

УДК 579:574.583(470.21)(26.04)

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ГЕТЕРОТРОФНОГО БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В ВОДЕ СЕВЕРНОГО И СРЕДНЕГО КОЛЕН КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

<sup>1</sup>Литвинова М.Ю., <sup>2</sup>Ильинский В.В., <sup>1</sup>Перетрухина И.В.

<sup>1</sup>ФГОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет», биологический факультет, Мурманск, e-mail: mlit1@rambler.ru;

<sup>2</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, Москва

В статье представлены данные о численности и распределении микроорганизмов в поверхностном слое вод Кольского залива Баренцева моря и сезонной изменчивости этих показателей. Пробы отбирали на 3-х станциях, расположенных в северном и среднем коленах Кольского залива в период с декабря по октябрь. Исследовали общую численность микроорганизмов по прямому счету и количество бактерий отдельных физиологических групп (олиготрофных, евтрофных и углеводородокисляющих).

**Ключевые слова:** Кольский залив; гетеротрофные бактерии; евтрофные, олиготрофные, углеводородокисляющие микроорганизмы; бактериопланктон; люминесцентная микроскопия

## QUANTITATIVE ESTIMATION OF HETEROTROPHIC BACTERIOPLANKTON IN WATER OF NORTHERN AND MIDDLE PARTS OF KOLA BAY

<sup>1</sup>Litvinova M.U., <sup>2</sup>I'yinskiy V.V., <sup>1</sup>Peretruchina I.V.

<sup>1</sup>Murmansk State Technical University, Murmansk, e-mail: mlit1@rambler.ru;

<sup>2</sup>Moscow state university of a name of M.V. Lomonosov, Moscow

In this article data about number and distribution of microorganisms in a water surface layer of Barentseva sea's Kola bay and seasonal variability of these indicators are presented. Samples had been taken at 3 stations located in northern and middle parts of Kola bay during the period from December till October. Researches included general number of microorganisms using the direct account and quantity of bacteria of separate physiological groups (oligotrophic, eutrophic and hydrocarbonoxidizing).

**Keywords:** Kola bay; heterotrophic bacteria; eutrophic, oligotrophic, hydrocarbonoxidizing microorganisms; bacterioplankton; luminescent microscopy

Гетеротрофные микроорганизмы играют важную роль в процессах трансформации органических веществ и переноса энергии в морских экосистемах. Они обеспечивают рециклинг биогенных элементов в водной среде и играют ведущую роль в процессах естественного очищения вод. Вследствие своих физиологических особенностей, микроорганизмы гораздо быстрее, по сравнению с другими компонентами водных биоценозов, реагируют на изменения физико-химических условий в среде своего обитания. Эта реакция проявляется, в том числе и в изменениях численности микроорганизмов определённых физиологических групп. До сих пор изучению гетеротрофных микробных сообществ морских экосистем Кольского Заполярья уделялось сравнительно мало внимания. Особенно слабо изученным является северное колено Кольского залива.

Между тем Кольский залив испытывает наибольшую антропогенную нагрузку по сравнению с остальными акваториями бассейна Баренцева моря. В него осуществляется сброс хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод порядка 40 предприятий города Мурманска, а также

стоков городов и посёлков, расположенных на берегах залива [1]. Комплексные исследования бактериоценозов Кольского залива проводились в основном в районе южного колена залива и только на литорали [5, 6]. Поэтому нами для микробиологических наблюдений были выбраны открытые воды северного и среднего колена Кольского залива.

**Целью настоящего исследования** было получение количественной информации о пространственно-временной изменчивости основных групп гетеротрофного бактериопланктона среднего и северного колена Кольского залива.

