

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**

**СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВ**

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Мурманск, 7 апреля 2017 г.)

Часть 1

Мурманск
Издательство МГТУ
2017

УДК 001: [5 + 62] (08)

ББК 20 + 3я431

С 56

Редакционная коллегия:

А. М. Ершов, доктор технических наук, профессор;

С. Р. Деркач, доктор химических наук, профессор;

Н. Г. Журавлева, доктор биологических наук, профессор;

Е. В. Шошина, доктор биологических наук, профессор;

П. П. Кравец, кандидат биологических наук, доцент (ответственный за выпуск);

Е. В. Макаревич, кандидат биологических наук, доцент;

В. А. Похольченко, кандидат технических наук, доцент

С 56 Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : мат. междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 7 апреля 2017 г. : в 2 ч. Ч. 1 / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2017. – 226 с. : ил.

ISBN 978-5-86185-943-1 (общ.)

ISBN 978-5-86185-944-8 (ч. 1)

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-практической конференции "Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств", которая состоялась 7 апреля 2017 г. в Мурманском государственном техническом университете. Тематика представленных докладов охватывает направления научных исследований в области биологических наук, экологии и устойчивого развития экосистем Арктики.

Издание предназначено для научных, научно-педагогических работников, докторантов, аспирантов, специалистов, ведущих научные исследования по направлениям работы конференции.

УДК 001: [5 + 62] (08)

ББК 20 + 3я431

© Мурманский государственный
технический университет, 2017

ISBN 978-5-86185-943-1 (общ.)

ISBN 978-5-86185-944-8 (ч. 1)

СОДЕРЖАНИЕ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МИКРОБИОЛОГИИ, БИОХИМИИ И БИМЕДИЦИНЫ	6
Оценка трофического состояния микробиоценозов грунта прибрежных зон Кольского залива	7
Богданова О. Ю., Горельникова А. Е.	
Комплексное биологическое исследование состояния почв придорожных зон г. Мурманска	14
Быкова А. В., Рассадина А. А.	
Перспективы использования флокулирующих бактерий активного ила в качестве фосфатаккумулирующих агентов в очистке сточных вод	21
Крамаренко Е. В., Макаревич Е. В., Ильинский В. В.	
Отношение курсантов морского института и колледжа им. Месяцева МГТУ к компонентам здорового образа жизни	26
Кривенко О. Г., Ключко Е. В.	
Микробиологический анализ почвы рекреационных зон города Мурманска	33
Литвинова М. Ю.	
Биохимическая диагностика гипотиреоза.....	39
Мишанина Л. А.	
Изучение иммунотоксичности и иммуномодулирующих свойств сухих экстрактов из фукоидов Баренцева моря	44
Облучинская Е. Д.	
Сравнительный анализ аминокислотного состава мышечной ткани культивируемой радужной форели.....	51
Овчинникова С. И.	
Микробиологический мониторинг водных экосистем, функционирующих в условиях Заполярья.....	55
Рогачева И. Н., Блинова Е. И., Перетрухина А. Т.	
Исследование содержания полифенолов и фитостеринов фукоидов Кольского залива	60
Ткач А. В., Облучинская Е. Д.	
Влияние "северного" стажа на показатели неспецифического иммунитета жителей Карелии и Мурманской области	66
Троценко А. А.	
Комплексные исследования микробиоценоза пищеварительного тракта садковой радужной форели	72
Ускова И. В., Якименко В. А.	
Биохимическое обоснование использования ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна при производстве деликатесной продукции "Сайда филе подкопченное"	75
Шкуратова Е. Б., Шокина Ю. В.	

БИОРЕСУРСЫ, АКВАКУЛЬТУРА И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОСИСТЕМ АРКТИКИ	81
Половое созревание гольца озера Самолет-Озеро	82
Анохина В. С., Сытюгина К. С.	
Состояние и распространение литоральных фитоценозов Кольского залива.....	88
Канищева (Гончарова) О. В.	
Видовой состав и показатели биоразнообразия литоральных зооценозов Кольского залива Баренцева моря	94
Кравец П. П., Тюкина О. С., Губина Д. М.	
Динамика видového разнообразия баренцевоморских двустворчатых моллюсков в уловах тралом Сигсби.....	101
Лазарева Д. Ю., Кравец П. П.	
Опыт применения ассоциативного обучения для исследования цветового зрения настоящих тюленей в условиях аквакомплекса.....	107
Пахомов М. В., Литвинов Ю. В.	
Видовое разнообразие макроводорослей в различных районах Баренцева моря	113
Малавенда С. В., Шошина Е. В., Капков В. И.	
Изменение активности каталазы у бурой водоросли <i>Fucus distichus</i> L. при воздействии нефтетоксиканта.....	119
Малавенда С. С.	
Комплексная оценка рыбоводного качества посадочного материала <i>Parasalmo mykiss irideus</i> для культивирования в водоемах Кольского полуострова	123
Кравец П. П., Анохина В. С., Неженец С. С.	
Атлас видовой идентификации рыб (АВИР 1.0) Баренцева и Норвежского морей по гидроакустическим данным	130
Носов М. А., Лютый С. Г., Харлин С. Н., Игнашкин В. А.	
Возрастной состав <i>Plantago maritima</i> и <i>Plantago schrenkii</i> в сообществах галофитных растений на побережье Баренцева и Белого моря	136
Приймак Е. В., Приймак П. Г.	
Многолетние колебания численности популяции усоногих раков <i>Semibalanus balanoides</i> (L.) (Crustacea) на эстуарной литорали кута Кольского залива	140
Свитина В. С., Гудимов А. В.	
Эстуарные экосистемы: разнообразие и нарушение структуры бентосных сообществ (Кандалакшский залив, Белое море)	147
Столяров А. П.	
Влияние искусственных электромагнитных полей в диапазоне частот шумановских резонансов на двигательную активность серого тюленя	153
Яковлев А. П., Зайцев А. А.	

ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ 159

- Результаты изучения межгодовой динамики инвазии личинками нематоды *Anisakis simplex* атлантической трески (*Gadus morhua*) в Баренцевом море 160
Бессонов А. А.
- Влияние загрязнения окружающей среды на иммунитет человека 164
Троценко А. А.
- Непрерывный экологический контроль водной среды 170
Гудимов А. В.
- Morphological traits of the structure of the digestive tract in *Cyclopterus lumpus* 177
Жомова А. И., Журавлева Н. Г., Oddvar Ottesen
- Экологические и этологические особенности арктического гольца 182
Журавлева Н. Г.
- Морфологическое строение тимуса позвоночных животных в филогенезе 188
Кабанова Н. А.
- Роль тимуса в адаптационных реакциях организмов разных таксонов 193
Кабанова Н. А.
- Механизмы адаптации и освоение дуплогнездящимися птицами городских территорий на примере г. Мончегорска 198
Корякина Т. Н.
- Оценка экологического благополучия городских водоёмов 202
Минченков Е. Е., Гусева В. Д.
- Цилиофауна озёрных экосистем в урбанизированной среде 211
Минченков Е. Е.
- Популяция двустворчатого моллюска *Macoma calcareo* (Bivalvia, Tellinidae) в Баренцевом море: репродуктивная биология 216
Носкович А. Э., Павлова Л. В.
- Некоторые данные по биологии европейского хариуса *Thymallus thymallus* (L.) реки Поной Мурманской области 223
Ткаченко А. В., Шкателов А. П., Неличик В. А.

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
МИКРОБИОЛОГИИ, БИОХИМИИ
И БИОМЕДИЦИНЫ**

Оценка трофического состояния микробиоценозов грунта прибрежных зон Кольского залива

Богданова О. Ю., Горельникова А. Е. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии)

Аннотация. В работе получены данные о пространственно-временной изменчивости гетеротрофного бактериобентоса литоральной зоны Кольского залива, проведена оценка эвтрофирования водной экосистемы, показан отклик бактериобентосных гетеротрофных сообществ на изменение физико-химических параметров среды.

Abstract. The author obtained data on the spatial-temporal variability of heterotrophic bacteriobenthos in the littoral zone of the Kola Bay, the assessment of eutrophication of an aquatic ecosystem is shown from-click bacteriobenthos heterotrophic communities on the change of physico-chemical parameters of the environment.

Ключевые слова: бактериобентос, эвтрофные и олиготрофные микроорганизмы, эвтрофирование.

Key words: bacteriobenthos, eutrophic and oligotrophic microorganisms, eutrophication.

Микроорганизмы, а особенно их гетеротрофная составляющая, играют первостепенную роль в процессах круговорота вещества и энергии в экосистемах. Для водных экосистем функционирование микроорганизмов является основополагающим в сохранении устойчивости и в процессах естественного очищения от загрязнений различного характера. Наиболее продуктивной зоной любой водной экосистемы является грунт, особенно верхние осадочные слои на литорали [1]. Бактерии способны быстро откликаться на различные изменения в окружающей среде, которые возникают под влиянием искусственных и природных факторов.

Водные прибрежные экосистемы все чаще становятся зонами сильнейшей антропогенной нагрузки. К таким экосистемам, несомненно, относится интенсивно эксплуатируемый водоем на Мурманском побережье – Кольский залив. Особо актуальными в условиях арктических водных экосистем является исследования закономерности функционирования бактериальных сообществ и их роль в процессах естественного очищения водной среды.

Объектом исследований являлись бактериоценозы грунтов отдельных районов литоральной зоны Кольского залива. Целью работы была оценка трофического состояния микробиоценозов грунта литорали Кольского залива на основе исследования закономерностей функционирования бентосных микробных гетеротрофных сообществ.

Станция отбора проб расположена на восточной стороне берега Кольского залива от нового моста. Недалеко от исследованной станции находится устье рек Кола и Тулома, несущих загрязнения с береговых предприятий города и области. Исследования проводили в течение полугода в зимне-весенний период 2016 г. Методы отбора проб и микробиологических испытаний описаны в работах, опубликованных ранее [1; 2; 3].

Для определения общей численности бактерий (ОЧБ) в грунте использовали метод прямой микроскопии с окраской карболовым эритрозином. ОЧБ на учетной станции варьировала в пределах одного порядка (рис. 1). Максимум ОЧБ был зафиксирован в апреле и составлял $0,65 \cdot 10^9$ кл/г, минимум – в начале марта и составлял $0,21 \cdot 10^9$ кл/г.

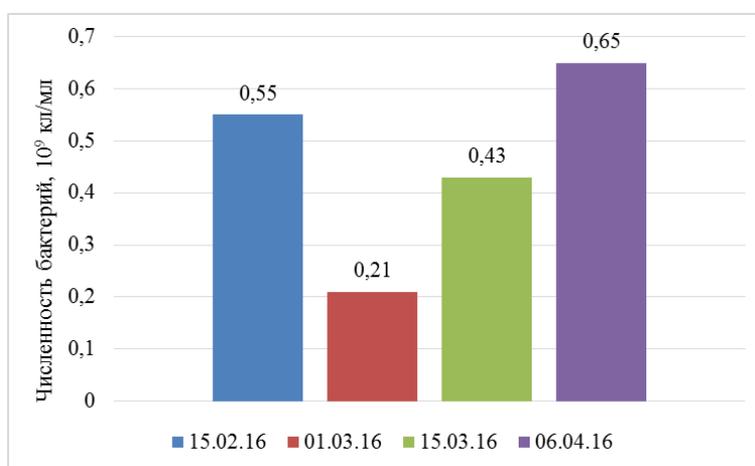


Рисунок 1 – Распределение ОЧБ грунта литорали Кольского залива

Скачки ОЧБ в весенний период можно объяснить тем, что, в апреле складываются более благоприятные погодные условия (плюсовые температуры воздуха и воды, меньше температурных колебаний) для роста бактерий, чем в марте.

На основании проведенных исследований можно предположить, что при наступлении благоприятных условий время генерации и накопления биомассы бактерий в грунте приблизительно равно двум неделям.

В пределах исследуемой станции распределение ОЧБ достаточно однородно, однако микробиоценоз грунта в период изучения характеризовался высоким показателем численности микроорганизмов, сравнимым с показателями ОЧБ, зафиксированными ранее в грунте этого же района в зимний период, когда ОЧБ варьировала от $0,36 \cdot 10^9$ кл/г до $1,46 \cdot 10^9$ кл/г [1]. Данный порядок ОЧБ сохраняется стабильно на протяжении длительного времени. Так, количество бактерий в грунтах литорали Баренцева моря определя-

лось сотнями миллионов на 1 г сырого грунта, их минимальное количество не было ниже 60,3 млн [4]. Высокий уровень численности бактерий, вероятно, можно объяснить наличием в грунте в значительных количествах органического вещества.

Численность гетеротрофных бактерий (ЧГБ) бентоса определяли с помощью метода предельных разведений в жидкие питательные среды. Этот метод более точен и предпочтителен методу посева на плотные питательные среды, поскольку дает более высокие значения [5; 6]. Из бактериоценоза к культивированию посевными методами способна лишь небольшая их часть, поэтому более высокие показатели могут трактоваться как более точные и достоверные.

