

осетровых в норме и при расслоении мышечной ткани (кумулятивный политоксикоз). - М., 1990. - 25-44.

Материалы к государственному докладу о состоянии окружающей природной среды РФ за 1996 г. по Астраханской области / Под общ. ред. Ю.С. Чуйкова. - 1997. - 148 с.

**Расс Т.С., Казанова И.И.** Методическое руководство по сбору икринок, личинок и молоди рыб. - М., 1966. - 140 с.

**Романов А.А., Федорова Н.Н., Дубовская А.В.** Морфофункциональные нарушения жаберного эпителия осетровых рыб Волго-Каспия в природных условиях // Цитология. - 1998. - Т.40. - № 6. - С.529-535.

**Романов А.А., Алтуфьев Ю.В.** Новообразования в половых железах и печени осетровых рыб (Acipenseridae) Каспийского моря / Вопр. ихтиологии. - 1990. - Т. 3. - Вып. 6. - С. 1040-1044.

**Ромейс Б.** Микроскопическая техника. - М., 1954. - 648 с.

**Хорошко В.И., Попова О.В., Васильева Л.М.** Эколого-токсикологическая обстановка в восточной части Северного Каспия // Осетровое хозяйство водоемов СССР: Краткие тез. науч. докл. к предстоящему всесоюз. совещ. (ноябрь 1989 г.). - Астрахань, 1989. - Ч.1. - С. 331-332.

**Шагаева В.Г., Никольская М.П., Акимова Н.В., Марков К.П., Никольская Н.Г.** Исследование раннего онтогенеза волжских осетровых (Acipenseridae) в связи с антропогенным воздействием // Вопр. ихтиологии. - 1993. - Т. 33. - № 2. - С. 230-240.

УДК 576.8(26)

## ГЕТЕРОТРОФНАЯ МИКРОФЛОРА МИКРОБНЫХ ЦЕНОЗОВ ВОДЫ ЗАЛИВОВ СЕВЕРО-ВОСТОКА САХАЛИНА

*Полтева А. В., Латковская Е. М.,  
Сахалинский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии, г. Южно-Сахалинск*

Исследованы группы гетеротрофных микроорганизмов микробиоценозов воды заливов Пильтун, Чайво, Ныйский, Набиль, Луньский в летне-осенний период 1996-2000 годов. Определена численность сапрофитных гетеротрофных бактерий, участвующих в разложении легкодоступных органических соединений; морских гетеротрофов, развивающихся в условиях соленой воды; нефтеокисляющих и фенолрезистентных микроорганизмов. Численность двух последних групп микроорганизмов коррелировала с содержанием углеводородов и фенолов в водах и донных отложениях заливов. По численности сапрофитных микроорганизмов заливы можно отнести к олигомезотрофным водоемам.

Groups of heterotrophic microorganisms of the water microbiocenoses from the bays Piltun, Chaivo, Nyisky, Nabil, Lunsy have been studied during the summer-autumn period in 1996-2000. The following numbers were estimated: saprophyte heterotrophic bacteria, involving in decomposition of the ready organic compounds; marine heterotrophic organisms, developing in the salt-water conditions; petroleum-oxidizing and phenol-resistant microorganisms. Numbers of the last two groups of microorganisms correlated with the content of hydrocarbons and phenols in waters and bottom sediments of the bays. By the number of saprophyte microorganisms the bays can be related to oligo-mesotrophic water bodies.

Характерной особенностью северо-восточного побережья Сахалина является развитие заливов лагунного типа, самыми крупными из которых являются заливы Пильтун, Чайво, Ныйский, Набиль и Луньский. Они представляют собой мелководные (средняя глубина 1-1,5 м) высокопродуктивные водоемы. Здесь обитают, нерестятся и нагуливаются многие виды промысловых рыб (лососи, сельдь, камбалы, навага). В то же время вокруг заливов и на их берегах с начала века ведется добыча нефти и газа.

Сочетание рыбного промысла, с одной стороны, разнообразной хозяйственной деятельности, с другой стороны, и особенности природных условий вызывают интерес к состоянию экосистем заливов и выявлению механизмов поддержания их нормального функционирования. Поэтому получить представление о качестве среды в заливах северо-востока Сахалина представлялось нам крайне актуальным.

