

УДК 58.01/.07

*С.С. Малавенда, Д.Г. Комаркова***ЛИТОРАЛЬНЫЕ ФИТОЦЕНОЗЫ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ**

Исследованы структурные особенности литоральных фитоценозов защищенных от прибоя участков литорали Кандалакшского залива. Исследование проводили в губе Чупа в районе ББС «Картеш», в губе Княжая и в портовой зоне г. Кандалакши. Во всех изученных фитоценозах доминирует *Fucus vesiculosus*, субдоминантом является *Ascophyllum nodosum*. Видовое разнообразие и биомасса макрофитов существенно снижаются в условиях хронического загрязнения. Основными абиотическими факторами, оказывающими наибольшее влияние на биомассу фитоценозов Кандалакшского залива является характер, грунта и наличие или отсутствие антропогенного загрязнения. Определяющим фактором для развития эпифитов в сообществе макроводорослей является концентрация биогенов. Наименьшее видовое разнообразие отмечено в губе Княжая, где обитают только галотолерантные виды. Было выделено 17 уязвимых видов и 8 устойчивых видов макрофитов к антропогенному загрязнению.

*Ключевые слова:* Кандалакшский залив, Белое море, литоральные макроводоросли, фитоценоз, загрязнение, характер грунта.

В последнее 20 лет особое внимание уделяется Карельскому берегу Кандалакшского залива как перспективному району для развития хозяйственной деятельности, в первую очередь марикультуры, туризма.

На западном побережье бассейна Белого моря донная растительность хорошо развита, поскольку берега сильно изрезаны, имеется большое количество каменистых отмелей хорошо защищенных от прибоя, способствующих развитию водорослей, в том числе промысловых бурых [1].

Хорошо исследован флористический состав макрофитобентоса Кандалакшского залива [2-4]. Флора района насчитывает 79 видов водорослей, в основном это группы бурых и красных водорослей: приблизительно по 40 % от общего числа видов. Такое соотношение характерно для флоры морей аркто-бореальной зоны.

Плотность и распределение макрофитов были описаны [1; 5; 6], но данные параметры весьма изменчивы, особенно под антропогенным влиянием. Так, например, при изучении литоральных фитоценозов Кольского залива Баренцева моря было выявлено упрощение видовой структуры, снижение видового разнообразия эпифитов. Определены наиболее устойчивые к антропогенному воздействию в условиях высоких широт виды макрофитов [7].

Цель данной работы – определить структурные особенности литоральных фитоценозов защищенных от прибоя участков литорали Кандалакшского залива.

**Материалы и методы исследования**

Исследования проводились в губе Чупа в районе ББС «Картеш» (бухты Левая, Круглая, Сельдяная) в июне 2012 и 2013 гг. Также в сентябре 2014 г. были отобраны пробы в губе Княжая и в портовой зоне г. Кандалакши (рис. 1).

Отбор проб производили на всех горизонтах литорали в трехкратной повторности, рамкой 0,5×0,5 м, методом вертикальных трансект. Дополнительно были отобраны и обработаны качественные пробы для уточнения данных о видовом составе [8]. Образцы водорослей идентифицировали с помощью классических определителей: А.Д. Зинова [9-11], Л.П. Перестенко [12], К.Л. Виноградова [13-17], а также проводили сравнение с современной систематической базой данных Algaebase [18].

Прибойность оценивали в баллах по шкале Гурьяновой [19] (табл. 3).

Грунт описывали визуально. Соленость и температуру определяли непосредственно во время изъятия биологического материала, а также использовали данные литературы [20].

Для анализа влияния абиотических факторов, проводили однофакторный дисперсионный анализ ANOVA в пакете PAST с уровнем значимости 95 % для каждого фактора отдельно. Анализ сходства видового состава в пробах выполняли с применением индекса Брея–Куртиса в программном пакете PAST. В качестве показателя погрешности использовали доверительный интервал.

Районы исследования были условно поделены на экологически чистые и подверженные антропогенному влиянию (табл. 1).



