

Л. А. Басова, П. П. Стрелков, Н. Ю. Филимонов

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ, СУЩЕСТВЕННЫХ ДЛЯ ЛИТОРАЛЬНОГО БЕНТОСА, В ГУБЕ КЕРЕТЬ И ПРОЛИВЕ УЗКАЯ САЛМА (Кандалакшский залив, Белое море)\*

«Малый рейд лежит перед устьем реки Керети и защищен от N островом Горелым, от востока – островом Средним. Длина его на SW около 1½ верст, ширина поменьше версты. Берега его со стороны острова Средний довольно приглубы, а от юга и запада отмели около материка простираются сажень на сто. Глубина среди рейда 6 и 10 сажень, грунт ил с песком и мелким камнем. В пролив от N (ширина которого около 80 сажень, между островами Средним и Горелым) глубина 5 сажень, грунт ил с камнем. Пролив, отделяющий остров Горелый от материка, мелок и каменист. Между островом Средним и южным материком ширина пролива от 60 до 100 сажень, длина на W1N 3 версты: берега высоки, лесисты и довольно приглубы: глубина от 4 сажень посреди пролива, к обоим его концам увеличивается до 10 сажень».

М. Ф. Рейнеке (1850)

**Введение.** Губа Кереть и ее окрестности – территория, непосредственно прилегающая к Морской биологической станции СПбГУ (о. Средний), где ведутся интенсивные гидробиологические исследования. Район подвержен воздействию стока р. Кереть, впадающей в кут одноименной губы. Исследования, проведенные в эстуарии р. Кереть, установили зависимость физиологических и популяционных особенностей бурой водоросли *Fucus vesiculosus* и улиток *Littorina saxatilis* и *L. obtusata* от солености [9, 10, 11]. В то же время градиент солености и сопряженных с ней факторов (например, концентрация органических веществ в грунте) в этой акватории подробно не охарактеризованы. Комплексные исследования динамики вод и взвеси в эстуарии р. Кереть были проведены Ю. С. Долотовым с соавторами [3]. Ими было описано вертикальное и горизонтальное распределение солености в губе. Данные по вертикальному распределению солености в эстуарии были также получены Н. А. Ивановой [4], изучавшей миграции мезопланктона. Однако эти сведения не позволяют в полной мере охарактеризовать среду обитания литоральных организмов, поскольку все гидрологические съемки производились на удалении от берегов.

Целью нашего исследования является оценка пространственной изменчивости среды обитания литоральных организмов в районе губы Кереть. В задачи работы входит изучение распределения солености и характеристик грунта (гранулометрический состав, содержание воды и органических веществ) в литоральной зоне губы Кереть и сопредельной акватории – проливе Узкая Салма.

**Материал и методика. Описание района исследования.** Губа Кереть (66°18'N 33°36'E) ориентирована с юго-запада на северо-восток, имеет треугольную форму (рис. 1). Длина губы – 2,5 км, ширина в районе устья – 1,2 км. Глубины в средней части достигают 10–14 м, северный берег более приглублен. Губа открывается в море двумя проливами – Узкой Салмой и Средней Салмой. Эти проливы с севера и юга омывают о. Средний. Есть еще третий, узкий безымянный пролив, который ведет в губу Лебяжью и далее – в пролив Подпахту. Длина пролива Узкая Салма – 4,5 км, ширина – 0,1–0,35 км. Глубины в Салме 3,3–30 м. Мористая часть пролива мелководнее приустьевой, северный берег более приглублен. Длительность полного приливно-отливного цикла в районе составляет 12 ч 40 мин, высота прилива колеблется от 1,4 до 2,6 м [6]. Илесто-песчаные пляжи являются доминирующим типом литорали в губе Кереть и проливе Узкая Салма. Средний годовой объем стока р. Кереть составляет

\* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 04-04-57808).