Объектом нашего исследования являлся Кольский залив, на котором для отбора проб были выбраны 3 станции. Первая (ст. 1) располагалась на выходе из залива, на границе северного колена и Баренцева моря. Влияние городских и промышленных стоков по причине удаленности от городов и поселков здесь, как можно полагать, было минимально. Вторая станция (ст. 2) располагалась в середине северного колена Кольского залива. На берегу, напротив этой станции, расположены ЗАТО Александровск и посёлок Тюва-губа, включающие в инфраструктуру промышленные

предприятия. Бытовые и промышленные стоки от этих населенных пунктов спускаются непосредственно в залив с минимальной степенью очистки. Третья станция (ст. 3) находилась в центральной части залива, в среднем колене, возле города Североморска, где располагается база крупнейшего в стране атомного флота. Бытовые и промышленные стоки города и базы спускаются непосредственно в залив, не подвергаясь какой-либо значительной очистке [3].

Микробиологические наблюдения проводили в период с декабря 2009 г. по октябрь 2010 г. Отбор проб воды осуществляли с борта судна. Пробы обрабатывали не позднее 3–4 ч после их отбора в лаборатории кафедры микробиологии МГТУ.

Учёт численности бактерий в пробах воды проводили как прямым счётом их клеток под микроскопом, так и путём высева проб на жидкие питательные среды.

Окраску бактерий для прямого счёта проводили непосредственно в пробах воды водным раствором акридинового оранжевого. Подсчёт клеток осуществляли с помощью люминесцентного микроскопа не менее чем в 20 полях зрения.

Численность бактерий отдельных физиологических групп: евтрофных (ЕфБ), олиготрофных (ОфБ), и углеводородокисляющих бактерий (УОБ) определяли методом предельных разведений [7]. Наиболее вероятное количество бактерий определяли по таблице Мак-Креди [8]. Все посеы инкубировали при температуре 10 °С.

Большое значение для развития микроорганизмов имеет содержание в воде биогенных элементов. По данным ГУ «Мурманское УГМС», концентрации фосфатов на исследованных станциях колебались от 2 до 32 мкг/л. Содержание в воде нитритов было весьма низким – их концентрации колебались от 1 до 21 мкг/л. Содержание нитратов варьировало от 2 до 93 мкг/л. Среднее содержание аммонийного азота составило 17 мкг/л, максимальное – 28 мкг/л.

На основании содержания в воде нитритов, нитратов, так и фосфатов нами были обнаружены различия между ст. 3 и двумя остальными станциями. Концентрации этих ионов в воде ст. 3 были всегда выше, чем на двух других станциях. Можно полагать, что окислительные процессы наиболее активно идут в центральной части залива, а высокие концентрации нитратов и фосфатов в воде ст. 3 свидетельствуют о её сильном загрязнении бытовыми сточными водами. На ст. 2 значения измеренных гидрохимических показателей оказались лишь немногим выше таковых на ст. 1. Очевидно, что столь небольшие различия между этими двумя стан-

циями обусловлены значительно меньшим антропогенным воздействием на их акватории по сравнению со ст. 3.

Показатели солёности на 1 ст. (34‰) значительно превышают значения 2 и 3 ст. (26 и 24‰ соответственно), что свидетельствует о большей степени опреснения водных масс за счёт речных стоков в центральном районе залива.

Кислородный режим в период наблюдений был удовлетворительным, содержание растворённого кислорода изменялось в пределах 7,64–9,82 мгО<sub>2</sub>/л.

Среднее содержание нефтепродуктов в акваториях всех трех станций в период наших наблюдений варьировало от 0 до 50 мкг/л в зависимости от сезона и расположения станции, т.е. находилось на уровне предельно допустимого значения. Существенных различий между станциями по этому показателю обнаружено не было.

Температура воды на станциях в осенне-зимний период варьировалась от 4 до 8 °С и от 7 до 11 °С – в весенне-летний сезон.