Рис. 1. Район исследования

Таблица 1

## Характеристика участков отбора проб

| Станция                    | Прибойность | Грунт                       | Соленость, % | Температура воды, °С | Характер антропогенного влияния |
|----------------------------|-------------|-----------------------------|--------------|----------------------|---------------------------------|
| б. Левая                   | II-III      | Валуны, песок               | 20–24        | +10/+15              | Нет                             |
| б. Круглая                 | IV          | Песок, отдельные валуны     | 20–22        | +10/+15              | Нет                             |
| б. Сельдяная               | IV          | Песок, ил, отдельные валуны | 20–22        | +10/+15              | Нет                             |
| Кандалакша (портовая зона) | IV          | Песок, ил, отдельные валуны | 25–24        | +10/+15              | Судоходство, токсины            |
| Губа Княжая                | IV          | Песок, ил, отдельные валуны | 10–24        | +10/+13              | Бытовые стоки                   |

## Результаты и их обсуждение

В результате исследования были получены данные по биомассе отдельных видов и фитоценозов в целом, а также проведен анализ пространственной структуры, видового состава и влияния основных абиотических факторов на водорослевые сообщества.

**Видовое богатство и обилие видов.** Наибольшая биомасса фитоценозов отмечена в исследованных бухтах губы Чупа (экологически чистые районы), а наименьшая – в участках, подверженных хроническому загрязнению (в портовой зоне г. Кандалакши и губе Княжая) (табл. 2).

Во всех районах исследования по биомассе доминирующим видом является *Fucus vesiculosus* L., доля его в фитоценозах колеблется от 51 до 99 %. Он образует обширные заросли на верхнем и среднем горизонтах литорали и нередко встречается на нижнем. Вторым по значимости является *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, он, как правило, образует крупные заросли на среднем горизонте литорали во всех изученных районах, кроме губы Княжая, доля его в фитоценозах достаточно стабильна и колеблется в пределах от 22 до 33 % по биомассе. На нижнем горизонте литорали среди зарослей *F. vesiculosus* и *A. nodosum* встречается *Fucus distichus* L. В Белом море не образует крупных скоплений, обитает на нижнем горизонте литорали и на сублиторали. Для *F. distichus* Белое море является самой юго-западной границей ареала обитания, по литературным данным его биомасса в Белом море не превышает 2 кг/м<sup>2</sup> [5], в нашем исследовании максимальная биомасса отмечена только в б. Левая (0,6 кг/м<sup>2</sup>), доля его в исследованных фитоценозах не превышает 9 % (табл. 2).

Биомасса эпифитов во всех районах исследования незначительна, доля эпифитов в сообществе колеблется от 0,1 до 2,3 %. Наименьшая биомасса эпифитов отмечена в губе Княжая, наибольшая – в бухте Круглая (табл. 2). Развитию эпифитов способствуют высокие концентрации биогенов и благоприятный термохалинный режим. Понижение солёности в губе Княжая до 10 промилле является лимитирующим фактором для подавляющего большинства видов микроводорослей. Биомасса эпифитов в бухте Круглая вдвое превышает средние значения других участков Кандалакшского залива. По-видимому, экспериментальные установки по выращиванию мидий, расположенные в бухте Круглая, оказывают благотворное влияние на развитие эпифитного сообщества. Аналогичный результат был получен на побережье Черного моря [22].

Таблица 2

## Биомасса фитоценозов, доля доминирующих видов и эпифитов

| Станция      | В, кг/м <sup>2</sup> | <i>F. vesiculosus</i> |      | <i>A. nodosum</i> |      | <i>F. distichus</i> |     | эпифиты           |      |
|--------------|----------------------|-----------------------|------|-------------------|------|---------------------|-----|-------------------|------|
|              |                      | кг/м <sup>2</sup>     | %    | кг/м <sup>2</sup> | %    | кг/м <sup>2</sup>   | %   | кг/м <sup>2</sup> | %    |
| б. Левая     | 6,4 ± 2,3            | 3,4 ± 1,2             | 50,5 | 2,3 ± 0,7         | 33,5 | 0,6 ± 0,4           | 8,8 | 0,08 ± 0,05       | 1,25 |
| б. Круглая   | 3,7 ± 1,5            | 2,8 ± 0,8             | 75,4 | 0,8 ± 0,5         | 22,2 | 0,01 ± 0,01         | 0,1 | 0,09 ± 0,07       | 2,3  |
| б. Сельдяная | 8,8 ± 2,5            | 6,3 ± 1,9             | 71,8 | 1,8 ± 1,1         | 22,4 | 0,4 ± 0,3           | 4,1 | 0,14 ± 0,06       | 1,5  |
| Кандалакша   | 1,1 ± 0,35           | 0,8 ± 0,2             | 69,6 | 0,3 ± 0,2         | 27,3 | 0,02 ± 0,02         | 1,9 | 0,01 ± 0,01       | 1,2  |
| Губа Княжая  | 0,5 ± 0,1            | 0,4 ± 0,1             | 99,9 | 0                 | 0    | 0                   | 0   | 0,005 ± 0,005     | 0,1  |