© Л. А. Басова, П. П. Стрелков, Н. Ю. Филимонов, 2004

0,742 км<sup>3</sup>, максимальный сток наблюдается в мае (0,130 км<sup>3</sup>/мес), минимальный – в феврале и марте (0,033 км<sup>3</sup>/мес). Ниже приведены среднемесячный и среднегодовой объемы (км<sup>3</sup>) стока р. Кереть в районе железнодорожной станции Кереть за 1931–1988 гг. по данным Санкт-Петербургского института гидрологии (<http://espejo.unesco.org.uy>).

| Янв.  | Фев.  | Март  | Апр.  | Май   | Июнь  | Июль  | Авг.  | Сент. | Окт.  | Нояб. | Дек.  | Среднегодовой |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| 0,040 | 0,033 | 0,033 | 0,037 | 0,130 | 0,098 | 0,086 | 0,060 | 0,057 | 0,066 | 0,054 | 0,048 | 0,742         |

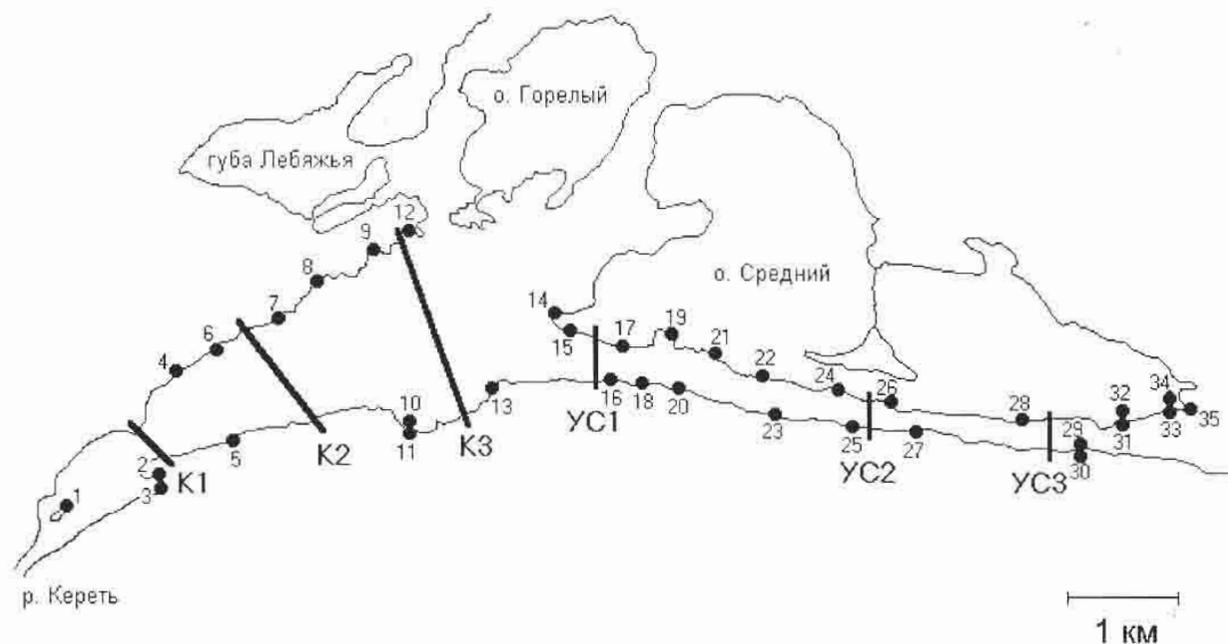


Рис. 1. Карта-схема района исследований.

Точками отмечены места взятия проб грунта и воды по отливу, линиями – разрезы, на которых проводились измерения солёности. Условные обозначения – см. текст.

**Методика изучения солёности.** Сбор проб для определения солёности на разных стадиях прилива проводился дважды – в период с 26 июня по 9 июля и в период с 16 по 18 августа 2003 г. Пробы воды отбирались при помощи батометра на трех разрезах в губе Кереть (K1 – 0,83, K2 – 1,70 и K3 – 2,65 км от устья реки) и на 3 разрезах в проливе Узкая Салма (YC1 – 3,60, YC2 – 5,18 и YC3 – 6,21 км от устья реки) (см. рис. 1). В пределах каждого разреза на противоположных берегах были выбраны две точки, абсолютная высота которых составляла +0,6 м от нуля глубин. В каждой точке было взято по шесть проб на разных стадиях приливо-отливного цикла. Первыми брали пробы по малой воде, последующие отбирались через 1, 2, 3, 4 и 5 ч после начала прилива. Таким образом, всякий раз пробы отбирались в придонном слое, непосредственно в месте обитания литорального бентоса. Высота прилива в период исследований составляла 1,8–2,1 м.