Общая численность бактерий (ОЧБ) в изученных нами пробах воды колебалась в пределах одного порядка – от  $3,1 \cdot 10^6$  до  $2,1 \cdot 10^7$  кл/мл. Максимумы этого показателя были обнаружены на всех трёх станциях летом, в августе месяце. На ст. 1 они составили  $1,18 \cdot 10^7$  кл/мл, ст. 2 –  $1,53 \cdot 10^7$  кл/мл, ст. 3 –  $2,10 \cdot 10^7$  кл/мл. Минимальные значения ОЧБ наблюдались в январе месяце на ст. 3 –  $3,1 \cdot 10^6$  кл/мл, на ст. 2 они составили  $3,99 \cdot 10^6$  кл/мл, а на ст. 1 –  $3,18 \cdot 10^6$ . Таким образом, обнаруженные нами пределы колебаний ОЧБ были сравнительно невелики и составляли не более одного порядка. С сентября по январь значения ОЧБ на станциях медленно снижались, однако в последующие месяцы возрастали и к концу лета увеличивались на порядок по сравнению с минимальными зимними значениями, что отражает общую тенденцию, характерную для всей биоты залива (рис. 1).

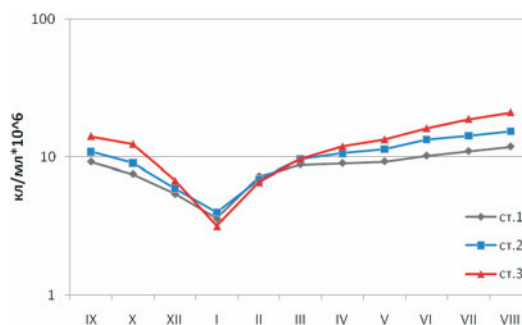


Рис. 1 Изменения общей численности бактериопланктона по прямому счёту

Сезонные значения ОЧБ на ст. 3 чаще всего превышали таковые на двух других

станциях, а минимальные значения этого показателя чаще регистрировали на ст. 1 (см. рис. 1). Такую ситуацию можно объяснить разной степенью антропогенной нагрузки на исследованные участки залива – в районе 2 и 3 ст. она наиболее высока. Исключение составил период с декабря по март – в эти сроки наблюдений величины ОЧБ на всех станциях были схожи. Исходя из полученных данных можно полагать, что в целом по данным за весь период наблюдений величины ОЧБ были связаны со степенью антропогенной нагрузки на тот участок залива, для которого они определялись: чем она выше, тем больших значений достигает обилие бактерий по прямому счету. При этом сезонные изменения значений ОЧБ на всех трех станциях оказались схожи и определялись, скорее всего, естественными причинами.

При исследовании численности в заливе бактерий по посеву обнаружено, что доминирующей группой на всех трех станциях оказались ЕфБ, способные к росту на средах с высоким содержанием органического вещества (рис. 2). Временная изменчивость численности ЕфБ на всех трёх станциях оказалась сходной, между этими изменениями обнаружена корреляционная связь ( $R = 0,73$ ;  $\alpha = 0,05$ ). С октября по декабрь, с наступлением полярной ночи, происходит сезонный спад обилия ЕфБ в заливе, их численность снижается от тысяч и десятков тысяч до нескольких сотен клеток в 1 мл. Наиболее низкие численности ЕфБ в воде (сотни клеток в 1 мл воды) наблюдались в первой половине зимнего периода, в декабре и январе. Постепенное увеличение обилия бактерий этой группы (до тысяч и десятков тысяч) происходило в период с февраля по апрель, после завершения полярной ночи. Это вполне естественно, так как в этот период начинается весеннее цветение фитопланктона и начинается снеготаяние, в результате которого в воду поступает большое количество аллохтонного органического веществ [3]. Максимальной численности (десятки и сотни тысяч клеток в 1 мл) ЕфБ достигают в июне-июле. В период с апреля по август численность ЕфБ в заливе сохранялась на высоком уровне – от тысяч до десятков тысяч клеток в 1 мл воды. Следует отметить, что численность ЕфБ постоянно была ниже на ст. 1, тогда как наибольшие значения этого показателя чаще всего имели место на ст. 3.