Результаты дисперсионного анализа показывают, что ведущими факторами, обуславливающими биомассу исследуемых водорослевых сообществ, являются температура, солёность, тип грунта и загрязнение, однако с наибольшей вероятностью влиянием обладают тип грунта и загрязнение, которые, по-видимому, являются определяющими. На число видов в фитоценозе оказывают влияние загрязнение и степень прибойности (табл. 3).

Таблица 3

## Результаты дисперсионного анализа

| Фактор              | Параметр | F            | df    | p            |
|---------------------|----------|--------------|-------|--------------|
| Тип грунт           | <b>B</b> | <b>5,474</b> | 4,121 | <b>0,077</b> |
| Температура         |          | <b>41,59</b> | 4,51  | 0,001        |
| Солёность           |          | <b>27,28</b> | 7,035 | 0,001        |
| Степень прибойности |          | 0,031        | 4,128 | 0,867        |
| Загрязнение         |          | <b>4,564</b> | 4,51  | <b>0,091</b> |
| Тип грунта          | <b>N</b> | 3,332        | 4,306 | 0,137        |
| Температура         |          | 2,791        | 4,208 | 0,133        |
| Солёность           |          | 6,083        | 7,969 | 0,038        |
| Степень прибойности |          | <b>7,026</b> | 4,052 | 0,056        |
| Загрязнение         |          | <b>15,2</b>  | 4,208 | 0,015        |

**Пространственная структура и видовой состав.** Согласно нашим исследованиям, для литорали Кандалакшского залива характерен пояс фукоидов с различными эпифитами, приуроченный к камням. Под покровом фукусовых растут представители красных, зеленых и бурых водорослей.

В губе Чула на верхнем горизонте литорали во всех трех бухтах доминирующим видом является *F. vesiculosus*. На среднем горизонте бухты Сельдяная произрастают *F. vesiculosus* и *A. nodosum*. Вторым ярусом на среднем горизонте – *F. lumbricalis*. На нижнем горизонте смешанные заросли образуют *F. distichus* и *F. serratus*. Нижний ярус под зарослями фукусов образуют *A. plicata* и *P. palmata*. В устье бухты субдоминанты более разнообразны, чем в куту. На фукоидах кутовой части бухты эпифитируют *R. riparium*. Всего было выявлено 17 видов.

В бухте Левая было обнаружено 13 видов. На среднем горизонте нижним ярусом произрастают представители красных водорослей: *A. plicata* и *D. ramentacea*. В кутовой части на нижнем ярусе

среднего горизонта доминирует *C. rupestris*. Нижний горизонт во всех частях бухты представлены *F. distichus* и *F. serratus*.

В бухте Круглая выявлено 12 видов. На нижнем горизонте кустовой части бухты под зарослями *F. distichus* располагается *C. rupestris*. На фукусах эпифитирует *R. implexum*.

В губе Княжая преобладает грунт из ила и песка. *F. vesiculosus* произрастает на редких валунах. Отдельно прикрепляется *U. intestinalis*.

В районе г. Кандалакши грунт также представлен илом, песком и редкими валунами. На верхнем горизонте произрастает *F. vesiculosus*. Средний и нижний горизонты представлены разряженными зарослями *F. vesiculosus* и *A. nodosum*. Вторым ярусом располагается *U. intestinalis*. На нижнем горизонте встречается *Chorda filum*. На фукусовых произрастают *R. riparium* и *Pylaiella littoralis*.

Всего было идентифицировано 25 видов макроводорослей (табл. 4).