В течение летних сезонов 2001–2003 гг. на разном расстоянии от устья р. Кереть по отливу было дополнительно взято 30 проб воды для определения солёности. Пробы отбирались с глубины 0,1–0,2 м во всех точках, показанных на рис. 1, кроме точек 1, 2, 4, 12, 25. Солёность определялась с помощью ареометра.

**Методика изучения грунта.** В течение летних сезонов 2001–2003 гг. на разном расстоянии от устья р. Кереть было отобрано 35 проб грунта (рис. 1). Они отбирались с литорали по малой воде, в диапазоне глубин +0,3–+1,0 м; разные горизонты литорали на различных участках побережья были обследованы равномерно. В каждой точке грунт отбирался на глубину 0,1 м. Степень гидратации грунта (массовая доля воды) рассчитывалась как разница между массой сырого и высушенного при 60°C грунта, приведенная к массе сырого грунта. Гранулометрический состав грунта определялся путем промывки проб через почвенные сита диаметром 0,25, 1 и 5 мм. Соответственно всего было выделено четыре фракции грунта: 1) крупный гравий (больше 5 мм диаметром), 2) мелкий и средний гравий (1–5 мм), 3) крупный и средний песок (0,25–1 мм), 4) мелкий песок и алевро-пелит (меньше 0,25 мм). Все фракции высушивались до достижения постоянной массы, после чего оценивалась их весовая доля. Содержание в пробах органических веществ оценивалось как отношение потери массы грунта после прожигания при 500°C к исходной массе сухого грунта.

**Статистическая обработка данных.** Горизонтальный градиент солёности в Керетской губе и Узкой Салме изучался с помощью двухфакторного дисперсионного анализа. Эта методика позволила оценить, влияют ли

месяц сбора данных (июнь–июль, август) и расстояние от устья реки (губа Кереть, западная – приустьевая и восточная – мористая части пролива) на соленость поверхностного слоя воды во время отлива. Различие солёности воды у противоположных берегов проверялось на всех разрезах путем попарного сравнения значений, зафиксированных на противоположных точках разрезов на разных стадиях прилива (непараметрический критерий Уилкоксона, [8]). Зависимость характеристик грунта (содержание воды, органических веществ, массовые доли различных фракций) от расстояния до устья Керети оценивалась с помощью непараметрического коэффициента корреляции Спирмана [8]. Различие между противоположными берегами губы Кереть и пролива Узкая Салма по содержанию органических веществ в грунте проверялось путем усреднения данных по разным берегам и сравнения полученных средних значений с помощью критерия Манн-Уитни [8].

**Результаты исследований и обсуждение. Солёность.** Данные по солёности воды на разных стадиях прилива в июне и в августе 2003 г. приведены в табл. 1. На всех разрезах, по мере прилива, солёность возрастала, достигая максимума на стадии полной воды (рис. 2). По нашим данным, солёность в куту губы (на разрезе К1) практически не менялась в течение прилива и не поднималась выше 3 ‰ (рис. 2). В то же время на литорали кутовой части губы развиваются достаточно богатые по видовому составу биоценозы, включающие *Fucus vesiculosus*, *Macoma balthica*, *Mya arenaria*, *Nereis pelagica* и др., существование которых кажется невозможным при постоянном уровне солёности 2–3 ‰. Полученный результат, скорее всего, объясняется тем, что пробы в губе всякий раз отбирались при сильном нагонном ветре, который препятствовал оттоку речной воды в море. Старожилы деревни Кереть, расположенной в устье реки, отмечают, что при нагонном ветре вода в губе у деревни пресная и пригодна для питья, а при сгонном – нет.

Таблица 1. Данные по солёности воды (‰) в губе Кереть и проливе Узкая Салма на разных стадиях прилива в июне и в августе 2003 г.