ЧГБ за период исследований изменялась в пределах от $3,58 * 10^6$ кл/г до $21,49 * 10^6$ кл/г (рис. 2). Максимальное количество гетеротрофных бактерий наблюдалось в апреле, что, возможно, связано с тем, что весной в Кольский залив интенсивно сбрасываются малоочищенные сточные воды, весенний вброс их в воды залива мог способствовать обильному развитию гетеротрофных бактерий. Более низкие показатели, наблюдаемые в середине февраля и начале марта, вероятно, можно объяснить низкими температурами воздуха и воды в данный период, а также покрытием прибрежных зон льдом. Результаты подсчета количества бактерий, полученные методом прямой микроскопии и методом посева весьма различны. ОЧБ превышает показатели ЧГБ на 3 порядка, что объясняется более полным учетом, в том числе и учетом мертвых клеток. Кроме того, при посеве существенную роль могут играть антагонистические отношения между микроорганизмами разных таксонов.

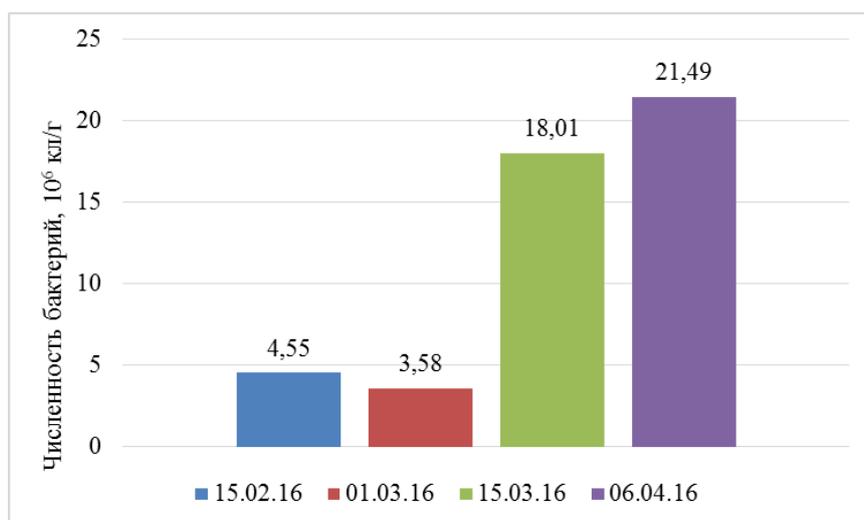


Рисунок 2 – Распределение ЧГБ грунта литорали Кольского залива

Тем не менее, численность микроорганизмов, полученная методом прямой микроскопии, показывает количество бактерий в ценозе в данный момент времени, но не дает информации о функционировании сообщества и изменениях в его структуре.

Для того, чтобы охарактеризовать состояние гетеротрофной части микробиоценоза в определенный момент времени, вычисляли коэффициент Ильинского ($K_{И}$), который обозначает отношение обилия гетеротрофных бактерий, способных к росту на питательных средах, к общей численности бактерий по прямому счету [5; 3].

По мнению ряда авторов [5; 7; 8], отношение результатов, полученных обоими методами, может служить индикатором сукцессионных процессов в экосистемах. Как правило, минимальное расхождение характеризует "молодую" систему, в которой преобладают R-стратеги – организмы, скорость размножения которых при условии изобилия питательных веществ высока, а максимальное – "зрелую" систему с большим числом K-стратегов – медленно растущих организмов с повышенной конкурентоспособностью [3; 8]. Полученные значения $K_{И}$, представленные на рис. 3, варьировали в пределах от 0,82 % до 4,2 %.

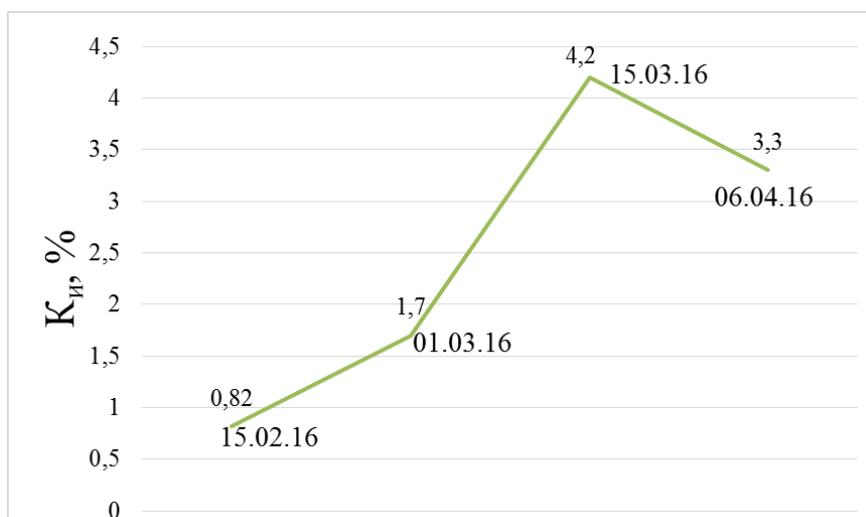


Рисунок 3 – Изменчивость коэффициента $K_{И}$ в бактериоценозе грунта литорали Кольского залива

Все полученные значения $K_{И}$ были близки или превышали 1 %, что свидетельствует об очень высоких темпах размножения гетеротрофных бактерий. Это имеет место при благоприятных условиях для их развития и, в первую очередь, обилии лабильного органического вещества в водной среде. Также коэффициент, превышающий 1 %, говорит о загрязнении водоема. Исследование показало, что доля гетеротрофных бактерий, способных к росту на пи-

тательных средах от общей численности бактерий по прямому счету очень мала. Возможно, это связано с тем, что некоторые микроорганизмы, присутствующие в среде относились к некультивируемым формам.

Для полноты оценки состояния трофической структуры исследуемой экосистемы вычисляли коэффициент трофности K_T (рис. 4) [3]. Коэффициент K_T показывает отношение количества эвтрофных бактерий к олиготрофным и довольно точно характеризует состояние данных участков водоема. Диапазон полученных данных варьировал от 0,6 до 7,3.

Максимальное значение было зарегистрировано в начале марта и составляло 7,3. Поскольку все полученные значения близки к 1 или больше неё, то это свидетельствует о том, что система находится под мощным антропогенным прессом, количество аллохтонного вещества (а, соответственно, и эвтрофных микроорганизмов) настолько велико, что жизнедеятельность естественного олиготрофного микробного сообщества сильно подавляется, а степень трофии экосистемы возрастает.

