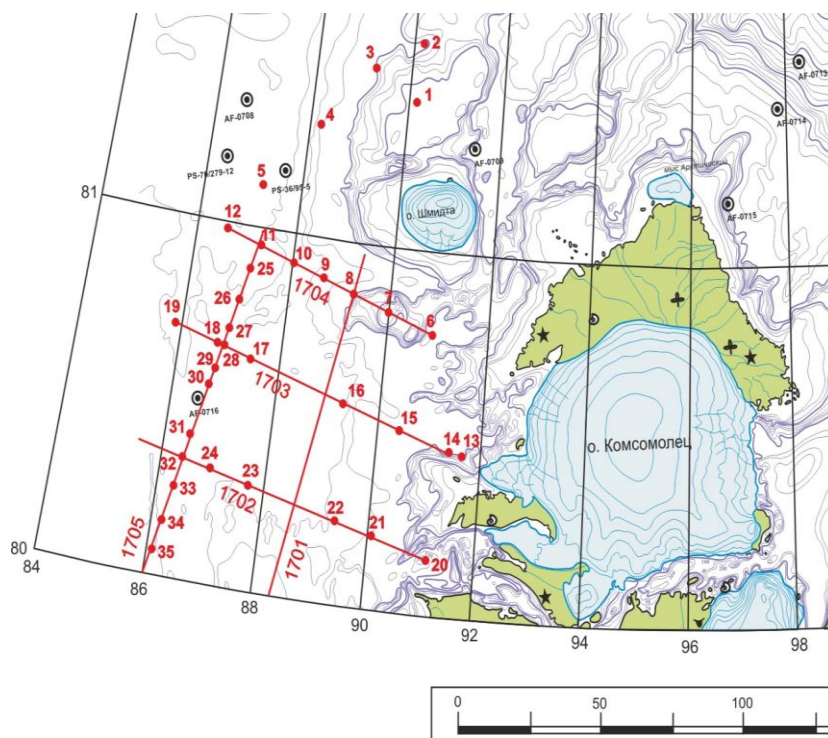


Рис. 1. Схема расположения станций донного опробования (красные кружки) и сейсмоакустических профилей (красные линии), отработанных ВНИИОкеангеология в 2017 году у о-ва Комсомолец с борта НИС «Профессор Молчанов»

Своеобразие молекулярного состава *n*-алканов проявляется в резком доминировании пиков C_{14} , C_{16} , C_{18} , обуславливающим чрезвычайно низкие значения индексов $SPIC_{13-C_{19}}$ (<0,5). Одним из возможных механизмов селективной генерации *n*-алканов C_{16} и C_{18} служит постседиментационное гидрирование карбоксильных групп жирных кислот (пальмитиновой (C_{16}), стеариновой (C_{18})) [Elias *et al.*, 2007; Ekpo *et al.*, 2005]. Однако этот путь возможен в лишь особых, резко-восстановительных обстановках, в частности, в зонах разгрузки гидротермальных флюидов, где имеет место дополнительный подток восстановительных эквивалентов. В литературе имеются сведения о накоплении гомологов C_{14} и C_{16} в составе ОВ лесных почв при пирогенной деструкции мажорных *n*-алканов сосудистых растений (C_{27} - C_{31}), что было подтверждено экспериментально [Kuhn *et al.*, 2007]. Любопытно, что в этом случае характерному сдвигу

распределения n-алканов в короткоцепочечную область должна сопутствовать общность изотопных сигнатур углерода, свидетельствующая о единообразном терригенном генезисе n-алканов всего гомологического ряда. Аналогичная картина наблюдается в изученных нами образцах, что, однако не может служить аргументом.

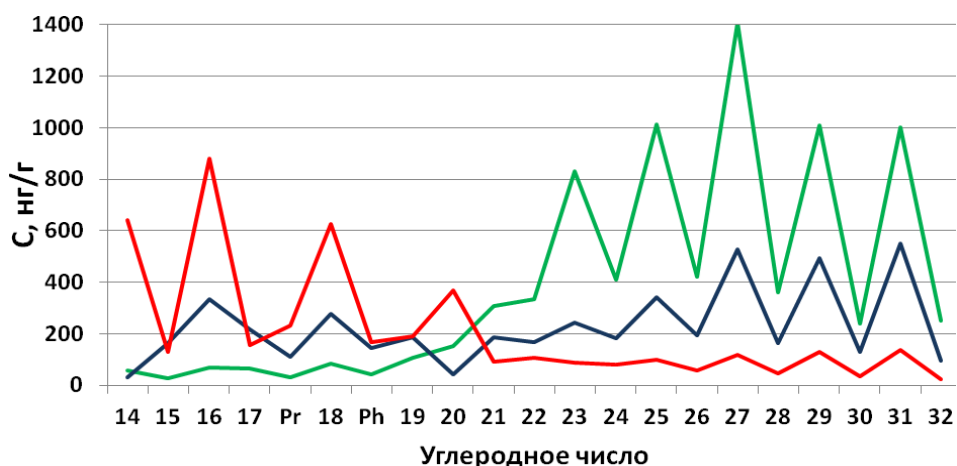


Рис. 2. Распределение n-алканов и изопреноидов в трех репрезентативных образцах из различных локаций акватории Карского моря. Зеленым цветом обозначен образец, отобранный на Приямальском шельфе (прибрежное осадконакопление), синим - вблизи Новоземельского желоба (морское шельфовое осадконакопление), красным – вблизи о-ва Комсомолец.