| Месяц  | Точка          | Разрезы |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |
|--------|----------------|---------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|
|        |                | К1      |       | К2   |       | К3   |       | УС1  |       | УС2  |       | УС3  |      |
|        | Час прилива    | Берег   |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |      |
| Север  |                | Юг      | Север | Юг   | Север | Юг   | Север | Юг   | Север | Юг   | Север | Юг   |      |
| Июнь   | 0 (малая вода) | 1,0     | 1,0   | 1,0  | 1,0   | 1,0  | 2,0   | 3,8  | 3,5   | 2,0  | 2,9   | 4,0  | 3,0  |
|        | 1              | 1,0     | 1,0   | 1,0  | 1,0   | 1,8  | 2,0   | 3,7  | 3,0   | 2,0  | 2,9   | 3,9  | 5,4  |
|        | 2              | 1,0     | 1,0   | 1,0  | 1,0   | 3,0  | 2,0   | 3,7  | 3,0   | 2,7  | 2,9   | 8,8  | 8,8  |
|        | 3              | 1,0     | 1,0   | 1,0  | 1,7   | 3,0  | 2,0   | 4,0  | 4,0   | 11,6 | 16,2  | 19,8 | 19,6 |
|        | 4              | 1,0     | 1,0   | 8,4  | –     | 3,8  | 2,0   | 3,8  | 4,0   | 16,6 | 16,0  | 23,4 | 23,4 |
|        | 5              | 2,0     | 1,0   | –    | –     | –    | –     | 6,2  | 6,5   | 16,6 | 17,0  | 23,4 | 23,0 |
| Август | 0 (малая вода) | 0,5     | 0,5   | 1,0  | 2,9   | 2,9  | 3,3   | 15,0 | 13,9  | 13,6 | 14,2  | 12,6 | 12,1 |
|        | 1              | –       | –     | 1,3  | 2,6   | 2,6  | 3,2   | 15,6 | 13,8  | 13,8 | 14,2  | 14,3 | 14,3 |
|        | 2              | 0,4     | 1,1   | 1,2  | 2,1   | 3,5  | 3,4   | 14,1 | 14,7  | 14,3 | 14,4  | 15,3 | 15,1 |
|        | 3              | –       | –     | 1,4  | –     | –    | –     | 15,5 | 15,2  | 14,9 | 14,3  | 24,0 | 22,9 |
|        | 4              | 0,5     | 1,3   | 2,9  | 3,6   | 18,7 | 11,9  | 18,7 | 20,1  | 15,6 | 15,3  | 22,8 | 23,0 |
|        | 5              | 0,2     | 0,8   | 18,3 | 16,2  | 19,9 | 13,5  | 20,1 | 20,0  | 19,3 | 18,4  | 23,5 | 23,3 |

Солёность возрастала по мере удаления от устья реки, эта закономерность сохранялась на всех стадиях прилива (рис. 3).

Средняя солёность воды во всех точках Узкой Салмы оказалась выше в августе, чем в июне (см. рис. 2, 3). Скорее всего, это связано с заметным снижением мощности стока р. Кереть в течение лета (как показано выше) от 0,098 км<sup>3</sup>/мес в июне до 0,060 км<sup>3</sup>/мес в августе. В пределах разрезов достоверных различий между значениями солёности у противоположных берегов не выявлено (см. рис. 2, 3).

Данные по солёности поверхностного слоя воды во время отлива подтверждают выявленные закономерности – при помощи дисперсионного анализа показано статистически значимое влияние времени сбора проб и удаленности от устья реки на значения солёности; в первой половине лета солёность в целом ниже, чем во второй.