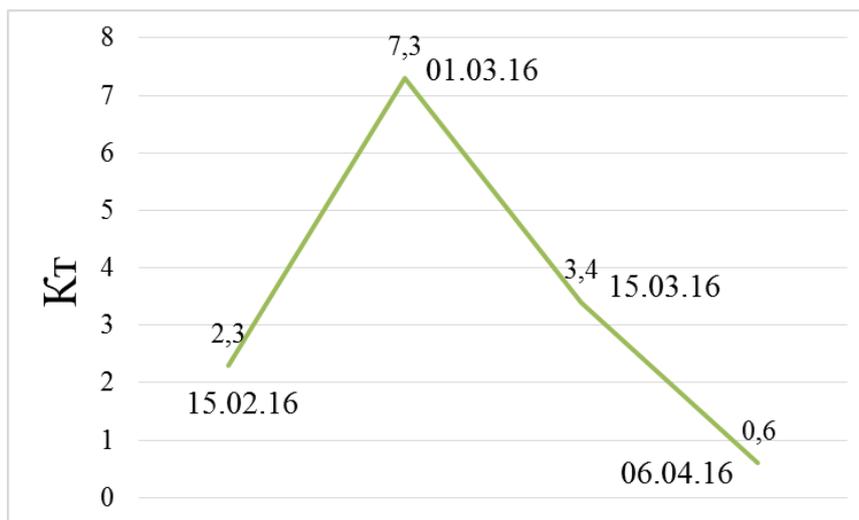


Рисунок 4 – Изменчивость коэффициента K_T в бактериоценозе грунта литорали Кольского залива

Однако, в середине марта и в апреле количество олиготрофов преобладало над количеством эвтрофных микроорганизмов. Полученный результат показывает, что исследуемая экосистема способна к процессам самоочищения, имеет к этому высокий потенциал.

Отмечено, что максимальные значения коэффициента трофности наблюдаются в период минимальных значений ОЧБ.

Высокие значения K_T и его неравномерное распределение свидетельствуют о дестабилизации бактериоценозов. В зависимости воздействия от внешних

факторов может происходить быстрая смена доминирования одной трофической группы на другую. Доли эвтрофной и олиготрофной группы в структуре гетеротрофного бактериобентоса представлена на рис. 5.

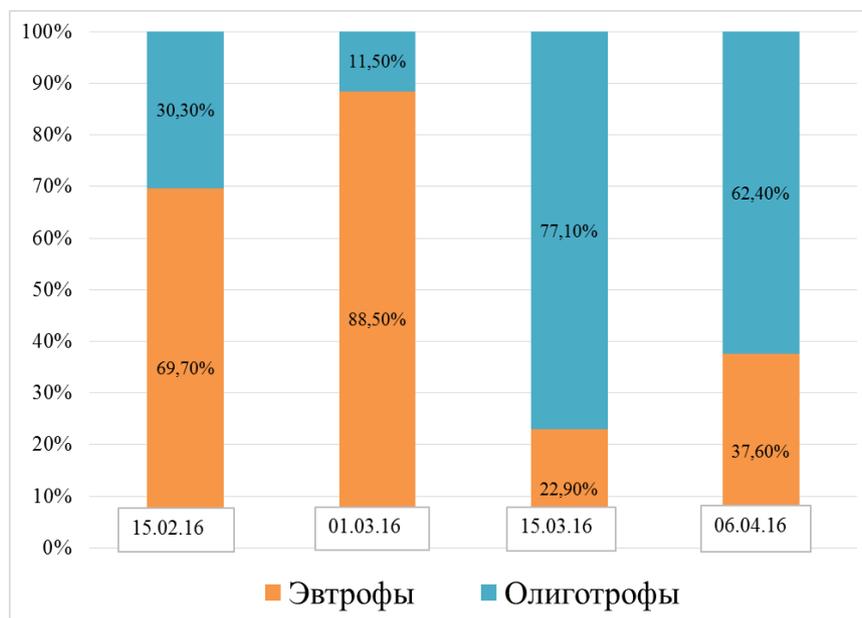


Рисунок 5 – Доли эвтрофной и олиготрофной составляющих в структуре гетеротрофного бактериобентоса

На долю эвтрофных микроорганизмов приходится от 22,9 % до 88,5 %. Доля олиготрофов меньше – от 11,5 % до 77,1 %. Преобладающей трофической группой на исследуемой станции являются в середине февраля и начале марта являлись эвтрофные микроорганизмы. Их максимальная численность наблюдалась в начале марта, минимальная – в середине марта, затем ситуация меняется и доминировать в середине марта и в апреле начинают олиготрофные бактерии. Пик численности олиготрофов приходится на середину марта, а минимум на начало марта.

Доминирующая роль эвтрофов связана с тем, что в воды Кольского залива сбрасываются малоочищенные сточные воды, а вместе с ними привносятся аллохтонные микроорганизмы, т. е. происходит эвтрофирование экосистемы. После всплеска К-стратегов ситуация стабилизируется и преобладание олиготрофной составляющей гетеротрофного бактериобентоса свидетельствует о переходе экосистемы к процессам естественного самоочищения.

Распределение трофических групп бактериобентоса прибрежной зоны Кольского залива может быть обусловлено различными условиями, такими как, гидрохимические показатели прибрежной воды и антропогенные факторы, действующие на исследуемую станцию.

Численное преимущество эвтрофных бактерий свидетельствует о преобладании в грунте литорали Кольского залива в период исследований лабильного органического вещества над стойким – малодоступным для микроорганизмов. Откликом на процессы естественного очищения экосистемы является смена лидера сообщества в сторону олиготрофных микроорганизмов.

Библиографический список

1. Макаревич Е. В. Бактериобентос литорали среднего и южного колен Кольского залива: Дис. ... канд. биол. наук. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2004. – 163 с.
2. Богданова, О. Ю. Пространственно-временная изменчивость гетеротрофных бактериальных сообществ воды литорали Кольского залива: Дисс. ... канд. биол. наук / О. Ю. Богданова. – Мурманск, 2003. – 147 с.
3. Богданова, О. Ю. Микробиология водных экосистем : учеб. пособие, гриф Ученого Совета МГТУ / О. Ю. Богданова. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2016. – 180 с.
4. Никитина, Н. С. Сезонные изменения бактериального состава грунтов литорали Восточного Мурмана / Н. С. Никитина // Микробиология. – М., 1955. – Т. 24. – Вып. 5. – С. 580–589.
5. Ильинский, В. В. Гетеротрофный бактериопланктон: экология и роль в процессах естественного очищения среды от нефтяных загрязнений: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук / В. В. Ильинский. – М., 2000. – 53 с.
6. Перетрухина, И. В. Определение скоростей биodeградации нефтяных углеводородов в воде литорали Кольского залива / И. В. Перетрухина, В. В. Ильинский, М. Ю. Литвинова // Вестн. МГТУ. – 2006. – Библиогр. в конце ст. – Т. 9, № 5. – С. 830–834.
7. Кожевин, П. А. Популяционная экология почвенных микроорганизмов : Дисс. докт. биол. наук в форме науч. доклада. – М. : Изд-во МГУ им. Ломоносова, 2000. – 55 с.
8. Громов, Б. В. Экология бактерий : учеб. пособие / Б. В. Громов, Г. В. Павленко. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1989. – 248 с.