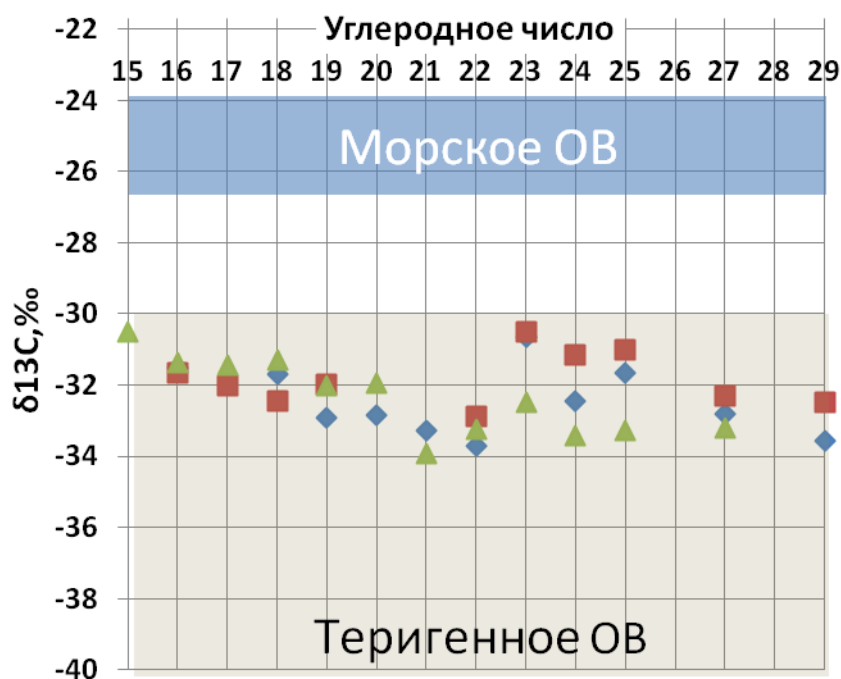


Рис. 3. Значения $\delta^{13}\text{C}$ индивидуальных n-алканов в трех образцах, отобранных к западу от о-ва Комсомолец

Терригенный генезис n-алканов, продемонстрированный данными по изотопии углерода предполагает, по меньшей мере, наличие активной вегетации сосудистых растений на прилегающем к исследуемой акватории участке суши ОБ в период седиментации опробованных осадков. Тогда как специфика молекулярного состава n-алканов, по-видимому, указывает на особенности обстановки осадконакопления, определившие нетипичный сценарий постседиментационного преобразования ОБ. Низкие темпы осадконакопления, свойственные современным условиям морского

осадконакопления в данном районе, способствуют сохранности реликтового ОБ. Это подтверждается устойчивым доминированием характерного паттерна распределения *n*-алканов в пределах всей площади опробования.

ЛИТЕРАТУРА:

Ekpo B.O., Oyo-Ita O.E., Wehner H. [Even-n-alkane/alkene predominances in surface sediments from the Calabar River, SE Niger Delta, Nigeria](#) // *Naturwissenschaften* 2005. Vol. 92. P. 341-346.

Elias V.O., Simoneit B.R.T., Cardoso J.N. [Even n-alkane predominances on the Amazon shelf and a Northeast Pacific hydrothermal system](#) // *Naturwissenschaften*. 1997. Vol. 84. P. 415-420.

Grimalt J. Albaiges J. [Sources and Occurrence of C-12-C-22 Normal-Alkane Distributions with Even Carbon-Number Preference in Sedimentary Environments](#) // *Geochimica Cosmochimica Acta*. 1987. Vol. 51. P. 1379-1384.

Kuhn T., Krull E., Bowater A., Grice K. [The occurrence of short chain n-alkanes with an even over odd predominance in higher plants and soils](#) // *Organic Geochemistry*. 2010. Vol. 41. P. 88–95.

Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J. [The Biomarker Guide. Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human History](#), second ed., vol. 1. Cambridge university press. 2004. 471 P.

Zhang H., Xing L., Zhao M. [Origins of terrestrial organic matter in surface sediments of the East China Sea shelf](#) // *J. Ocean Univ. China (Oceanic and Coastal Sea Research)*. 2017. Vol. 16. P. 793-802.

UNUSUAL FEATURES OF ORGANIC MATTER COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS FROM NEARSHORE KOMSOMOLETS ISLAND AREA (on the data of dedimentary n-alkanes distribution)

Semenov P., Malyshev S., Gusev E.

VNIIOkeangeologia

This study is based on sampling data obtained during the expedition carried out by VNIIOkeangeologia in 2017 in the north of the Kara and Laptev seas under the Program of State geological mapping of the territory and continental shelf of the Russian Federation. In bottom sediments of the sampling area located between Komsomolets Island (Severnaya Zemlya) and Voronin Though we discovered unusual distribution pattern of *n*-alkanes remarkable for rare predominance of the peaks C₁₄, C₁₆, C₁₈ accompanied by minor input of C₂₅-C₃₃ series. Carbon isotope measurements (CSIA) revealed the values of $\delta^{13}\text{C}$ lay within a range from -34 -to-31‰ evident of the common for all the compounds origin related to terrigenous vascular plants vegetation. Probably there were favorable conditions for vascular plants vegetation in the adjacent inland area. While the molecular composition features of *n*-alkanes indicate the deposition conditions causing untypical scenario of post-depositional OM transformation.

Keywords: *bottom sediments, Kara Sea, organic matter, n-alkanes*