При оценке качества природных вод используются различные микробиологические показатели. Показатель общей численности микроорганизмов менее информативен при изучении экологического состояния водоемов, так как при одних и тех же количественных характеристиках можно наблюдать преобладание различных физиологических групп в структуре микробного сообщества, которые характеризуют существующее состояние водоема с точки зрения происходящих в нем процессов. Особое внимание в таких исследованиях уделяется гетеротрофному компоненту микробных сообществ, как выполняющему основные функции в энергетическом балансе водных экосистем и играющему основную роль в процессах самоочищения водоемов. Показатели численности этой группы гетеротрофных микроорганизмов, наряду с численностью санитарно-показательной микрофлоры, стоят в ряду основных биологических критериев, применяемых для контроля уровня загрязнения и оценки качества природных вод (ГОСТ, 1977; Жукинский и др., 1981; Краткий обзор..., 1978; Обзор экологического состояния..., 1990).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Микробиологические исследования были проведены в заливах Ныйский, Пильтун, Луньский, Набиль, Чайво. Отбор проб проводился в летне-осенний период с июня по сентябрь в 1996-2000 гг.: Набиль (3 станции), Чайво (3 станции) - сентябрь 1998 года; Пильтун (2 станции) - июнь-июль 1999 года; Луньский (1 станция) - июль 2000 года; Ныйский (3-7 станций) - август 1996-го, сентябрь 1998-го, июнь-июль 1999-го, июль 2000 года во время экспедиций лаборатории прикладной экологии СахНИРО. В работе также использовали данные обработки проб, которые выполняли в ДВГУ (Димитриева Г. Ю.) по заказу СахНИРО.

Пробы воды для микробиологических исследований отбирали стерильными пластиковыми шприцами на глубине 50 см с соблюдением общепринятых в водной микробиологии методов. Высев на питательные среды осуществляли методом предельных разведений с пересчетом выросших колоний на 1 мл воды. Физиолого-биохимические свойства бактерий изучали согласно разработанным для водных микроорганизмов рекомендациям (Практикум..., 1976; Родина, 1965; Лабинская, 1978).

Сапрофитные гетеротрофные бактерии, участвующие в разложении органических соединений, определяли на рыбо-пептонном агаре (РПА), морские гетеротрофы - на модифицированной среде Йошимизу-Кимура (Yochimizu M., Kimura T., 1976).

Для фенолрезистентных бактерий применяли агаризованную среду, содержащую минеральный фон и 1 г/л монофенола в качестве единственного источника углерода,

для углеводородоокисляющих – агаризованную среду минерального состава с добавлением сырой нефти в концентрации 1 г/л. Посевы инкубировались при температурах 20- 24°С в течение 2-14-21 суток.

Пробы воды для химического анализа отбирали согласно РД 52.24.353-94, донных отложений – Р 52.10.556-95. Анализы проб воды в зависимости от солености проводили согласно Руководству... (1977) и РД 52.10.243-93.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании микробных ценозов заливов северо-восточной части о. Сахалин нами были изучены следующие группы микроорганизмов-гетеротрофов: сапрофитные гетеротрофные бактерии, участвующие в разложении легкодоступных органических соединений, растущие на РПА; морские гетеротрофы, развивающиеся при солености, характерной для морской воды; углеводородоокисляющие и фенолрезистентные микроорганизмы.

Численность сапрофитных гетеротрофных бактерий, указывающих на наличие в воде легкодоступной органики, колебалась по заливам в пределах 0,11-131 тыс. кл/мл (таблица 1).

Таблица 1

**Численность микроорганизмов в поверхностной воде заливов северо-востока Сахалина**

| Место отбора проб               | Группы микроорганизмов, тыс. кл/мл |                            |                          |                          |
|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                 | сапрофиты                          | морские гетеротрофы        | нефте-окисляющие         | фенол-резистентные       |
| Ныйский залив:<br>1996, август  | <u>1-10</u><br>4                   | -                          | <u>0,1-10</u><br>1,0     | 0,1                      |
| 1998, сентябрь                  | <u>0,2-28,8</u><br>11,17           | <u>2,2-88,8</u><br>40,74   | -                        | <u>0,22-19,6</u><br>9,34 |
| 1999, июль                      | <u>0,84-71,8</u><br>12,31          | <u>0,45-53</u><br>8,54     | <u>0,41-22</u><br>5,18   | <u>0,44-32</u><br>5,4    |
| 2000, июль                      | <u>0,12-0,44</u><br>0,25           | <u>0,06-0,69</u><br>0,41   | <u>0,1-0,7</u><br>0,44   | <u>0,06-0,58</u><br>0,32 |
| Залив Пильтун,<br>1999, июль    | <u>3,49-131</u><br>67,2            | <u>2,18-70,4</u><br>36,3   | <u>1,79-3,78</u><br>2,77 | <u>1,73-55</u><br>28,4   |
| Залив Чайво:<br>1998, сентябрь  | -                                  | <u>2,92-1340</u><br>840,97 | -                        | <u>0,62-4,6</u><br>2,62  |
| Залив Набиль,<br>1998, сентябрь | <u>33,4-42,6</u><br>37,3           | <u>24-1340</u><br>808      | -                        | <u>12,2-32</u><br>22,1   |
| Луньский залив,<br>2000, июль   | 4,4                                | 3,50                       | -                        | 1,0                      |

\* **Примечание.** В числителе – минимальные и максимальные значения численности, в знаменателе – среднее значение численности, – не определено.

