

## ОРГАНИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ В ДОННЫХ ОСАДКАХ НИЖНЕГО ЕНИСЕЯ, ГЫДАНСКОЙ ГУБЫ И ШЕЛЬФА КАРСКОГО МОРЯ

**Л.З. Гранина, Е.Л. Гольдберг, В.С. Панов\*, Н.Н. Сушенцева\*, Ю.В. Срывкина\*, Т.В. Ходжер**

*Лимнологический институт СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, Россия, khodzher@lin.irk.ru*

*\*Институт археологии и этнографии СО РАН,  
630128, Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 17, Россия, pvs7zeitlos@gmail.com*

Исследовано содержание органических компонентов в донных осадках нижнего Енисея, Гыданской губы и Карского моря. Показано, что концентрации органического углерода и азота в осадках определяются типом отложений и условиями седиментации. Отношение концентрации органического углерода к концентрации органического азота, а также изотопный состав углерода указывают на снижение вклада терригенной составляющей в органическое вещество осадков по мере удаления в сторону открытого моря. Исследованы закономерности распределения изучаемых параметров в вертикальном разрезе отложений, которые позволяют судить об условиях осадконакопления.

Содержание и преобразование органических компонентов в донных осадках Арктики изучают для выяснения таких вопросов, как особенности круговорота органического углерода в данном регионе, специфика полярного литогенеза, палеогеографические реконструкции происходивших здесь изменений окружающей среды и климата, оценка вклада арктических морей в современный цикл метана, и многих других [Романкевич, Вет-

ров, 2001; Левитан и др., 2007; Шахова и др., 2009]. Несмотря на обилие публикаций в этой области, любые новые данные, полученные в труднодоступных районах Арктики, представляют несомненный интерес.

В августе–октябре 2009 г. были отобраны пробы донных осадков в нижнем течении Енисея, Гыданской губе и на шельфе Карского моря. Схема станций отбора проб и основные результаты пред-

© Л.З. Гранина, Е.Л. Гольдберг, В.С. Панов, Н.Н. Сушенцева, Ю.В. Срывкина, Т.В. Ходжер, 2011

