

## РАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КУЛЬТИВИРУЕМОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА В РАЙОНАХ НИЖНЕГО ЕНИСЕЯ И ШЕЛЬФА КАРСКОГО МОРЯ

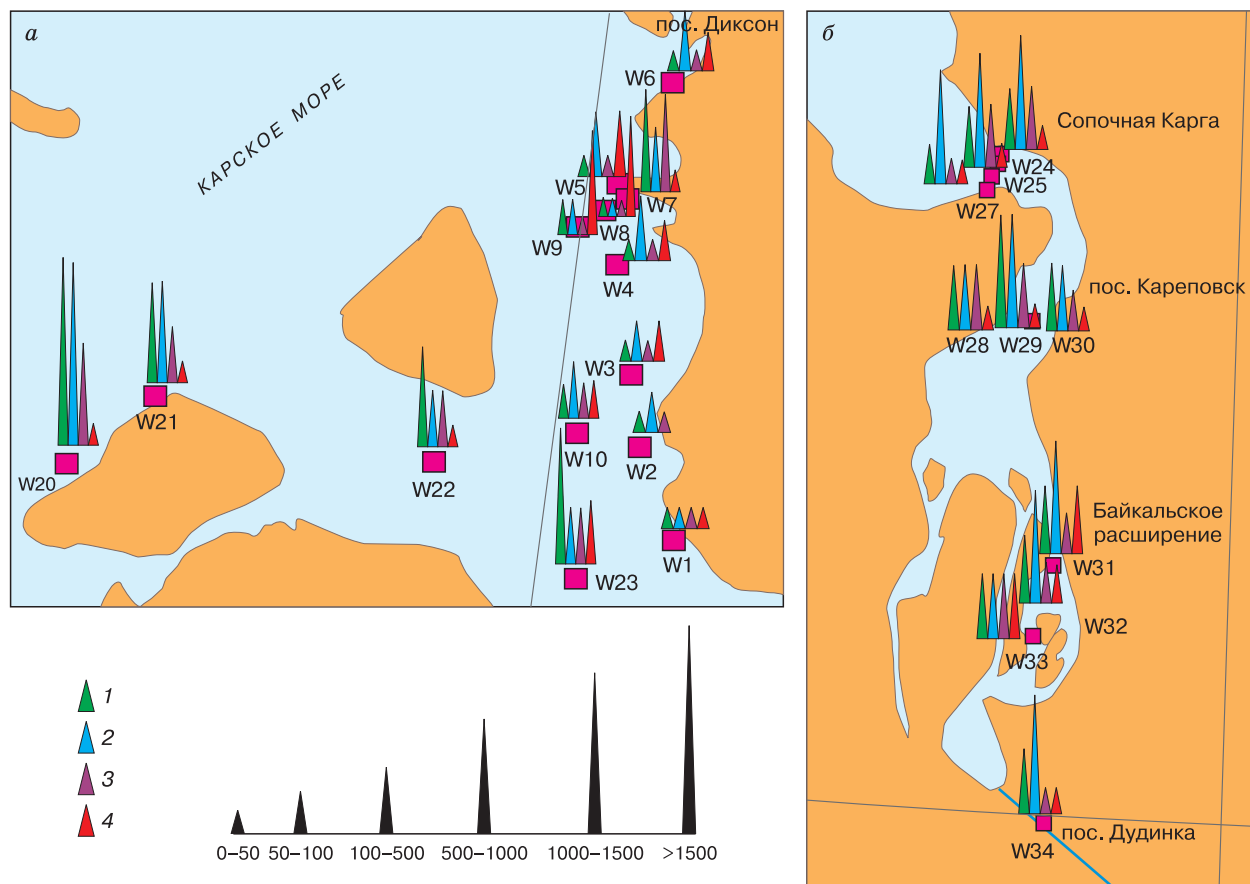
**М.Ю. Суслова, В.В. Парфенова, О.Н. Павлова, Т.Я. Косторнова, А.П. Федотов**