Обилие ЕфБ коррелировало с ОЧБ ( $R = 0,89$ ,  $\alpha = 0,01$ ). Необходимо отметить и схожую пространственную изменчивость обоих этих показателей – их наиболее высокие значения были приурочены к ст. 3, а наиболее низкие – к ст. 1.

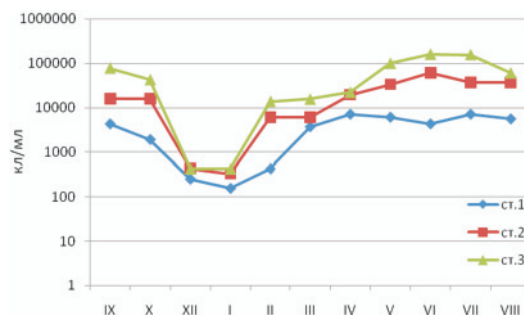


Рис. 2. Динамика численности евтрофного бактериопланктона

Второй по численности группой были ОфБ, обнаруженные в пробах на всех трёх станциях (рис. 3). Пределы колебаний их численности составили от  $6,0 \cdot 10^1$  кл/мл в зимний период до  $9,5 \cdot 10^3$  кл/мл в летний период. Отчасти это может быть связано с достаточно высокой органической нагрузкой на все три исследованные станции залива, а в этих условиях преимущество имеют ЕфБ. Временные изменения численности ОфБ на всех трех станциях были сходными, отмечено постепенное снижение их численности с октября по январь. С января по август наблюдается повышение количества планктонных ОфБ на всех трех обследованных станциях, их численность возрастает примерно на порядок.

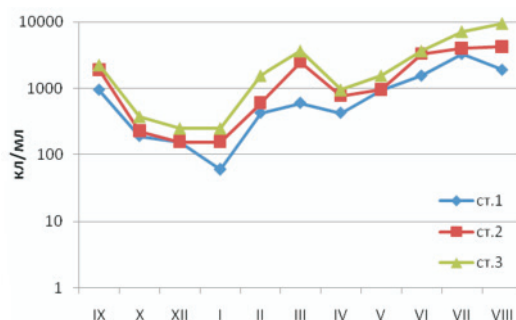


Рис. 3. Динамика численности планктонных олиготрофных бактерий

Пространственное распределение ОфБ между тремя обследованными нами станциями было сходным с таковым для ЕфБ. Между количествами ОфБ и ЕфБ на всех трех станциях обнаружена прямая корреляционная связь ( $R = 0,73$ ,  $\alpha = 0,01$ ), еще более тесная связь обнаружена между численностью ОфБ и ОЧБ ( $R = 0,82$ ,  $\alpha = 0,01$ ). Видимо, на обилие ОфБ в заливе влияние оказывает не только наличие или отсутствие доступного органического вещества, но и другие факторы среды, а среди них, скорее всего, – биогенные элементы – азот и фосфор. Кроме того, мы определяли численность факультативно олиготрофных, а

не облигатно олиготрофных бактерий, в последнем случае численность олиготрофов могла отличаться от обилия ЕФБ значительно больше.

Присутствие УОБ было обнаружено нами на всех трех исследованных станциях. Их численность варьировала от нескольких десятков до нескольких тысяч клеток в 1 мл. Максимальное количество УОБ (десятки тысяч клеток в мл) чаще всего наблюдалось на ст. 3, сходные или несколько меньшие количества УОБ отмечены на ст. 2, тогда как на ст. 1 этот показатель не превышал нескольких сотен клеток в 1 мл воды (рис. 4).