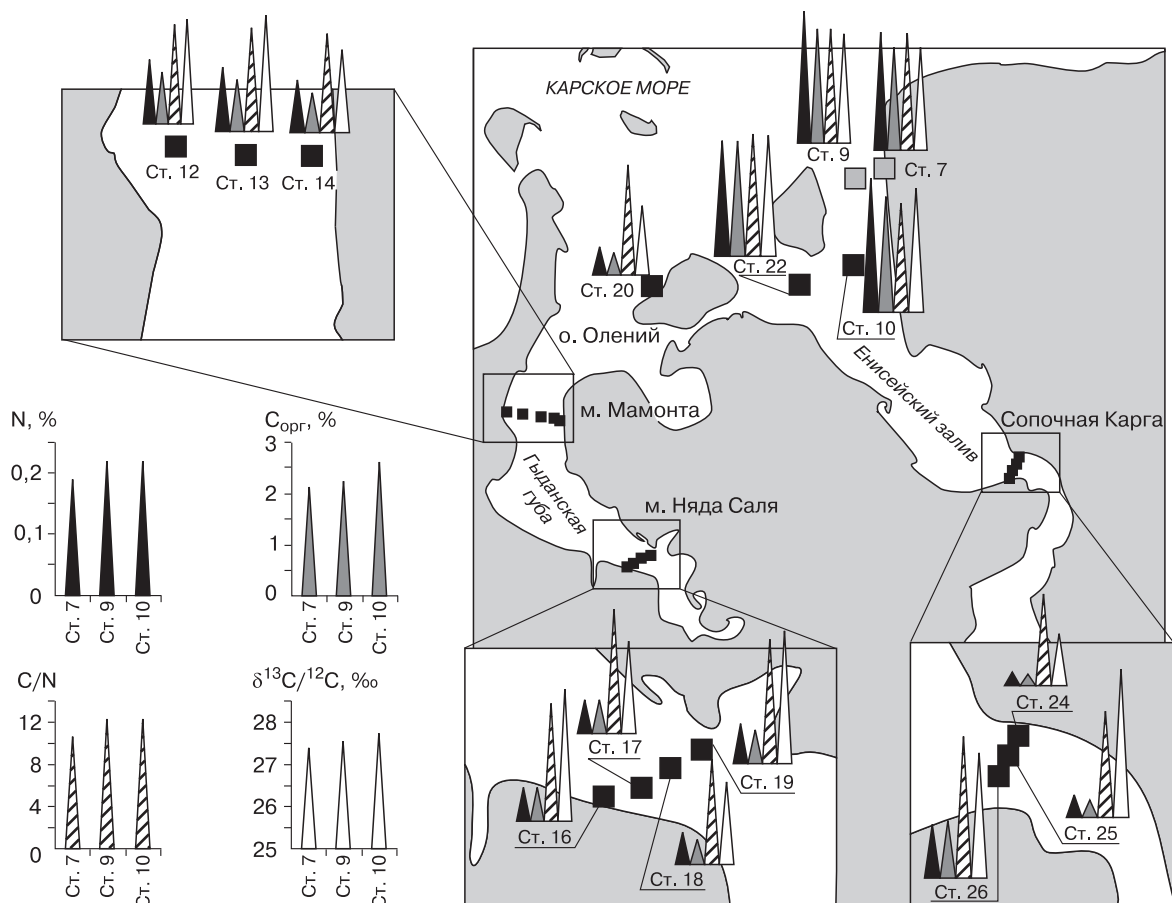
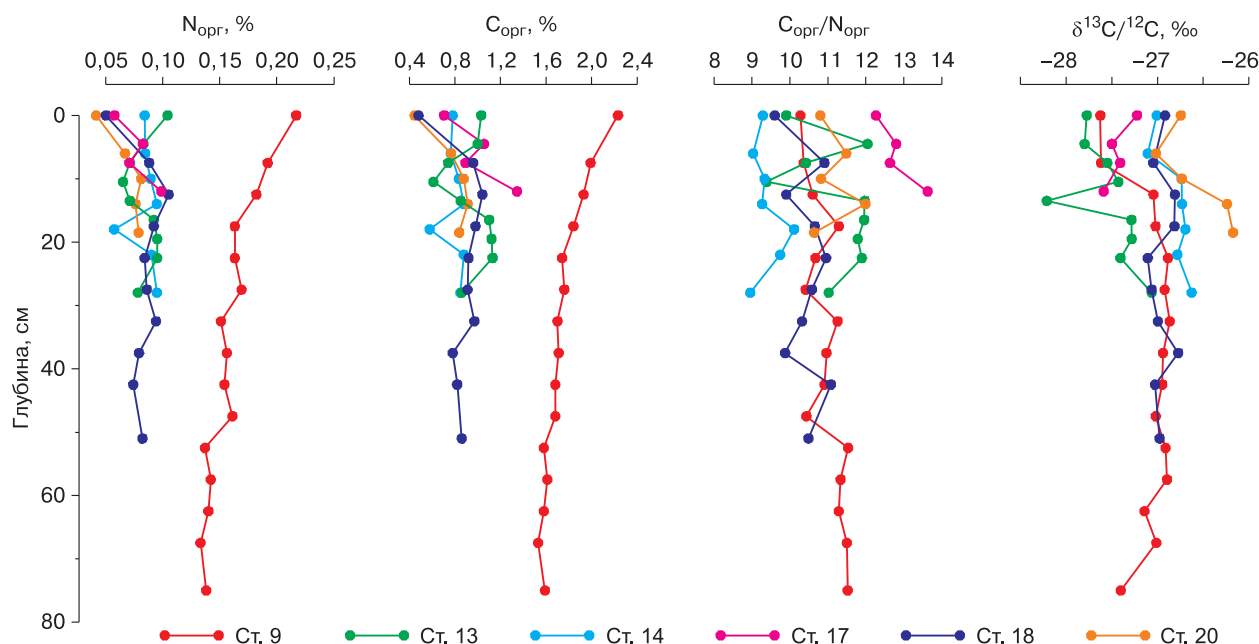


Рис. 1. Концентрации органического азота ( $N_{орг}$ ) и органического углерода ( $C_{орг}$ ), а также их отношения ( $C_{орг}/N_{орг}$ ) и изотопный состав углерода ( $\delta^{13}C/^{12}C$ ) в поверхностных донных осадках нижнего Енисея, Гыданской губы и шельфа Карского моря.