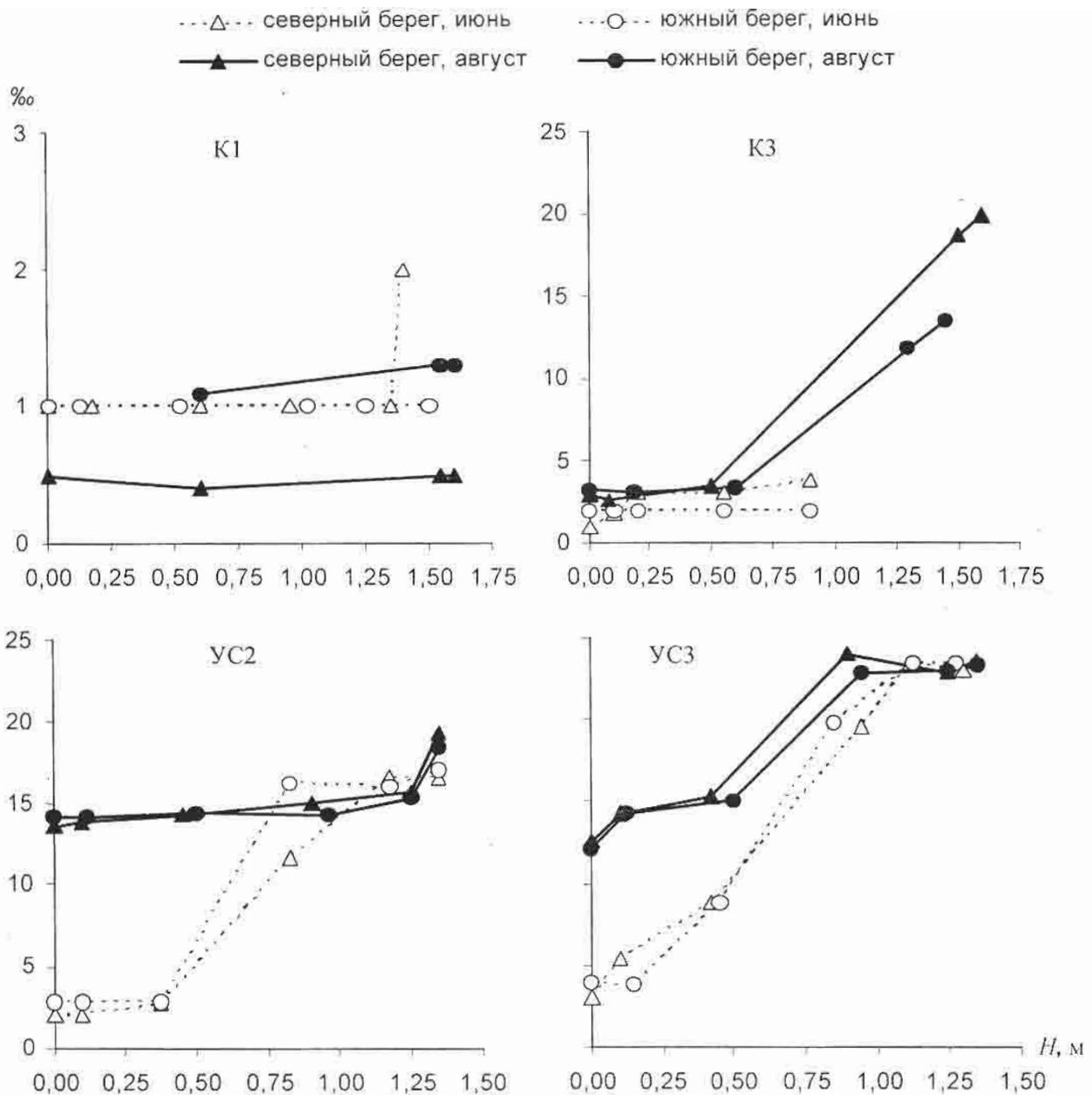


Рис. 2. Изменение солёности по мере прилива на глубине +0,6 м в разных точках губы Кереть и пролива Узкая Салма.

К1, К3, УС2 и УС3 – разрезы.  $H$  – высота подъема воды.

**Характеристики грунта.** Почти все характеристики грунта демонстрируют достоверные корреляции друг с другом и с расстоянием от устья реки (табл. 2). В частности, массовая доля фракции мелкого песка и алевро-пелита в грунте положительно коррелирует с содержанием в грунте органических веществ и отрицательно с расстоянием от устья реки (табл. 2, рис. 4). По всей видимости, осаждение взвешенных в речной воде алевритовых и песчаных зерен происходит за счет резкого снижения скорости несущего потока из реки при попадании в море. Известно, что в эстуариях в результате смешения речных и морских вод осаждаются почти все взвешенные в речной воде вещества [5]. В районе наших исследований это явление наблюдали Ю. С. Долотов и соавторы [3]: согласно их данным, по ме-

ре удаления от устья реки  
чительно уменьшается.

