

**СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО  
УГЛЕРОДА В ПОВЕРХНОСТНЫХ ДОННЫХ ОСАДКАХ  
ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО ШЕЛЬФА**

Е.В. Панова

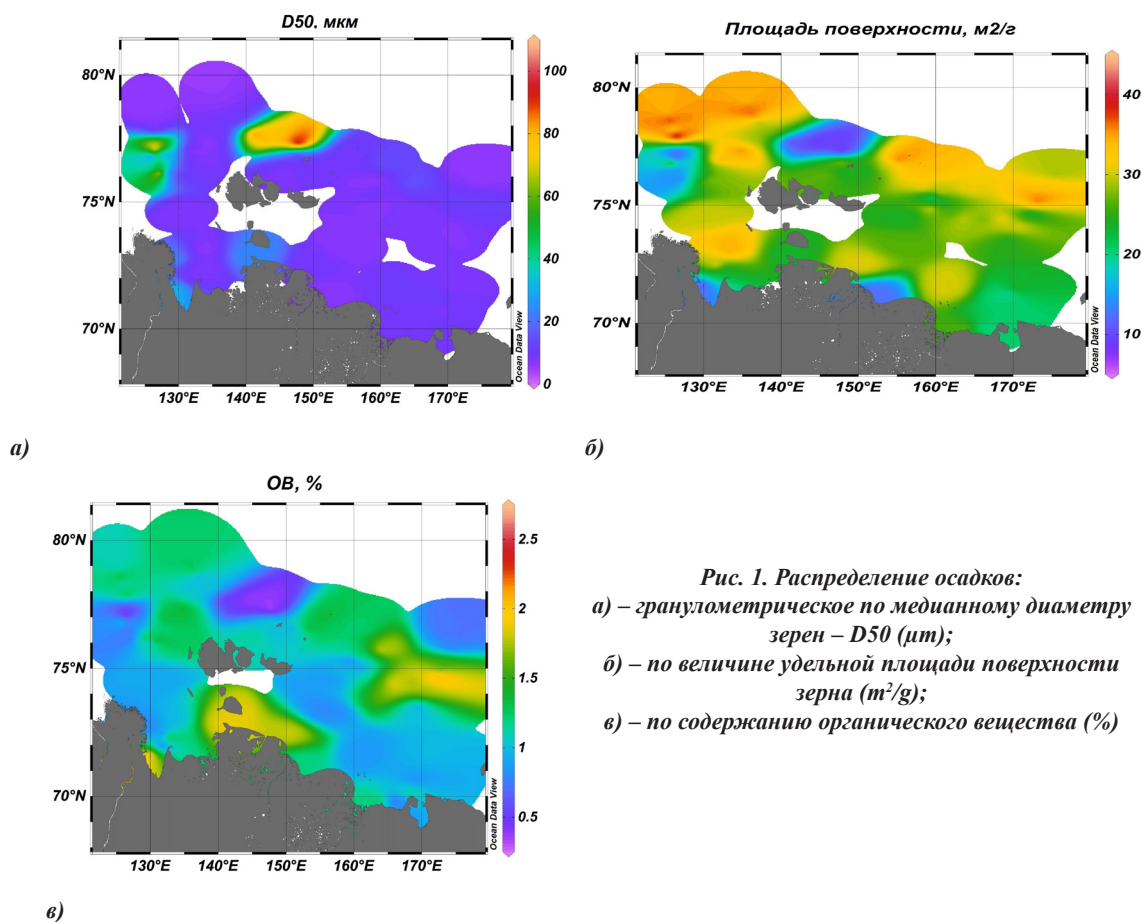
*Научные руководители: профессор И.В. Гончаров, профессор И.П. Семилетов  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

Шельф Восточно-Сибирской Арктики – уникальный природный комплекс, в последние десятилетия представляющий особый интерес ученых при исследовании функционирования арктической климатической системы и ее влияния на усиливающееся глобальное потепление. Понимание природных закономерностей глобального цикла органического углерода является необходимым звеном в изучении и объективной оценке происходящих в настоящее время климатических изменений.