В Ныйском заливе минимальная численность этой группы была отмечена в 2000 году – 0,12 тыс.кл/мл, максимальная в 1999 году – 71,8 тыс.кл/мл, средние значения численности составляли по годам: 1996-й – 4 тыс.кл/мл, 1998-й – 11,17 тыс.кл/мл, 1999-й – 12,31 тыс.кл/мл, 2000-й – 0,25 тыс.кл/мл. Средняя численность этой группы микроорганизмов в водах заливов Пильтун и Набиль была одного порядка - 67,2

тыс.кл/мл и 37,3 тыс.кл/мл соответственно. В пробе воды из залива Луньский численность сапрофитов составила 4,4 тыс.кл/мл. В целом численность сапрофитных бактерий хорошо согласовывалась со значениями гидрохимических параметров, особенно со значениями БПК и содержанием биогенных веществ, а также содержанием общего органического вещества в донных осадках заливов (таблица 2). В ней приведены некоторые гидрохимические параметры поверхностного слоя воды в заливах северо-востока Сахалина за 1999-2000 гг.

Таблица 2

**Гидрохимические показатели поверхностного слоя воды в заливах северо-востока Сахалина**

| Залив               | Показатель | t, °C | s, ‰  | pH    | O <sub>2</sub> , мг/л | БПК <sub>5</sub> , мг/л | P-PO <sub>4</sub> , мкг/л | Хлорофилл, мкг/дм <sup>3</sup> | Взв. в-во, мг/л |
|---------------------|------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Луньский<br>2000 г. | ср.        | 13,30 | 20,91 | 8,21  | 13,04                 | 4,66                    | 21,64                     | 2,93                           | 15,33           |
|                     | ст.        | 2,83  | 6,94  | 0,21  | 2,49                  | 3,59                    | 13,57                     | 2,52                           | 15,02           |
|                     | мин.       | 7,80  | 1,60  | 7,62  | 10,15                 | 1,49                    | 3,00                      | 0,39                           | 4,20            |
|                     | макс.      | 22,90 | 27,40 | 8,76  | 16,73                 | 12,58                   | 41,50                     | 7,08                           | 56,20           |
| Ныйский<br>1999 г.  | ср.        | 13,30 | 18,89 | 10,74 | 10,25                 | 1,57                    | 21,43                     | 5,70                           | 27,37           |
|                     | ст.        | 5,14  | 9,96  | 1,05  | 1,38                  | 1,58                    | 7,55                      | 3,12                           | 33,55           |
|                     | мин.       | 4,65  | 0,57  | 8,20  | 7,60                  | 0,00                    | 7,70                      | 1,25                           | 0,00            |
|                     | макс.      | 19,51 | 30,73 | 11,80 | 12,96                 | 4,82                    | 32,00                     | 12,33                          | 171,27          |
| Пильтун<br>1999 г.  | ср.        | 16,66 | 4,58  | 5,91  | 8,71                  | 6,50                    | 20,84                     | 4,90                           | 33,34           |
|                     | ст.        | 3,06  | 7,12  | 0,78  | 1,23                  | 1,99                    | 16,03                     | 3,01                           | 33,35           |
|                     | мин.       | 9,40  | 0,00  | 4,55  | 5,70                  | 3,23                    | 0,00                      | 1,00                           | 0,00            |
|                     | макс.      | 23,60 | 27,08 | 7,10  | 11,10                 | 8,87                    | 56,70                     | 12,18                          | 101,67          |
| Набиль<br>1999 г.   | ср.        | 15,18 | 4,96  | 6,10  | 6,26                  | 2,91                    | 72,33                     | -                              | 42,73           |
|                     | ст.        | 3,68  | 4,79  | 3,08  | 0,60                  | 1,14                    | 29,24                     | -                              | 28,36           |
|                     | мин.       | 8,07  | 0,00  | 0,00  | 5,48                  | 1,67                    | 34,00                     | -                              | 9,00            |
|                     | макс.      | 22,70 | 15,68 | 8,60  | 7,12                  | 4,40                    | 112,00                    | -                              | 36,00           |