ставлены на рис. 1. Проанализировано 60 образцов донных осадков, включая шесть коротких кернов длиной от 18,5 до 75 см и 10 проб поверхностных отложений. В них определены концентрации органического углерода ( $C_{орг}$ ) и азота ( $N_{орг}$ ), а также изотопные отношения  $\delta^{13}C/^{12}C$  (обычно их обозначают  $\delta^{13}C$ ) относительно стандарта VPDB (Vienna Pee Dee Belemnite). Для анализа применяли метод газовой хроматографии с катарометрическим детектированием (элементный анализ, стандарт – ацетанилид, Euro Vector), стандартное отклонение не превышает 0,01 % для  $N_{орг}$  и 0,02 % для  $C_{орг}$ . Изотопные отношения определяли методом газовой изотопной масс-спектрометрии, стандартное отклонение при съемке вещества стандарта (лимонная кислота, Aldrich) не превышает 0,12 %.

Измеренные концентрации изменяются более чем на порядок: для  $N_{орг}$  – от 0,015 до 0,221 %, для  $C_{орг}$  – от 0,14 до 2,60 %. Эти величины  $C_{орг}$  близки к диапазону колебаний концентраций  $C_{орг}$  в осад-

ках юго-западной части Карского моря, который составляет от 0,13 до 2,10 % [Беляев и др., 2010]. Минимальные значения отмечены в поверхностных осадках пресноводной станции (ст.) 24, максимальные – в осадках морской станции 10 (см. рис. 1). На морских станциях из открытой акватории (ст. 7, 9, 10, 22) осадки представлены пелитовым материалом. Соответственно, концентрации обоих компонентов в них заметно выше, чем на пресноводных станциях. Например, в керне ст. 9 они более чем вдвое превышают концентрации в кернах из Гыданской губы (рис. 2). Исключение представляет морская станция 20, расположенная вблизи о. Сибирякова, в осадках которой значительна примесь песка. Высока доля песка и в осадках пресноводной станции 24, в них отмечены минимальные концентрации  $N_{орг}$  и  $C_{орг}$ . Эти результаты соответствуют литературным данным, согласно которым наибольшие концентрации  $C_{орг}$  характерны для пелитовых осадков сравнительно глубокой части Енисейского залива (до 1,85 % [Леин и др., 1996]) и в депоцентре фронтальной



**Рис. 2.** Вертикальные профили концентраций органических компонентов, отношение концентраций органического углерода и органического азота ( $C_{\text{орг}}/N_{\text{орг}}$ ) и изотопный состав углерода в донных осадках Гыданской губы и шельфа Карского моря.

зоны смешения речных и трансформированных морских вод (до 2,5–3,0 % [Кодина и др., 2009]).

Отношение концентрации органического углерода к концентрации органического азота ( $C/N$ ) в осадках позволяет в какой-то степени судить о генезисе органического вещества (ОВ) донных отложений. Значения  $C/N$  варьируют от 8,9 на ст. 24 до 13,5 на ст. 26, причем обе станции находятся на одном и том же Енисейском разрезе. Различия, по-видимому, обусловлены неоднородностью формирующихся здесь осадков. У левого берега река мельче, поэтому здесь аккумулируется выносимый осадочный материал; сказывается также смыв материала с болотистой территории Гыданского полуострова. Оба фактора приводят к усилению роли ОВ терригенного происхождения в составе осадков ст. 26, что подтверждает изотопный состав углерода (см. ниже). Низкое отношение  $C/N$  отмечено лишь на ст. 24, что, вероятно, связано с крайне малым (минимальным среди всех проб) содержанием в них как  $N_{\text{орг}}$  так и  $C_{\text{орг}}$ . На остальных станциях отношение  $C/N$  существенно выше (см. рис. 1, 2). Оно варьирует преимущественно между 10,0 и 11,5, указывая на заметный вклад терригенной составляющей в ОВ осадков. Высокое отношение  $C/N = 12,3$  отмечено на ст. 13, где, по-видимому, происходит накопление аллохтонных органических остатков, поступающих со стоком сравнительно многоводных рек Гыда и Юрибей, а также с водами окружающих болотистых территорий.

В вертикальном разрезе отложений из-за опережающего разложения азотсодержащих органических соединений отношение  $C/N$  обычно растет с глубиной горизонта. В исследованных ядрах такая закономерность прослеживается только на морской станции 9, расположенной в открытой акватории. Вероятно, она характеризуется стационарными условиями осадконакопления. В ядре ст. 9 происходит постепенное снижение содержания  $C_{\text{орг}}$  и  $N_{\text{орг}}$  с глубиной горизонта, а отношение  $C/N$  имеет слабую тенденцию к увеличению (см. рис. 2). Для всех остальных ядер вертикальные профили этих параметров не имеют какой-либо закономерности, что свидетельствует о случайных изменениях условий седиментации. В Гыданской губе они могут быть связаны с потоками терригенного осадочного материала, выносимого с речными водами и с болотистых берегов, а на морской станции 20 подобный материал может поступать с берегов близлежащего острова Сибирикова.