Таблица 2. Корреляции (коэффициенты корреляции Спирмана) между характеристиками грунта и расстоянием от устья р. Кереть в губе Кереть и проливе Узкая Салма

| $n=35$              | Расстояние от устья | %H <sub>2</sub> O | % > 5 мм     | % 1–5 мм     | % 0,25–1 мм  | % < 0,25 мм | % орг. |
|---------------------|---------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------|
| Расстояние от устья | 1,00                |                   |              |              |              |             |        |
| %H <sub>2</sub> O   | <b>-0,72</b>        | 1,00              |              |              |              |             |        |
| % > 5 мм            | 0,35                | <b>-0,41</b>      | 1,00         |              |              |             |        |
| % 1–5 мм            | <b>0,45</b>         | <b>-0,54</b>      | <b>0,60</b>  | 1,00         |              |             |        |
| % 0,25–1 мм         | <b>0,65</b>         | <b>-0,54</b>      | <b>0,42</b>  | <b>0,53</b>  | 1,00         |             |        |
| % < 0,25 мм         | <b>-0,59</b>        | <b>0,62</b>       | <b>-0,68</b> | <b>-0,76</b> | <b>-0,88</b> | 1,00        |        |
| % орг.              | <b>-0,47</b>        | <b>0,54</b>       | 0,05         | -0,25        | <b>-0,43</b> | <b>0,39</b> | 1,00   |

Примечание.  $n$  – количество выборок, орг. – органические вещества. Жирным шрифтом выделены статистически значимые коэффициенты корреляции ( $p < 0,05$ , без поправки на множественность теста).

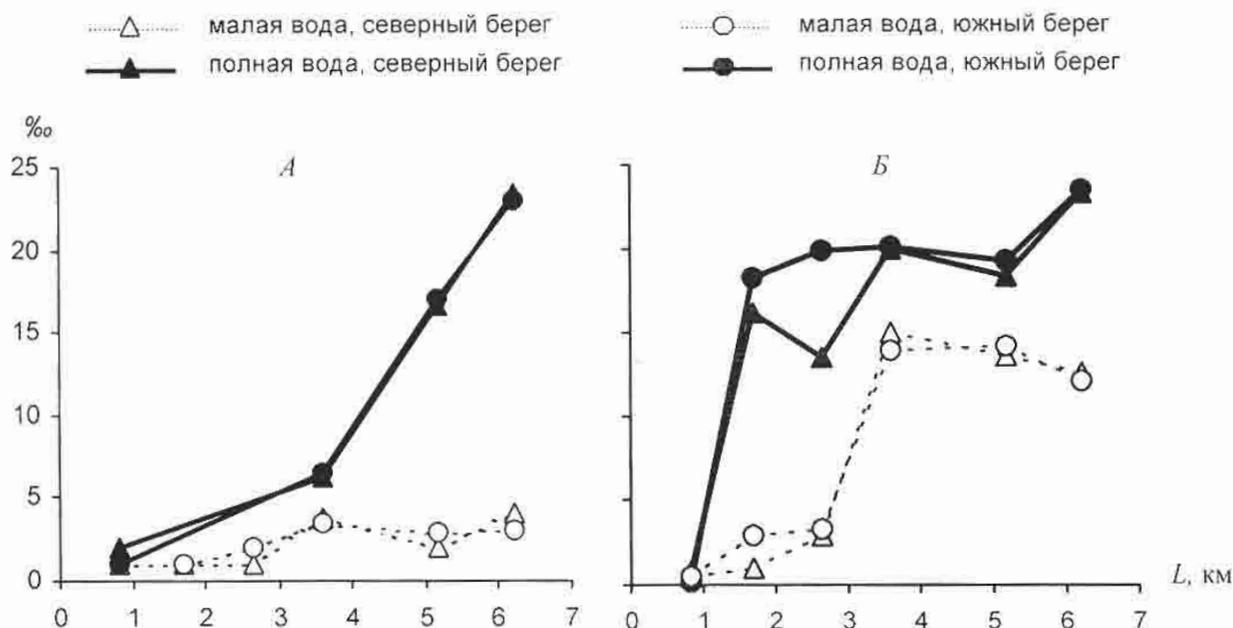


Рис. 3. Зависимость солености в июне (А) и в августе (Б) на противоположных берегах губы Кереть и пролива Узкая Салма при малой воде и через 5 ч после начала прилива на расстоянии от устья р. Кереть. L – расстояние от устья реки (то же для рис. 4, 5).