Таблица 4

#### Видовой состав литоральных фитоценозов Карельского берега

| Названия видов                                      | Губа Чупа |            |              | Губа Княжая | Кандалакша |
|---|-----------|------------|--------------|-------------|------------|
|   | б. Левая  | б. Круглая | б. Сельдяная |             |            |
| <i>Anhfeltia plicata</i> (Hudson) Fries             | +         | +          | +            |             |            |
| <i>Ascophyllum nodosum</i> (L.) Le Jolis            | +         | +          | +            |             | +          |
| <i>Blidingia chadefaudii</i> (Feldmann) Bliding     |           | +          |              |             |            |
| <i>Blidingia minima</i> (Nägeli ex Kützing) Kylin   |           | +          | +            |             |            |
| <i>Chorda filum</i> (L.) Lamouroux                  | +         |            |              |             | +          |
| <i>Cladophora rupestris</i> (L.) Kützing            | +         | +          |              |             |            |
| <i>Cladophora sericea</i> (Hudson) Kützing          |           |            | +            |             |            |
| <i>Coccotylus truncatus</i> (Pallas) Wynne et Heine |           | +          |              |             |            |
| <i>Devaleraea ramentacea</i> (L.) Guiry             | +         |            |              |             |            |
| <i>Dictiosiphon foeniculaceus</i> (Hudson) Greville | +         | +          | +            |             |            |
| <i>Ectocarpus siliculosus</i> (Dillwyn) Lyngbye     |           |            |              |             |            |
| <i>Elachista fucicola</i> (Vellay) Areschoug        |           |            | +            |             | +          |
| <i>Fucus distichus</i> L.                           | +         | +          | +            |             | +          |
| <i>Fucus serratus</i> L.                            | +         |            | +            |             |            |
| <i>Fucus vesiculosus</i> L.                         | +         | +          | +            | +           | +          |
| <i>Furcellaria lumbricalis</i> (Hudson) Lamouroux   | +         |            | +            |             |            |
| <i>Palmaria palmata</i> (L.) Weber et Mohr          |           |            | +            |             |            |
| <i>Pylaiella littoralis</i> (L.) Kjellman           |           |            |              |             | +          |
| <i>Polysiphonia arctica</i> J. Agardh               | +         | +          | +            |             |            |
| <i>Polysiphonia fucooides</i> (Hudson) Greville     |           | +          | +            |             |            |
| <i>Vertebrata lanosa</i> (L.) Christensen           |           |            | +            |             |            |
| <i>Polyides rotundus</i> (Gmelin) Greville          |           | +          | +            |             |            |
| <i>Rhizoclonium riparium</i> (Roth) Harvey          | +         | +          | +            |             | +          |
| <i>Rodomela confervoides</i> (Hudson) Silva         | +         |            | +            |             |            |
| <i>Ulva intestinalis</i> L.                         |           |            |              | +           |            |

При сравнении полученных результатов с видовыми списками, полученными в работе [4], проведенной в 2009–2011 гг., обнаружены изменения в литоральной флоре. Так, например, в бухте Левая обнаружен вид *Polysiphonia arctica*, произрастающий на литорали, отмеченный ранее на сублиторали л. Виченная. Также обнаруженная на сублиторали Керетских луд *F. lumbricalis* отмечена на литорали бухт Левая и Сельдяная. В бухтах Сельдяная и Круглая отмечен *Polyides rotundus*, встреченный ранее только в б. Медвежья и Керетских л. В б. Круглая были обнаружены виды *Coccotylus truncatus* и *Blidingia chadefaudii*. При сравнении районов исследования был выделен ряд видов, которые мы отнесли к уязвимым, так как они не встречаются в районах, подверженных антропогенной нагрузке.

Всего было выделено 18 уязвимых видов и 7 устойчивых. Уязвимые виды являются однолетними водорослями, в основном произрастающими на нижнем горизонте литорали. Большинство из них – красные и зеленые водоросли.

По результатам кластерного анализа можно выделить три основные видовые группировки (рис. 2). Можно предположить, что основным абиотическим фактором, влияющим на подобное видовое распределение, является тип грунта. В бухтах Круглая, Сельдяная и в портовой зоне г. Кандалакши (группировка 2) грунт представлен илесто-песчаным пляжем с вкраплением камней и валунов, что обеспечивает высокое разнообразие со сходными видовыми группировками. В бухте Левая, несмотря на высокую видовую представленность, группировка видов значительно отличается от видов, обитающих в бухтах Круглая, Сельдяная и в портовой зоне г. Кандалакши, поскольку литораль бухты Левая каменистая, с крупными валунами. В губе Княжая – минимальное видовое разнообразие водорослей.