Предыдущие исследования цикла углерода неоднократно были направлены на оценку вкладов различных источников и системы переноса терригенного органического углерода в морях Восточной Арктики [1, 2, 3, 4]. Для оценки состава и судьбы терригенного органического углерода в системе суша-шельф применяются различные геохимические параметры, включая изотопный состав  $\delta^{13}\text{C}$ , распределение специфических биомаркеров (фенолы лигнина, жирные кислоты и др.), а также гранулометрические характеристики (фракционный состав осадков, удельная площадь поверхности зерен и пр.), позволяющие оценить гидродинамическую картину изучаемой системы.

Однако, несмотря на то, что большое число исследований уже было направлено на изучение источников терригенного органического вещества (ОВ), схему его транспортировки и скорости деградации, большинство из них охватывали лишь определённый регион Восточно-Сибирского арктического шельфа (ВСШ). В настоящей работе мы приводим уникальный массив данных, направленных на установление комплекса седиментологических закономерностей распределения осадков на территории практически всего ВСШ.

Гранулометрические характеристики пород с внешнего шельфа демонстрируют некоторые зональные различия: средние размеры зерен (5-404 мкм, среднее значение 18,4 мкм) в породах, отобранных с внешнего шельфа, значительно выше размеров зерен (7–27 мкм, ср. 11,4 мкм) образцов, отобранных на внутреннем шельфе (рис. 1а).



**Рис. 1. Распределение осадков:**  
а) – гранулометрическое по медианному диаметру зерен – D50 (μm);  
б) – по величине удельной площади поверхности зерна (m<sup>2</sup>/g);  
в) – по содержанию органического вещества (%)

В целом, очевидно, на всей обширной территории шельфа сохраняется устойчивая обстановка осадконакопления. Об этом свидетельствует сохранение выдержанности по большей части тонкодисперсной структуры донных осадков, независимо от удаленности от берега. Тем не менее, при общем доминировании мелкодисперсной фракции (<20 мкм) выделяются области с крупнозернистыми (>60 мкм) песчаными осадками. Такие исключения отмечены в области, расположенной к северу от Новосибирских островов на границе моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. Здесь средние значения размера зерен находятся в диапазоне 88-100 мкм с абсолютным доминированием песчаной фракции. На западе моря Лаптевых отмечается значительное увеличение среднего размера зерен также до 100 мкм. Более однородным гранулометрическим составом характеризуются осадки внутреннего шельфа, где преобладают фракции глин и мелкопесчаного ила.

Отмечается подобная изменчивость и в значениях удельной площади поверхности (УП) зерен (рис. 16). Среднее значение УП для образцов с внутреннего шельфа составляет 26,7 м<sup>2</sup>/г, варьируясь в широком диапазоне от 6,62 до 41,5 м<sup>2</sup>/г; для осадков на внутреннем шельфе среднее значение равно 24,7 м<sup>2</sup>/г (минимальное – 12 м<sup>2</sup>/г, максимальное – 37,2 м<sup>2</sup>). Особо низкие значения УП на внешнем шельфе характерны для аномальных областей с доминирующей песчаной фракцией.

Распределение зернистости осадков указывает на относительно однородную седиментационную обстановку, которая характеризуется наличием активных источников тонкозернистого терригенного материала (эрозия берегов, разрушение отложений ледового комплекса, речной сток), перемещающегося в процессе транспортировки на дальние расстояния. Результаты указывают на контролируемые процессы транспортировки и деградации терригенного вещества в системе суша-шельф. Показано, что определяющими условиями распределения терригенного субстрата являются избирательная деградация в связи с его сохранением в минеральной матрице зерен или замещение его автохтонным морским органическим углеродом.