Комплексное биологическое исследование состояния почв придорожных зон г. Мурманска

Быкова А. В.¹, Рассадина А. А.²

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: anna.cicumaria@yandex.ru)

² (г. Мурманск, ГОБУЗ, "МОПТД", e-mail: rassadinaa@list.ru)

Аннотация. При исследовании опытных участков выявлена зависимость значений выбранных показателей от удалённости источника загрязнения – по мере удаления от автодороги биологическая активность, интенсивность дыхания, общее микробное число, общая численность сапрофитных микроорганизмов, общее число и процент почвенных бацилл в почве увеличиваются, а её фитотоксичность и кислотность уменьшаются.

Annotation. At research of experience areas dependence of values of the chosen indexes is educed on the remoteness of source of contamination – as far as moving away from a motorway biological activity, breathing intensity, microbial incurrence, general quantity of saprophyte microorganisms, incurrence and percent of soil bacilli, increase in soil, and her phytotoxicity and acidity diminish.

Ключевые слова: придорожные территории, биологическая активность, интенсивность дыхания, общее микробное число, сапрофитные микроорганизмы, фитотоксичность и кислотность почв.

Key words: wayside territories, biological activity, breathing intensity, microbial incurrence, saprophyte microorganisms, phytotoxicity and acidity of soils.

Транспортная нагрузка на г. Мурманск растёт с каждым годом, что диктует необходимость разработки объективных методов контроля за загрязнением окружающей среды, при этом необходимо особое внимание уделять зонам максимальной техногенной нагрузки, таким как зоны придорожной полосы.

Цель работы – оценить возможность использования биохимических и микробиологических методов исследования для диагностики состояния почв в условиях интенсивного антропогенного воздействия. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) выявить наиболее информативные биологические показатели состояния почвы;

2) исследовать почвы придорожных территорий биохимическими и микробиологическими методами;

3) выявить зависимость биохимических параметров почв от микробиологических;

4) определить степень зависимости между биохимическими и микробиологическими показателями от времени года.

Исследования проводились на кафедре микробиологии и биохимии МГТУ.

Объект исследования – почва, отобранная на участке автодороги Р-21. Данный участок находится в черте города, единственный явный источник загрязнения – автодорога. Сбор проб осуществлялся 19 апреля 2015 г. (весна), 21 июня 2015 г. (лето), 20 сентября 2015 г. (осень) и 20 декабря 2015 г. (зима).

Пробы почвы отбирали с участков, расположенных на расстоянии 0, 10, 20, 50 и 100 м от полотна дороги. С каждого участка бралось по три пробы для параллельных опытов.

Биологическая активность почвы – это свойство почвы, отражающее интенсивность протекающих в ней биологических процессов. Её определяли экспресс-методом (по скорости разложения в почве мочевины), результаты представлены на рис. 1.

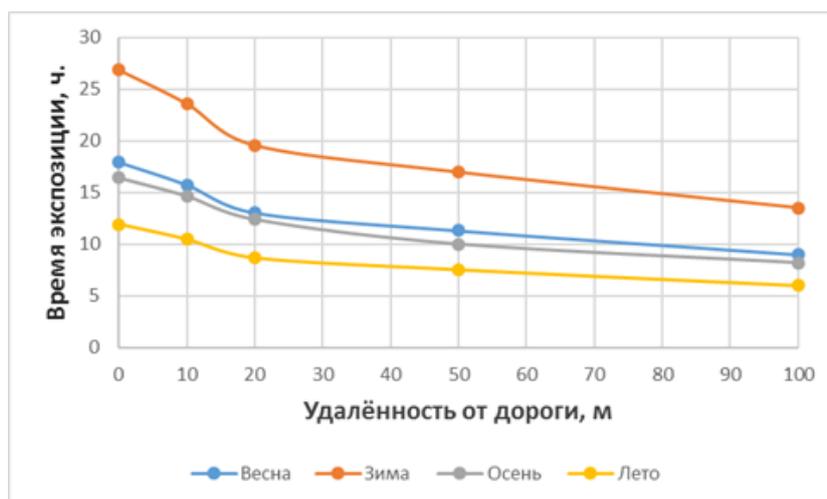


Рисунок 1 – Биологическая активность почв опытных участков

По мере удаления от автодороги биологическая активность увеличивается, время, необходимое на разложения мочевины уменьшается. Максимальные значения на всех участках наблюдались в летний период, в зимний – минимальные. Общая тенденция наблюдается во все периоды измерений: скорость разложения мочевины на условно незагрязненном участке № 5 более чем в 2 раза превышает скорость на участке № 1, находящимся в непосредственной близости от источника загрязнения.

На рис. 2 представлены результаты определения дыхания почвы. Интенсивность выделения углекислого газа дает достоверную информацию о само-

очищающей способности антропогенно нарушенных почв. Во все периоды измерений количество выделившегося углекислого газа увеличивается при удалении от автодороги. Весной и осенью интенсивность дыхания имеет схожие значения, летом наблюдается заметное повышение данного показателя, зимой – значительное понижение.