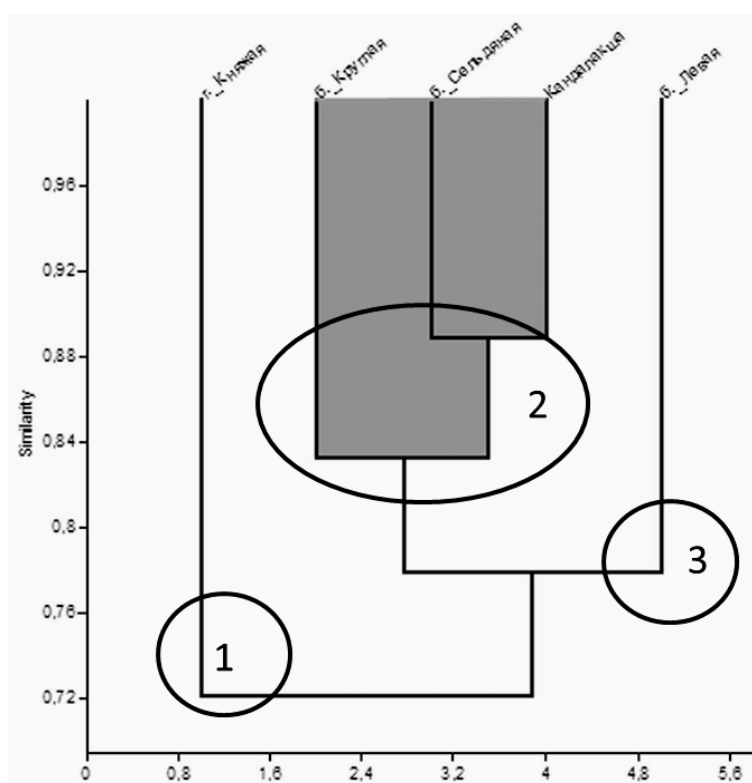


Рис. 2. Видовые группировки

## Заключение

На литорали западного берега Кандалакшского залива в фитоценозах доминирует *Fucus vesiculosus*, его доля в биомассе сообществ варьирует от 50 до 99 %. Субдоминантом является *Ascophyllum nodosum*, его доля в исследуемых сообществах колеблется от 22 до 33 %.

Видовое разнообразие и биомасса макрофитов существенно снижаются в условиях хронического загрязнения: в экологически чистой губе Чупа выявлено 25 видов макроводорослей и только 8 – в загрязненном горле Кандалакшского залива. Губа Княжая представляет собой переходную эстуарную экосистему, где литоральная растительность представлена двумя галотолерантными видами (*Fucus vesiculosus* и *Ulva intestinalis*).

Биомасса эпифитов колеблется от 0,1 до 2,3 %. Определяющим фактором для развития эпифитов в сообществе макроводорослей является концентрация биогенов.