Содержание органических веществ в грунте снижается по направлению от кута губы к мористой части Салмы (минимальное значение 0,42 % в точке 25, максимальное – 3,83 % в точке 3) (табл. 2, рис. 5). При этом наиболее богатыми органическими веществами оказались пробы грунта с южного берега губы (рис. 5). Скорее всего, это связано с тем, что под действием силы Кориолиса сток Керети сносится к правому берегу губы. В то же время нам не удалось продемонстрировать это явление на данных по солености, вероятно, вследствие текущих метеорологических условий (см. выше). Известно, что основным фактором, способствующим осаждению органических веществ, привносимых речным стоком, является коагуляция взвешенных частиц под воздействием электролита – морской воды. Дополнительное количество органического вещества в куттовую часть губы может вносить речной

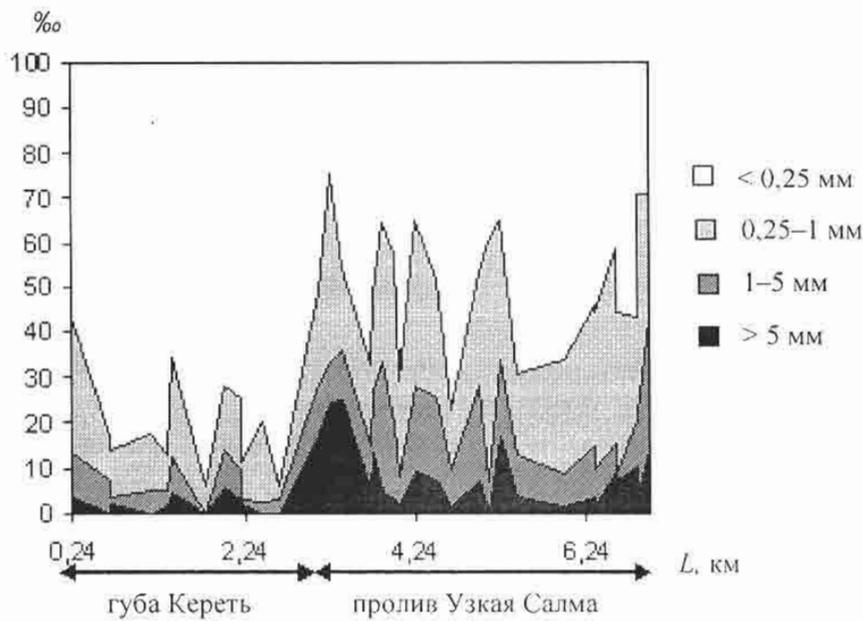


Рис. 4. Процентное соотношение разных гранулометрических фракций в грунте на литорали губы Кереть и пролива Узкая Салма.

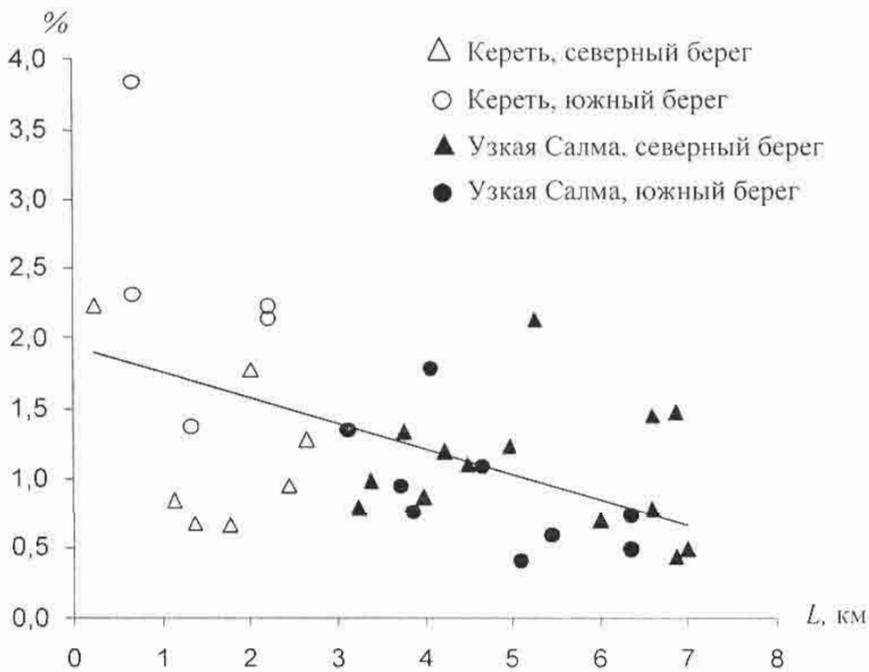


Рис. 5. Зависимость содержания органических веществ в литоральном грунте губы Кереть и пролива Узкая Салма от расстояния от устья р. Кереть.