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

Представлены результаты микробиологических исследований Карского моря и низовьев Енисея. Изучены пробы воды и донных осадков, отобранные в августе–октябре 2009 г. Получены количественные характеристики численности следующих групп микроорганизмов: органотрофов, психрофилов, углеводородокисляющих микроорганизмов, спорообразующих бактерий рода *Bacillus* в водной толще и поверхностном слое донных осадков исследуемого района. На долю бацилл в органотрофном сообществе Карского моря приходилось 41,3 %, в р. Енисей – 54 %. Углеводородокисляющие микроорганизмы детектировали с помощью фильтрации, их численность была минимальной в Енисейском заливе и максимальной на полуразрезе пос. Диксон–о. Сибирякова. В донных осадках численность микроорганизмов по сравнению с водной толщей выше на два порядка, здесь доминирующей группой являются психрофилы.

В связи с расширением работ по разведке и освоению запасов углеводородов в акватории Арктического шельфа необходимость изучения структуры, активности микробного сообщества в биогеохимических процессах и криогенных образованиях экосистем Карского моря не вызывает сомнений.

Микробиологические исследования Карского моря впервые были начаты Б.Л. Исаченко и В.С. Буткевичем в 1935 г. [Исаченко, 1951; Буткевич, 1958]. Они установили наличие микроорганизмов, рассчитали их биомассу, отметили невысокое содержание сапрофитных бактерий в воде Карского моря ( $10^3$  до  $10^4$  кл/мл). Численность



**Распределение групп микроорганизмов в шельфе Карского моря (а) и в бассейне р. Енисей в поверхностной воде (б).**

Микроорганизмы: 1 – органотрофы, 2 – психрофилы, 3 – бациллы (КОЕ/мл); 4 – углеводородокисляющие микроорганизмы (КОЕ/100 мл). W1–W34 – номера станций.

сапрофитных бактерий, определенная А.Е. Криссом [1959, 1976], была близка к полученной ранее. Более высокие концентрации бактериальных клеток выявлены в юго-западной части Карского моря в 1981 г. [Теплинская, 1989]. Общая численность микроорганизмов (ОЧМ) в Карском море измерялась тысячами и десятками тысяч клеток (кл.) в 1 мл, что на порядок ниже, чем в других морях Арктического бассейна [Saliot et al., 1996]. В 1993 г. сотрудниками Института микробиологии РАН был исследован район Карского моря и стока крупных рек – Енисея и Оби [Мицкевич, Намсараев, 1994]. Установлено, что в морской части акватории общее содержание бактерий в воде колебалось от 2–3 до 250–280 тыс. кл. в 1 мл. Изучены микробиологические процессы круговорота углерода и серы. В 2001 г. был проведен количественный анализ ОЧМ и величин бактериальной продукции в акватории Карского моря, эстуариях Оби и Енисея [Meon, Amon, 2004]. Приоритет изучения углеводородокисляющих микроорганизмов

(УВОМ) в водах центральной Арктики принадлежит В.В. Ильинскому с коллегами, установившими, что количество УВОМ невелико – не более 1000 кл/л [Ильинский, 1995].

Цель данной работы – получение количественной характеристики численности групп микроорганизмов (органотрофы, психрофилы, углеводородокисляющие, спорообразующие бактерии рода *Bacillus*) в водной толще, поверхностном слое донных осадков шельфа Карского моря, Гыданского и Енисейского заливов.

Материалом исследования были пробы воды и донных осадков, отобранных в экспедиции в августе–октябре 2009 г. на теплоходе “Советская Арктика”. На шельфе Карского моря рассмотрены 13 станций (см. рисунок а), в районе залива и бассейна Нижнего Енисея – 11 (см. рисунок б).