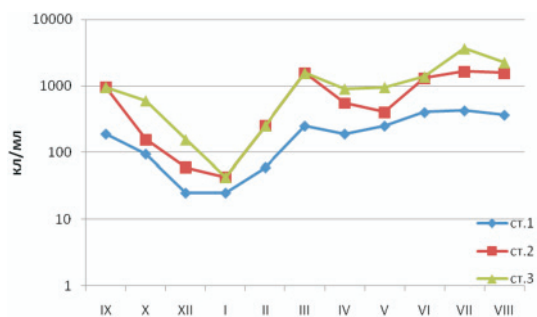


Рис. 4. Динамика численности планктонных углеводородокисляющих бактерий

Таким образом, при анализе пространственного распределения численности микроорганизмов всех трёх физиологических групп гетеротрофного бактериопланктона наблюдается общая тенденция. Между количествами ОФБ и УОБ на всех трех исследованных станциях обнаружена тесная корреляционная связь ( $R = 0,91$ ,  $\alpha = 0,01$ ). Отмечена также значимая корреляционная связь между количествами ЕФБ и УОБ ( $R = 0,85$ ,  $\alpha = 0,01$ ). Это указывает на то, что в состав углеводородокисляющих бактерий входят представители как олиготрофов, так и евтрофов, что ранее уже отмечалось в наших исследованиях [4].

Проведённые нами микробиологические исследования поверхностных вод северного и среднего колена Кольского залива позволяют сделать заключение о высокой степени развития гетеротрофного бактериального сообщества, в частности таких его важных компонентов, как евтрофных, факультативно олиготрофных и углеводородокисляющих бактерий. Численность всех этих трех групп бактерий подвержена сезонной изменчивости, для которой харак-

терны низкие зимние и более высокие летние значения. Аналогичный ход сезонных изменений обнаружен и для общей численности бактерий.

Проведенный анализ пространственной изменчивости исследованных микробиологических показателей показал, что наиболее удаленные от открытых вод Баренцева моря ст. 2 и 3 оказались схожи по большинству изученных гидрохимических и микробиологических показателей. Для ст. 1, расположенной значительно мористее, и потому находящейся под большим влиянием открытых вод моря, были характерны как более низкое содержание в воде биогенных элементов, так и более низкие величины всех обследованных микробиологических показателей.

### Список литературы

1. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2008 году. – Мурманск: Кн. изд-во, 2009. – 152 с.
2. Ильинский В.В. Гетеротрофный бактериопланктон: экология и роль в процессах естественного очищения среды от нефтяных загрязнений: дис. ... д-ра биол. наук. – М. 2000. – 581 с.
3. Кольский залив: освоение и рациональное природопользование / под ред. Г.Г. Матишова. – М.: Наука, 2009. – 381 с.
4. Кураков А.В. Биоиндикация и реабилитация экосистем при нефтяных загрязнениях / А.В. Кураков, В.В.Ильинский, С.В. Котелевцев, А.П. Садчиков. – М.: Графикон, 2006. – 336 с.
5. Перетрухина А.Т. Разработка методологии микробиологического мониторинга водных экосистем бассейна Кольского залива / А.Т. Перетрухина, О.Ю. Богданова, Е.В. Макаревич, Е.С. Мищенко, А.Н. Новикова // Фундаментальные исследования. – 2011. – №1. – С. 22–28.
6. Перетрухина И.В. Гетеротрофный бактериопланктон литорали Кольского залива и его роль в процессах естественного очищения вод от нефтяных углеводородов: дис. ... канд. наук. – Мурманск, 2006. – 230 с.
7. Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы / под ред. В.Д. Фёдорова, В.И. Капкава. – М.: Изд-во ПИМ, 2006. – 367 с.
8. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / под ред. А.В. Цыбань. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 191 с.

### Рецензенты:

Шошина Е.В., д.б.н., профессор, зав. кафедрой биологии ФГОУ ВПО МГТУ, г. Мурманск,

Пахомова Н.А., к.б.н., доцент кафедры биоэкологии ФГОУ ВПО МГТУ, г. Мурманск.