Основными абиотическими факторами, оказывающими наибольшее влияние на биомассу фитоценозов Кандалакшского залива, являются характер грунта и наличие или отсутствие антропогенного загрязнения. На число видов в фитоценозах также влияют антропогенное загрязнение и степень прибойности. Характер грунта обеспечивает формирование разных флористических группировок в исследованных районах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинова Е.И. Водоросли-макрофиты и травы морей европейской части России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура). М.: Изд-во ВНИРО, 2007. 114 с.
2. Болдунан М.М. Атлас-определитель макрофитов Белого моря. М.: Дъдь Михъй и ОК, 2011. 162 с.
3. Флора и фауна Белого моря: иллюстрированный атлас / под ред. А.Б. Цетлина, А.Э. Жадан, Н.Н. Марфенина. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2010. 471 с.
4. Смирнова Н.Р., Михайлова Т.А. Морские водоросли-макрофиты, обитающие в районе морской биологической станции СПбГУ // Вестн. Санкт-Петербургского ун-та. Сер. 3: Биология. 2013. № 2. С. 12-22.
5. Кузнецов В.В. Белое море и биологические особенности его флоры и фауны. Изд-во: АН СССР, 1960. 332 с.
6. Возжинская В.Б. Донные макрофиты Белого моря. Наука, 1986. 190 с.
7. Малавенда С.С., Комракова Д.Г., Малавенда С.В. Изменения структуры литоральных фитоценозов Мурмана при антропогенном воздействии // Вестн. МГТУ. Т. 16, № 3. 2013. С. 486-492.
8. Блинова Е.И. Вертикальное распределение и количественный учет макрофитов Айновских островов (Баренцево море). М.; Л.: Наука, 1965. С. 41-56.
9. Зинова А.Д. Определитель бурых водорослей северных морей СССР. М.; Л.: Изд. АН СССР, 1953. 224 с.
10. Зинова А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. М.; Л.: Наука, 1967. 399 с.
11. Зинова А.Д. Определитель красных водорослей северных морей СССР. М.; Л.: Наука, 1955. 220 с.
12. Перестенко Л.П. Род *Ascospionia* J. Ag. на Мурманском побережье (Баренцево море) // Новости систематики низших растений. 1965. С. 50-64.
13. Виноградова К.Л. Запасы литоральных водорослей Мурмана // Тр. ММБИ. 1964. Т. 5 (9). С. 37-40.
14. Виноградова К.Л. Определитель водорослей дальневосточных морей СССР. Зеленые водоросли. Л.: Наука, 1979. 147 с.
15. Виноградова К.Л. Род *Cladophora* Kütz. в северных морях СССР // Новости систематики низших растений. 1988. Т. 25. С. 31-38.
16. Виноградова К.Л. Роды *Chaetomorpha* Kütz. и *Rhizoclonium* Kütz. (Siphonocladales) в северных морях СССР // Новости систематики низших растений. 1986. Т. 23. С. 13-25.
17. Виноградова К.Л. Ульвовые водоросли (Chlorophyta) морей СССР. Л.: Наука, 1974. 168 с.
18. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galwayhttp://www.algaebase.org (дата обращения: 22.09.2015).
19. Гурьянова Е.Ф., Закс И.Г., Ушаков П.В. Литораль Кольского залива // Тр. Ленингр. общ-ва естествоисп. 1930. Т. 60, № 2. С. 17-107.
20. Скарлато О.А., Бергер В.Я. Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. Часть 1. Сер. Исследование фауны морей. Вып. 42 (50). СПб.: Изд-во ЗИН РАН, 1995. 249 с.
21. Миничева Г.Г. Показатели поверхности водорослей в структурно-функциональной оценке макрофитобентоса (на примере северо-западной части Черного моря): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Севастополь, 1989. 20 с.

Поступила в редакцию 07.10.15

**S.S. Malavenda, D.G. Komarkova**

#### LITTORAL ALGAL COMMUNITIES OF KANDALAKSHA BAY OF THE WHITE SEA

The paper investigates the structural features of the intertidal self-protected phytocenoses of the littoral regions of the Kandalaksha Bay. The study was conducted in the Chupa Gulf near BBS "Kartesh", Knyazhaya Gulf and porting area of Kandalaksha. In all studied plant communities the dominant species is *Fucus vesiculosus*, the subdominant is *Asco-phylum nodosum*. Species diversity and biomass of macrophyte significantly reduces under chronic pollution. The main abiotic factors having the greatest impact on the bio-mass of phytocenoses of Kandalaksha Bay are the nature of soil and the presence or absence of anthropogenic pollution. The determining factor for the development of epiphytic macroalgae in the community is the concentration of nutrients. The lowest species diversity is observed in the Knyazhaya Gulf, inhabited by Halotolerant species only. In total 17 vulnerable species and 8 species of macrophytes resistant to anthropogenic pollution have been allocated.

**Keywords:** Kandalaksha Bay, White Sea, littoral macroalgae, phytocenosis, pollution, nature of soil.

Малавенда Сергей Сергеевич,  
кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии  
E-mail: msergmstu@yandex.ru

Комракова Дарья Геннадиевна, аспирант  
E-mail: komrakovadasha@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»  
183010, Россия, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13

Malavenda S.S., Candidate of Biology,  
Associate Professor, at Department of Biology  
E-mail: msergmstu@yandex.ru

Komarkova D.G., postgraduate student  
E-mail: komrakovadasha@mail.ru

Murmansk State Technical University  
Sportivnaya st., 13, Murmansk, Russia, 183010