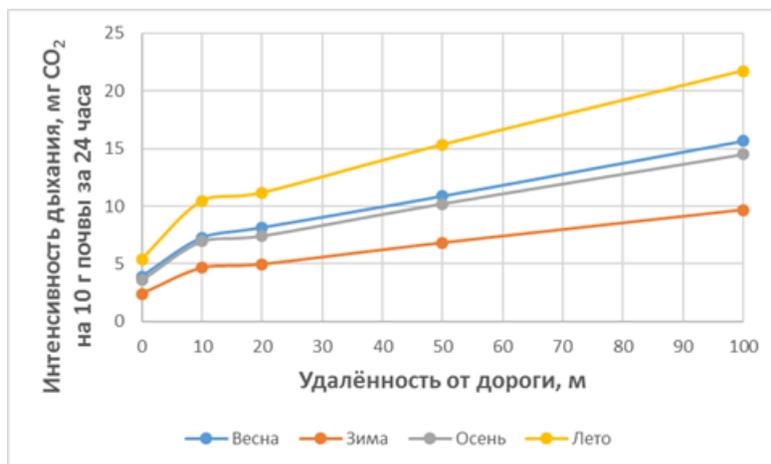


Рисунок 2 – Интенсивность дыхания почвы за 24 часа на опытных участках

Результаты опытов по определению фитотоксичности почвы по реакции биологических объектов (кресс-салата). Кресс-салат отличается быстрым и почти стопроцентным прорастанием, при наличии загрязненных веществ снижаются всхожесть и рост зародышевых корешков. На рис. 3, 4 и 5 представлены результаты биотестирования почв опытных участков – энергия прорастания семян, их всхожесть и токсичность почвы.

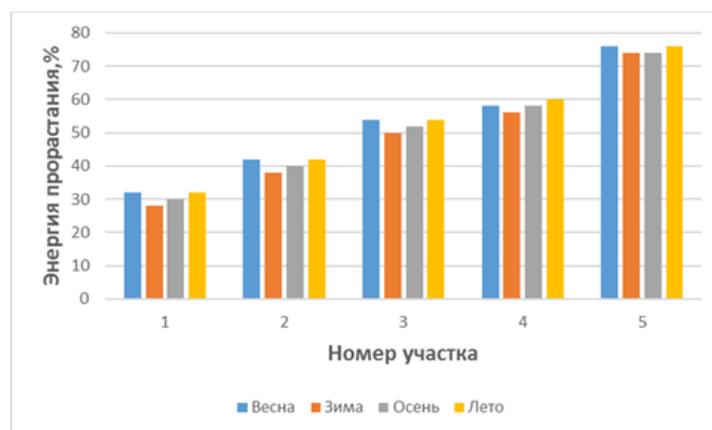


Рисунок 3 – Энергия прорастания семян на почве с опытных участков

При удалении от источника загрязнения на участках увеличивается энергия прорастания семян и всхожесть. Токсичность уменьшается.

Токсичность почвы на участке № 1 приближается к недопустимо высокой. Почва с участков, удалённых от автодороги на расстояние 10 и 20 м является

среднетоксичной, с участка № 4 – малотоксичной. Участок № 5 по полученным данным считается нетоксичным. Тенденция сохраняется во все сезоны.

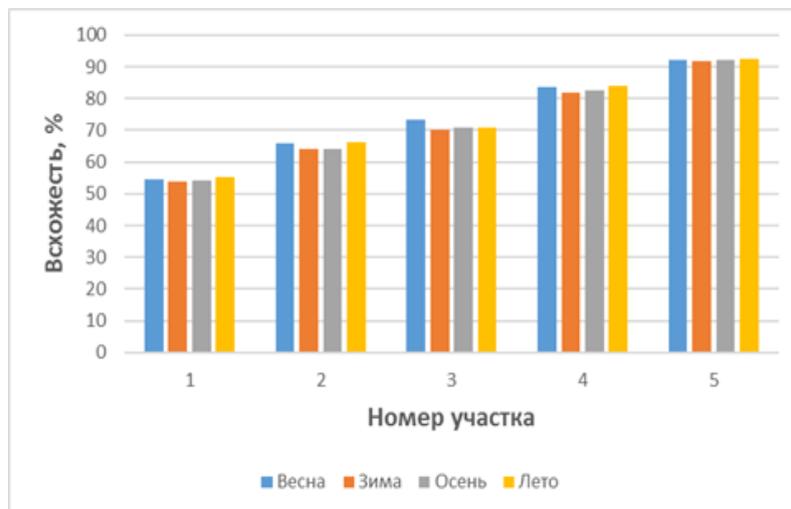


Рисунок 4 – Всхожесть семян на почве с опытных участков

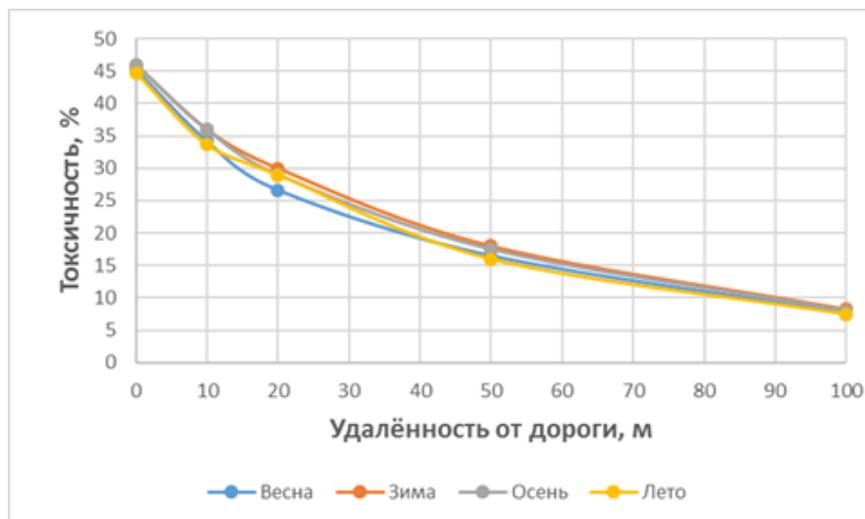


Рисунок 5 – Результаты биотестирования почв опытных участков

Определение актуальной кислотности (рис. 6) позволило установить, – чем ближе к автодороге, тем кислотность выше и, соответственно, выше негативное влияние на корневую систему растений и почвенные микроорганизмы. Потенциальная кислотность почв участков больше, чем актуальная, что соответствует норме. Потенциальная кислотность дает представление о всей совокупности компонентов с кислотными свойствами, находящихся в почвенном растворе и в твердой фазе почвы.

Общее количество бактерий дает представление о течении процессов загрязнения и самоочищения почвы от органических и химических загрязнений. По мере удаления от источника загрязнения ОМЧ опытных участков увеличивается во все периоды отбора проб (рис. 7). Установлено, что общее

микробное число микроорганизмов на всех участках максимально в летний период, минимально – в зимний. Весной и осенью ОМЧ принимает средние значения.