Несмотря на то, что массив данных по содержанию терригенных маркеров в поверхностных осадках значительно меньше, чем объем известных гранулометрических параметров (46 образцов против 79), можно проследить их пространственное размещение. Интересно отметить, что практически отсутствует любая зависимость между фракционным составом зерен осадков и молекулярными маркерами, в том числе деградационными прокси. Однородное гранулометрическое распределение с выделением двух аномальных песчаных областей, отмеченных ранее, практически повсеместно характеризуется доминированием глинистой фракции и, вопреки ожиданиям, мало соотносится с различиями в концентрации органического вещества в осадках (рис. 1в). Тем не менее, определенный тренд наблюдается в песчаных зонах на западе. Крупнозернистые осадки в этих областях отличаются относительно низким содержанием органического углерода при низких значениях удельной площади поверхности, что может говорить об отсутствии условий сохранения органического материала в крупнозернистых осадках и, возможно, аномальной гидродинамической обстановке в указанных областях, обуславливающей вынос тонкозернистого материала.

Здесь можно предположить размыв палеоуровня придонным течением вод (возможен выход надмерзлотного материкового стока) с выносом тонкодисперсных глинистых частиц и обнажением неоднородных по структуре осадков, однако в таком случае распределение придонных температур и солености также отразило бы это изменение, но таких изменений не было обнаружено [5]. Также любопытно отметить, что песчаные зоны пространственно совпадают с зарегистрированными ранее в этих регионах газовыми факелами, предположительно проходящими через сквозные талики, сформированные в протаявшей подводной мерзлоте на глубинных интервалах [6, 7]. Подобные данные дают косвенное основание полагать, что вымывание тонкодисперсного материала могло быть обусловлено такими вертикально восходящими потоками.

#### Литература

1. Tesi T., Semiletov I., Hugelius G., Dudarev O., Kuhry P. and Gustafsson Ö. Composition and fate of terrigenous organic matter along the Arctic land-ocean continuum in East Siberia: Insights from biomarkers and carbon isotopes// *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 2014. №133. – P. 235 – 256.
2. Tesi T., Semiletov I., Dudarev O., Andersson A. and Gustafsson Ö. Matrix association effects on 44 hydrodynamic sorting and degradation of terrestrial organic matter during cross-shelf transport in the Laptev and East Siberian shelf seas// *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 2016. – № 121(3). – P. 731 – 752.
3. Bröder L., Tesi T., Salvadó J.A., Semiletov I.P., Dudarev O.V. and Gustafsson Ö. Fate of terrigenous organic matter across the Laptev Sea from the mouth of the Lena River to the deep sea of the Arctic interior // *Biogeosciences*, 2016. – №13 (17). – P. 5003 – 5019.
4. Karlsson E.S., Bruchert V., Tesi T., Charkin A., Dudarev O., Semiletov I. and Gustafsson Ö. Contrasting regimes for organic matter degradation in the East Siberian Sea and the Laptev Sea assessed through microbial incubations and molecular markers // *Marine Chemistry*, 2015. – № 170. – P. 11 – 22.
5. Дударев О.В. Современный литоморфогенез на Восточно-Арктическом шельфе России // Дисс. докт. геол.-минерал. наук. – Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2016. – 386.
6. Shakhova N., Semiletov I., Leifer I. Ebullition and storm-induced methane release from the East Siberian Arctic Shelf // *Nature Geoscience*. – 2014. – № 7. – P. 64 – 70.
7. Shakhova N., Semiletov I., Sergienko V., Lobkovsky L., Yusupov V., Salyuk A., Salomatin A., Chernykh D., Kosmach D., Panteleev G., Nicolsky D., Samarkin V., Joye S., Charkin A., Dudarev O., Meluzov A. and Gustafsson Ö. The East Siberian Arctic Shelf: towards further assessment of permafrost-related methane fluxes and role of sea ice // *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences*, 2015. – № 373(2052).