В результате проведенных исследований установлено, что на шельфе Карского моря (см. рисунок а) на разрезе мыс Кузнецовский–пос. Диксон (W1–6) в культивируемом микробном сообществе

шестве доминируют психрофильные микроорганизмы, численность которых в среднем в четыре раза выше, чем органотрофных. Для шести рассмотренных станций установлено два типа распределения микроорганизмов. На станциях W1–3 отмечено увеличение численности психрофильных микроорганизмов в придонных слоях воды по сравнению с поверхностными, где она составила от 17 до 113 КОЕ<sup>1</sup>/мл, хотя температура воды менялась незначительно. В то же время на станциях W4–6, расположенных ближе к пос. Диксон, в поверхностных слоях воды численность психрофилов уменьшается с глубиной (от 191 до 34 КОЕ/мл), что обусловлено понижением температуры до 1,5 °С и повышением солености до 26,3 ‰ в придонных слоях. Количество органотрофных микроорганизмов не превышает 45 КОЕ/мл. Численность углеводородокисляющих микроорганизмов и бактерий рода *Bacillus* в пробах воды, отобранных на разрезе мыс Кузнецовский–пос. Диксон, также незначительна. Она варьирует в пределах 23–600 КОЕ/100 мл для УВОМ и 3–33 КОЕ/мл для бактерий рода *Bacillus* (с преобладанием данных групп микроорганизмов в придонных слоях воды). На станциях W7–9, 20–22, отобранных в шельфе Карского моря, и на станции W23, расположенной на входе в Енисейский залив (см. рисунок а), происходит смена структуры исследуемого микробного сообщества.

Обнаружено увеличение органотрофных микроорганизмов (до 2132 КОЕ/мл) по сравнению с другими группами микроорганизмов. Максимальная численность микроорганизмов для исследуемого района отмечена на станции W20, где доминируют органотрофные и психрофильные микроорганизмы (2132 и 2304 КОЕ/мл соответственно), а также бактерии рода *Bacillus* (686 КОЕ/мл) (см. рисунок а). В шельфе Карского моря УВОМ были детектированы в большом количестве в пробах воды на станциях W5, 7–9 с максимальным значением 1200 КОЕ/100 мл в придонной пробе W7 (см. рисунок а).

В водной толще р. Енисей активно развиваются психрофильные микроорганизмы (см. рисунок б), за исключением двух станций W28, 29 разреза пос. Кареповский–мыс Дорофеевский, где незначительно преобладали мезофильные органотрофы. Численность органотрофных микроорганизмов в среднем составила 408 КОЕ/мл, психрофилов – 550 КОЕ/мл. В культивируемом микробном сообществе выявлено преобладание представителей рода *Bacillus* – 54 % от органотрофного сообщества (см. рисунок б). Углеводородокисляющие микроорганизмы обнаружены во всех исследуемых поверхностных пробах воды на

разрезе Байкальского расширения в количестве 100, 200, 300 КОЕ/100 мл, в остальных пробах численность не превышала 30 КОЕ/100 мл (см. рисунок б).

Донные осадки были отобраны на пяти станциях шельфа Карского моря (W7, 9, 10, 20, 22) и на разрезе Сопочная Карга–мыс Нарзой (W24–26), где численность микроорганизмов по сравнению с водной толщей выше на два порядка – от 17 до 220 тыс. КОЕ/г. Значительны содержания в донных осадках психрофильных микроорганизмов и на шельфе (54,5–220 тыс. КОЕ/г), и в р. Енисей (54–73 тыс. КОЕ/г). Численность УВОМ в донных осадках шельфа в среднем составила 3,7 тыс. КОЕ/г, а в донных осадках бассейна р. Енисей на разрезе Сопочная Карга–мыс Нарзой всего 0,45 тыс. КОЕ/г.