галофобный планктон, который погибает, попадая в соленую воду [5].

**Заключение.** Распределение солёности, гранулометрического состава грунта, а также содержания в грунте органических веществ в районе губы Кереть подчиняется закономерностям, общим для эстуариев [1, 2]. В частности, по мере удаления от устья Керети, в местах обитания литоральных организмов, снижается массовая доля мелких фракций и органических веществ в грунте, а также возрастает солёность. Солёность в литоральной зоне, помимо расстояния от устья реки, зависит от стадии приливно-отливного цикла, времени года, силы и направления

ветра, а также, вероятно, от гидрологического режима других проливов, не охваченных нашим исследованием. Для интерпретации гидробиологических данных важны не только абстрактные представления о гидрологическом режиме акваторий, но и конкретные данные об условиях обитания организмов в конкретных местах. Поэтому, не претендуя на всеобъемлющую гидрологическую характеристику Керети и Узкой Салмы, мы надеемся, что полученные нами данные будут востребованы гидробиологами.

Авторы благодарны М. В. Иванову, А. А. Пржиборо, И. В. Примакову, А. Э. Фатееву, С. В. Багрову, С. Г. Слюсареву и Д. А. Никулинскому за помощь в работе.

*Статья рекомендована проф. А. И. Грановичем*

## Summary

*Basova L. A., Strelkov P. P., Filimonov N. Y.* The distribution of some environmental factors significant for littoral benthos in the Keret inlet and the Uzкая Salma straight (The White Sea, Kandalaksha Bay).

Our study is devoted to some hydrological peculiarities of the Keret inlet and the neighboring Uzкая Salma straight intertidal zone (The White Sea, Kandalaksha Bay) in summer. Near-bottom salinity at different tide stages, granulometric composition of silt-sandy beaches, water and organic substances content in the sediment were estimated. The farther from the river Keret mouth our samples were taken, the less quantity of organic substances and fine particles were in the sediment and the higher salinity was observed. Near-bottom salinity in Keret and Uzкая Salma intertidal zone depends not only on the distance from the river mouth but also on the tidal stage, season, wind strength and direction and probably hydrological conditions of the other straights not included in our study.

## Литература

1. *Артемьев В. Е.* Геохимия органического вещества в системах река–море. М., 1993.
2. *Бабков А. И.* Гидрология Белого моря. СПб., 1998.
3. *Долотов Ю. С., Коваленко В. Н., Лифшиц и др.* О динамике вод и взвеси в эстуарии р. Кереть (Карельское побережье Белого моря) // *Океанология*. 2002. Т. 42, № 5, С. 765–774
4. *Иванова Н. А.* Суточная динамика вертикального распределения зоопланктонных организмов в эстуарии реки Кереть (Кандалакшский залив, Белое море) // *Материалы V научного семинара «Чтения памяти К. М. Дерюгина»*. СПб., 2003. С. 45–70.
5. *Лисицын А. П.* Маргинальный фильтр океанов // *Океанология*. 1994. Т. 34, № 5. С. 735–747.
6. *Лоция Белого моря*. М., 1995.
7. *Рейнеке М. Ф.* Гидрографическое описание северного берега России, составленное капитан-лейтенантом М. Рейнеке в 1833 г. Ч. 1. Белое море. СПб., 1850.
8. *Рунион Р.* Непараметрическая статистика. М., 1982.
9. *Соколова И. М.* Влияние солености на скорость роста и выживаемость молоди брюхоногого моллюска *Littorina saxatilis* из местообитаний с различным соленостным режимом // *Биология моря*. 2000. Т. 26, № 6. С. 405–409.
10. *Соколова И. М., Гранович А. И., Сергиевский С. О.* Фенотипическая структура эстуарных популяций *Littorina saxatilis* (Olivi) и *L. obtusata* (L.) в Белом море // *Популяционные исследования беломорских моллюсков*. СПб., 1995. С. 119–140.
11. *Ruuskanen A., Bäck S.* Morphological changes in submerged *Fucus vesiculosus* (L.) (Phaeophyta) along the salinity gradient of the River Keret estuary (Russia) // *Sarsia*. 2002. Vol. 87. P. 85–88.

Статья поступила в редакцию 17 июня 2004 г.