Максимальные и минимальные значения, характеризующие изотопный состав  $C_{\text{орг}}$  отмечены также в поверхностных осадках. Они меняются от  $-28,5$  ‰ в отложениях нижнего Енисея (ст. 26) до  $-26,2$  ‰ в осадках морского шельфа (ст. 20) (см. рис. 2), отражая характерный градиент  $\delta^{13}C$  по мере удаления в открытое море. Известно, что низкие величины  $\delta^{13}C$  типичны для ОВ наземного происхождения, однако в полярных регионах данные изотопии не позволяют однозначно судить о генезисе органического вещества [Кодина и др.,

2009]. Аналогичное значение  $\delta^{13}\text{C} = -28,7\text{‰}$  отмечено в осадках эстуарной зоны Карского моря в устье Оби [Кодина и др., 2001]. Тренд постепенного утяжеления изотопного состава углерода в осадках в зоне влияния Енисея (от  $-27,9\text{‰}$  в пресной воде эстуария до  $-22,4\text{‰}$  в открытом море [Кодина и др., 2009]) связывают с активностью гетеротрофных микроорганизмов в стратифицированной водной толще и заметным вкладом вторичной морской биологической продукции. В вертикальном разрезе отложений изотопный состав углерода меняется мало (см. рис. 2).

Таким образом, изучение содержания органических компонентов в донных осадках нижнего Енисея, Гыданской губы и Карского моря показало, что концентрации в них  $\text{C}_{\text{орг}}$  и  $\text{N}_{\text{орг}}$  определяются типом отложений и условиями седиментации. Отношения  $\text{C}/\text{N}$ , а также изотопный состав углерода указывают на снижение вклада терригенной компоненты в органическое вещество осадков по мере удаления в сторону открытого моря. Вертикальные профили изучаемых параметров свидетельствуют, что только на одной из исследованных станций, расположенной в акватории Карского моря, условия осадконакопления были стационарными. В районе Гыданской губы они менялись, что может быть обусловлено влиянием речного стока и стока с болотистых берегов.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ЛИН СО РАН А.А. Федотову и И.В. Томбергу за отбор проб донных осадков.

Работы поддержаны программой Президиума РАН № 20, проект 20.7. “Комплексные исследования Арктического шельфа. Криолитозона и Арк-

тический шельф в условиях меняющегося климата, стабильность экосистем и газовые гидраты, пути захоронения органического вещества”.

### Литература

- Беляев Н.А., Пересыпкин В.И., Поняев М.С.** Органический углерод воды, взвеси и верхнего слоя донных осадков западной части Карского моря // *Океанология*, 2010, т. 50, № 5, с. 748–757.
- Кодина Л.А., Люцарев С.В., Богачева М.П.** Изотопный состав органического углерода ледовой взвеси как показатель источника осадочного материала дрейфующего льда Арктики // *Опыт системных океанологических исследований в Арктике*. М., Науч. мир, 2001, с. 244–255.
- Кодина Л.А., Степанец О.В., Галимов Э.М.** Изотопная геохимия органического вещества и проблема радиоактивности Карского моря // *Система моря Лаптевых и прилегающих морей Арктики*. М., Изд-во Моск. ун-та, 2009, с. 122–136.
- Левитан М.А., Лаврушин Ю.А., Штайн Р.** Очерки истории седиментации в Северном Ледовитом океане и морях субарктики в течение последних 130 тыс. лет. М., ГЕОС, 2007, 404 с.
- Леин А.Ю., Русанов И.И., Саввичев А.С. и др.** Биогеохимические процессы циклов серы и углерода в Карском море // *Геохимия*, 1996, № 11, с. 1027–1044.
- Романкевич Е.А., Ветров А.А.** Потоки органического вещества в Арктических морях России // *Опыт системных океанологических исследований в Арктике*. М., Науч. мир, 2001, с. 227–243.
- Шахова Н.Е., Сергиенко В.И., Семилетов И.П.** Вклад Восточно-Сибирского шельфа в современный цикл метана // *Вестн. РАН*, 2009, т. 79, № 6, с. 507–518.

*Поступила в редакцию  
13 февраля 2011 г.*