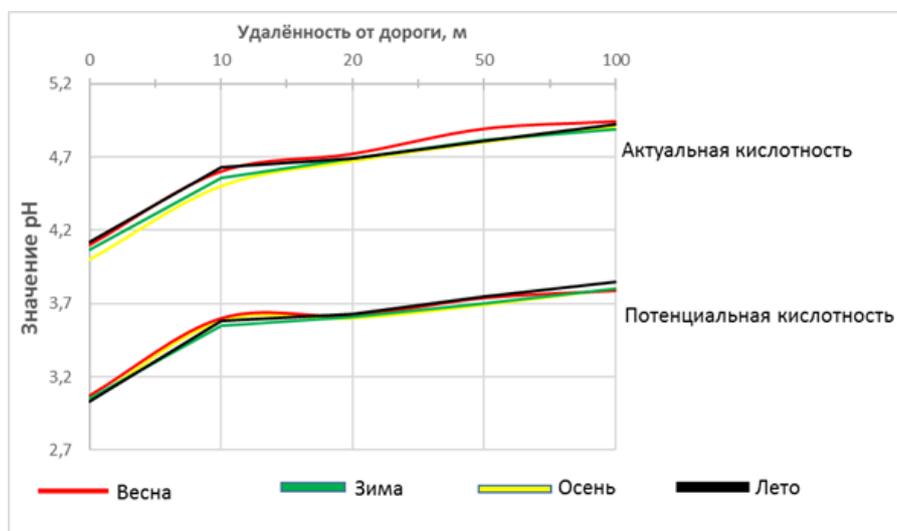


Рисунок 6 – Кислотно-щелочные свойства почвы опытных участков

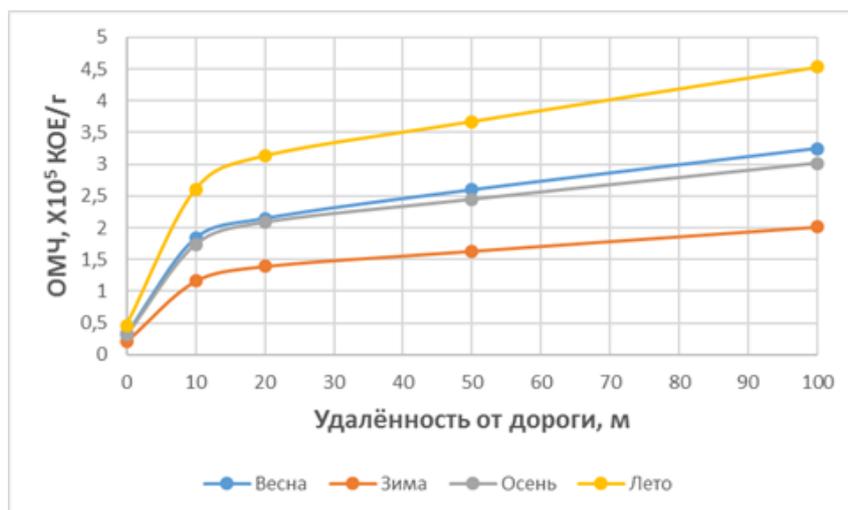


Рисунок 7 – Общее микробное число почвы опытных участков

Напряженность микробиологических процессов почвы коррелятивно связана с размножением и активностью всей совокупности почвенных сапрофитных микроорганизмов. ОЧС определяется также посевным методом, но при других условиях. Общая численность почвенных сапрофитных микроорганизмов почвы опытных участков увеличивается при удалении от автодороги (рис. 8). Обычно в почвах, характеризующихся значительным фекальным загрязнением, ОМЧ превышает ОЧС. На опытных участках разница между ОМЧ и ОЧС не превышает погрешность. Это позволяет предположить, что степень фекального загрязнения на опытных участках незначительна, соот-

ветственно общее микробное число почвы и общая численность почвенных сапрофитных микроорганизмов в данном случае являются показателями биологической активности почвы.

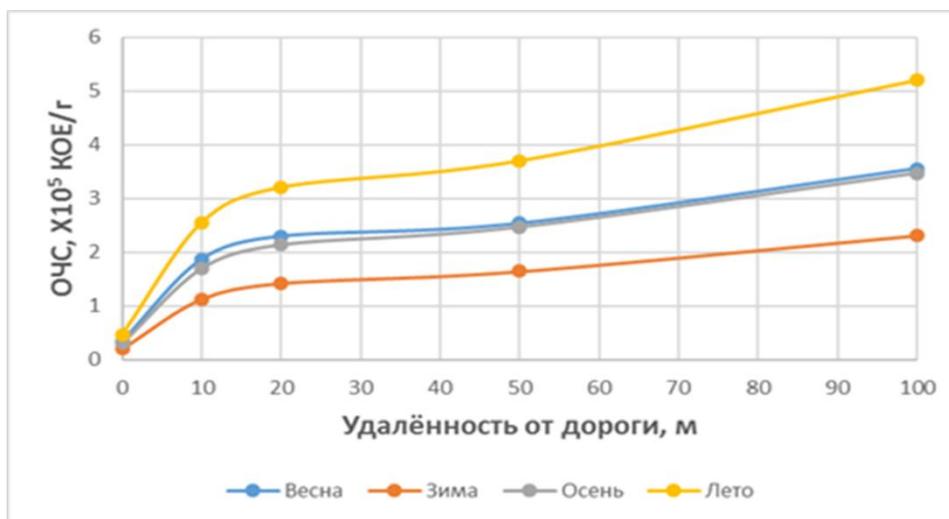


Рисунок 8 – Общая численность почвенных сапрофитных микроорганизмов

Общее число и процент почвенных бацилл. Этот показатель является индикатором глубины минерализации органического субстрата. В чистых почвах с окончившимся процессом самоочищения число бацилл относительно общей микробной обсемененности достигает 20–50 %, в загрязненных сохраняется в пределах до 20 %. Проведённое исследование показывает, что почвы участков № 4 и № 5 можно назвать условно чистыми, почву участка № 3 относительно чистой, а почву с участков № 1 и № 2 – загрязнённой (рис. 9).