По результатам анализа численности культивируемого микробного сообщества самыми малочисленными оказались пробы воды, отобранные на разрезе от Енисейского залива до пос. Диксон (W1–7), где численность органотрофных, психрофильных микроорганизмов и бактерий рода *Bacillus* не превышала 45, 191 и 33 КОЕ/мл соответственно. Максимальные численности этих групп микроорганизмов выявлены в Карском море между о. Олений–о. Сибирякова. Группа спорообразующих бактерий рода *Bacillus* в водной толще р. Енисей составляет 54 %, в донных осадках – 45,5 % от органотрофного сообщества, в Карском море – 41,3 и 41,1 % соответственно. При определении споровой формы в исследуемых пробах обнаружено, что в воде споры составляют в среднем 8 %, в донных осадках – 74 %. Таким образом, донные осадки служат аккумулятивным субстратом для сохранения спор. Максимум численности УВОМ отмечен в пробах воды шельфа Карского моря на станциях разреза пос. Диксон–о. Сибирякова – до 1200 КОЕ/100 мл. Постепенно содержание УВОМ снижалось и в пробах воды бассейна р. Енисей не превышало 30 КОЕ/100 мл. В донных осадках шельфа наблюдался рост численности всех изученных групп микроорганизмов по сравнению с речными осадками.

Таким образом, в изученном районе сформировано активное микробное сообщество, во всех пробах обнаружены микроорганизмы всех исследованных групп. Установлено, что в этих районах арктической зоны в культивируемом микробном сообществе доминируют психрофильные микроорганизмы, растущие при температуре 4–6 °С. Такая закономерность отмечена при распределении микроорганизмов в водной толще и в донных осадках, что связано как с низкотемпературными условиями района, так и со значительным количеством

<sup>1</sup> КОЕ – колониобразующая единица.

органического вещества, поступающего с речными водами. При этом создаются благоприятные условия для развития групп микроорганизмов: формируется зона интенсивного перемешивания пресных и морских вод с высокой степенью аккумуляции и деструкции органического вещества. Об этом можно судить по количеству и наличию микроорганизмов, участвующих в деструкции легкоусвояемого (органотрофы и психрофилы) и трудноразлагаемого органического вещества (спорообразующие и углеводородокисляющие микроорганизмы). Последние могут быть индикаторами поступления углеводов в водную толщу исследуемого района и показателями процесса самоочищения в экосистеме. Об этом свидетельствует и доминирование бактерий рода *Bacillus* – активных деструкторов трудноразлагаемых органических веществ, в том числе углеводов. Особенно выделяется район мыса Кузнецовского, где отмечено самое высокое содержание углеводородокисляющих микроорганизмов в водной толще. В настоящее время микробное сообщество криосферы изучено мало, и полученные данные стали началом работ по изучению разнообразия микробного сообщества исследуемого района, заполняющих этот пробел.

Работа выполнена в рамках программы Президиума РАН (проект 20.7).

## Литература

- Буткевич В.С.** Бактериальное население арктических морей и его распределение в воде и грунтах // Избр. труды. М., Изд-во АН СССР, 1958, т. II, с. 77–134.
- Ильинский В.В.** Бактериопланктон поверхностных вод Центральной Арктики в период календарной весны // Микробиология, 1995, т. 64, № 5, с. 696–704.
- Исаченко Б.Л.** Микробиологическая характеристика грунтов и воды Карского моря // Избр. труды. М.; Л., Изд-во АН СССР, 1951, с. 334–363.
- Крисс А.Е.** Морская микробиология (глубоководная). М., Изд-во АН СССР, 1959, 455 с.
- Крисс А.Е.** Микробиологическая океанография. М., Наука, 1976, 78 с.
- Мицкевич И.Н., Намсараев Б.Б.** Численность и распределение бактериопланктона в Карском море в сентябре 1993 г. // Океанология, 1994, т. 34, № 5, с. 704–708.
- Теплинская Н.Г.** Бактериопланктон и бактериобентос Карского моря // Экология и биоресурсы Карского моря. Апатиты, КНЦ АН СССР, 1989, с. 29–37.
- Meon B., Amon R.M.W.** Heterotrophic bacterial activity and fluxes of dissolved free amino acids and glucose in the Arctic rivers Ob, Yenisei and the adjacent Kara Sea // Aquat. Microb. Ecol., 2004, vol. 37, p. 121–135.
- Salot A., Cauwet G., Cahet G. et al.** Microbial activities in the Lena River delta and Laptev Sea // Mar. Chem., 1996, vol. 53, p. 247–254.

Поступила в редакцию  
27 февраля 2011 г.