Содержание в водах заливов органических веществ было, видимо, определяющим фактором, влияющим на численность микроорганизмов – гетеротрофов, так как средние температуры за исследованный период в заливах были достаточно сравнимы: Ныйский – 15°С, 11,3°С, 11,6°С, 13,4°С в 1996, 1998, 1999 и 2000 годах соответственно; Чайво – 13,8°С (1998); Пильтун – 14,5°С (1999). Пониженная температура была отмечена в заливе Набиль – 6°С (1998), однако средняя численность сапрофитов была здесь достаточно высокой (см. табл. 1). Соотношение численности сапрофитов и повышенное содержание Сорг. как в воде, так и в грунте, может свидетельствовать об активных процессах деструкции органического вещества. Например, в заливе Набиль количество Сорг. в поверхностном слое ДО от 0,3 до 45 мг/г сух. массы, заливе Ныйском – от 0,2 до 60 мг/г (в зависимости от типа грунта).

Численность бактерий, выросших на среде Йошимицу-Кимура, характеризует ту часть микробного сообщества вод залива, которая адаптирована к развитию в морской воде или в водах с градиентом солености. Минимальные и максимальные показатели численности этой группы гетеротрофных организмов в заливах различаются на несколько порядков, также как и у сапрофитных гетеротрофов. Минимальные и максимальные значения составили по заливам 0,06 тыс.кл/мл и 1340 тыс.кл/мл. Средние значения численности морских гетеротрофов по заливам составили (тыс.кл/мл): Ныйский – 40,74, 8,54, 0,41 в 1998, 1999 и 2000 годах соответственно, Пильтун – 36,3 (1999), Чайво – 840,97 (1998), Набиль – 808 (1998), Луньский – 3,5 (2000) (см. табл. 1).

Показатели численности данных микроорганизмов, развивающихся при незначительных концентрациях органического вещества в воде, говорят о том, что доля этих микроорганизмов в микробных сообществах заливов была значительной и активно участвовала во внутриводоемных обменных процессах. В ходе изучения было также отмечено, что численность морских гетеротрофов в приливных водах выше, чем в отливных, что может быть использовано в прикладных исследованиях, при изучении особенностей поступления и распространения морских вод в заливы.

Фенольные соединения относятся к наиболее распространенным загрязняющим веществам, поступающим в водоемы, как правило, в результате активной хозяйственной деятельности человека. Однако огромное разнообразие фенольных соединений образуется в естественных условиях в процессе жизнедеятельности гидробионтов при микробиологической деструкции и трансформации аллохтонных и автохтонных органических соединений, происходящих как в толще воды, так и в донных отложениях (Кондратьева, 2000). Концентрации фенолов в водных экосистемах изменяются по сезонам и различаются по своему содержанию в поверхностных и придонных слоях воды (Саралов и др., 1979). Существуют локальные зоны с высоким содержанием фенольных соединений. К ним относятся илистые донные отложения и участки с интенсивным развитием водорослей и макрофитов. Последнее является характерным для большинства исследованных заливов, где имеются обширные поля морской травы zostеры *Zostera marina*. Кроме того, для заливов характерно наличие большого количества гниющих растительных остатков, накопившихся в результате ранее проводимого лесосплава.

Численность фенолрезистентных бактерий является индикатором загрязнения водной среды фенольными соединениями. Существуют данные, указывающие на связь между численностью фенолустойчивых бактерий и превышением ПДК фенола в природных водах (Димитриева, 1995).

Значения численности фенолустойчивых микроорганизмов в исследованных водоемах колебались от 0,06 тыс.кл/мл до 55 тыс.кл/мл (см. табл. 1). Наиболее малочисленна эта группа микроорганизмов была в заливе Ныйский в 2000 году. В заливе Пильтун в 1999 году значение численности фенолрезистентной группы было максимальным - 55 тыс.кл/мл. Средние показатели численности этой гетеротрофной группы микроорганизмов по заливам составили (тыс.кл/мл): Ныйский - 9,34, 5,4, 0,32 в 1998, 1999 и 2000 годах соответственно, Пильтун - 28,4 (1999), Чайво - 2,62 (1998), Набиль - 22,1 (1998), Луньский - 1,0 (2000).

Показатели численности фенолустойчивой микрофлоры указывают на присутствие фенольных соединений в воде в значительных количествах. Источником поступления их в воды заливов служат скопления растительных остатков, в процессе разложения которых образуются природные фенолы. Активная хозяйственная деятельность в заливах также способствует поступлению фенольных соединений. В воде и грунтах заливов были обнаружены хлорзамещенные фенолы, имеющие техногенную природу. В заливе Пильтун концентрации фенолов в воде и грунте были выше, чем в других заливах. Так, содержание суммы хлорзамещенных фенолов в грунтах этого водоема достигало 38 нг/г сухой массы, тогда как в донных отложениях других заливов их концентрации были на уровне предела обнаружения метода.

Численность группы нефтеокисляющих микроорганизмов была определена только в заливах Ныйский и Пильтун. В Ныйском заливе минимальное значение численности этой группы было отмечено в 1996 и 2000 годах - 0,1 тыс.кл/мл, максимальное в 1999-м - 22 тыс.кл/мл. В заливе Пильтун минимальное и максимальное

значения нефтеокисляющих микроорганизмов были одного порядка, а среднее значение составило 2,77 тыс.кл/мл. Концентрация нефтяных углеводородов (НУ) в грунте в зал. Пильтун варьировала от 0 до 1,7 мг/г сух. массы, в Ныйском заливе – от 0 до 16,08 мг/г сух. массы, содержание НУ в воде залива Ныйский также было выше. В заливе Ныйском концентрации нефтяных углеводородов в среде были выше, чем в зал. Пильтун, что и отразила численность углеводородоокисляющих микроорганизмов. Корреляция между численностью этой группы микроорганизмов и данными химического анализа указывает на возможность использования методов микробной индикации при оценке качества морской среды.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

В структуре микробных ценозов заливов Ныйский, Пильтун, Чайво, Набиль, Луньский доля сапрофитных гетеротрофных микроорганизмов, ведущих процесс разложения легкодоступной органики, была значительна, а в некоторые годы в заливах Ныйский, Луньский была доминирующей. По численности этой группы микроорганизмов, а также по значениям некоторых гидрохимических параметров заливы северо-востока Сахалина могут быть охарактеризованы как олиго-мезотрофные (ГОСТ, 1977; Жукинский и др., 1981).

В микробных ценозах воды заливов Ныйский, Пильтун, Набиль, Чайво, Луньский присутствовали углеводородоокисляющие и фенолрезистентные микроорганизмы. Довольно высокими были показатели численности морских гетеротрофных микроорганизмов, осуществляющих минерализацию органических соединений при градиенте солености. Полученные результаты показали, что эта группа может указывать границу проникновения морских вод в заливы.

#### ЛИТЕРАТУРА

ГОСТ 17.1.2.04 - 77. Охрана природы, гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. М.: Госком. стандартов Совета Мин. СССР. - 1977. - 18 с.

**Димитриева Г.Ю.**, Микроорганизмы – биоиндикаторы фенольного загрязнения прибрежной морской среды // Биология моря. - 1995. - Т. 21. № 6. - С. 407-411.

**Жукинский В. Н., Оксюк О. П., Олейник Г. Н., Кошелева С. И.** Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиол. ж. - 1981. - Т. 17. № 2. - С. 38-49.

Краткий обзор гидробиологического контроля состояния морей СССР за 1977 г. - М.: Госкомгидромет. ГОИН. - 1978. - 209 с.

**Кондратьева Л.М., Рапопорт В.Л., Каретникова Е.А., Гладун-Волынец Е.И.** Экологический риск: анализ, оценка, прогноз // Мат-лы всерос. конф. Иркутск. - 1998. - С.53.

**Лабинская А.С.** Микробиология с техникой микробиологических исследований. М.: Медицина. - 1978. - 392 с.

Обзор экологического состояния морей СССР и отдельных районов Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат. - 1990. - 176 с.

Практикум по микробиологии / Под ред. Егорова Н.С. - М.: Изд-во МГУ. - 1976. - 307 с.

Р (-) 52.24.353-94. Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. М.: Гидромет. - 1995. - 28 с.

РД 52.10.243-93. Руководящий документ. Руководство по химическому анализу морских вод. СПб.: Гидромет. - 1993. - 264 с.

**Родина А.Г.** Методы водной микробиологии. Л.: Наука. - 1965. - 364 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л.: Гидромет. 1977. 541 с.

**Саралов А.И., Вайнштейн М.В., Дзюбан А.Н.** Микробиологические и химические процессы деструкции органического вещества в водоемах. Л.: Наука. - 1979. - С.95.

**Yochimizu M., Kimura T.** Study on intestinal microflora of salmonids// Fish.Pathol. 1976. V.10. № 2. p. 243-259.