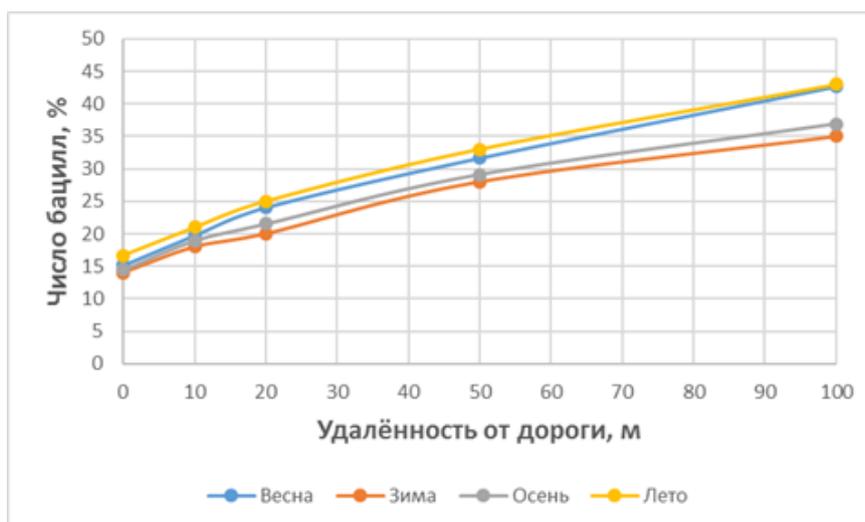


Рисунок 9 – Процент почвенных бацилл на опытных участках

Методами регрессионного анализа установлена связь между общим микробным числом почв и биохимическими показателями. Между общим микробным числом и выбранными для исследования биохимическими показателями прослеживается тесная связь – 89–95 % их изменчивости зависит от ОМЧ. Разница между исследованиями по сезонам года не велика и не превышает погрешности, что подтверждает достоверность теории.

Изучаемые показатели имеют связь с процентом почвенных бацилл – в соответствии с коэффициентом детерминации 86–99 % их изменчивости зависит от содержания почвенных бацилл.

Выводы

1. Наиболее информативными биологическими показателями состояния почвы являются биологическая активность, интенсивность дыхания, фитотоксичность, общее микробное число, общая численность сапрофитных микроорганизмов и общее число, и процент почвенных бацилл.

2. Экспериментально установлено, что по мере удаления от автодороги биологическая активность, интенсивность дыхания, общее микробное число, общая численность сапрофитных микроорганизмов, общее число и процент почвенных бацилл в почве увеличиваются, а её фитотоксичность и кислотность уменьшаются.

3. Методами регрессионного анализа установлена сильная зависимость биохимических показателей от микробиологических.

4. Разница в полученных коэффициентах в пределах погрешности, что позволяет предположить, что связь между биохимическими и микробиологическими показателями почвы сохраняется вне зависимости от времени года.

Перспективы использования флокулирующих бактерий активного ила в качестве фосфатаккумулялирующих агентов в очистке сточных вод

Крамаренко Е. В.¹, Макаревич Е. В.¹, Ильинский В. В.²

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: kramarenkoev@mstu.edu.ru)

² (г. Москва, ФГБОУ ВО "Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова", кафедра гидробиологии, e-mail: vladilinskiy@gmail.com)

Аннотация. В работе рассмотрены перспективы использования биофлокулянт-продуцирующих бактерий в качестве фосфатаккумулялирующих факторов в очистке сточных вод. Несомненный интерес представляют бактерии рода *Pseudomonas*, способные проявлять биофлокулирующую активность в условиях, характеризующихся низким содержанием органических веществ и высокой концентрацией фосфатов, что соответствует составу сточных вод после очистки, и обладающие фосфатаккумулялирующей способностью за счет накопления полифосфатных гранул.

Abstract. This paper presents are using biofloculant-producing bacteria as phosphate-accumulating factors in wastewater treatment. Of interest are the bacteria of the genus *Pseudomonas*. These bacteria are able to exhibit bioflocculating activity under certain conditions – a low content of organic substances and a high concentration of phosphates, which corresponds to the composition of the wastewater after purification. Also these bacteria possess a phosphate-accumulating ability due to the accumulation of polyphosphate granules.

Ключевые слова: сточные воды, фосфаты, фосфатаккумулялирующие бактерии, биофлокулянты.

Key words: wastewaters, phosphates, phosphate-accumulating bacteria, biofloculants.

Одним из важнейших вопросов, остро стоящих перед современной экологией, является проблема неочищенных и недоочищенных сточных вод, приводящая как к эвтрофикации водоемов, за счет поступления биогенных элементов в чрезмерных концентрациях, так и к аккумуляции загрязняющих компонентов в экосистемах. Интенсификация и химизация народного хозяйства, а также повсеместное использование в быту фосфорсодержащих веществ, приводит к накоплению в стоках значительных концентраций фосфатов. Так, содержания азота и фосфора в городских стоках составляют 20–50 и 5–12 мг/дм³ соответственно [1], тем не менее, лимитирующим фактором эвтрофирования является не азот, который может попадать в водоемы из атмосферы, а содержание соединений фосфора.

Самоочищение водоемов в известной мере зависит от температуры окружающей среды [2]. В климатических условиях Крайнего Севера, где интенсивность данного процесса особенно низкая, накопление в гидроэкосистемах фосфатов, многие из которых проявляют токсические свойства, и способны годами сохраняться в природных условиях без заметных признаков разложения, представляют особую опасность [3].

Возможность использования технологий, благодаря которым в естественных условиях работы активного ила осуществляются не только процессы деструкции органического вещества, но и процессы изъятия из водной фазы как взвешенных компонентов, так минерального фосфора, микроорганизмами, способными к одновременной флокуляции и фосфатаккумуляции, представляется весьма актуальной.

В настоящее время для полной очистки сточных вод от биогеннов, в том числе от фосфора, применяют биологические и электрохимические методы, а также использование различных реагентов. Удаление фосфатов из сточных вод химическим путем является небезопасным с точки зрения появления в ходе очистки продуктов химической нейтрализации, а также служит причиной экономической нерентабельности, так как химическая переработка устойчивых фосфатов малоэффективна [4]. Данные обстоятельства заставляют ученых искать альтернативные пути удаления избытка фосфорорганических веществ в стоках до концентраций, не превышающих предельно допустимых значений по фосфатам. В мировой практике все чаще применяются модифицированные биохимические методы изъятия фосфора, в основе которых лежит двухэтапный процесс очистки с помощью активного ила – аэробный и анаэробный.

На сегодняшний день известно, что у многих микроорганизмов, способных к флокуляции и являющихся частью бактериоценоза активного ила, обнаружены и описаны полифосфатные гранулы [5]. Способностью накапливать фосфор в избыточном количестве обладают представители родов *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Aerobacter*, *Aeromonas*, *Zoogloea ramigera* и пр. [6]. В аэробных условиях ФАБ (фосфат аккумулялирующие бактерии) накапливают полимеры фосфорной кислоты в гранулах волютина, а при попадании в анаэробные – используют полифосфаты волютина как энергетический запас для окисления субстрата посредством внутриклеточной дегградации фосфорсодержащих веществ, тем самым отдавая накопленный клеткой фосфор об-

ратно в среду [7]. Несмотря на данный факт, некоторые исследователи пришли к выводу, что процесс использования ФАБ накопленных в клетках полифосфатов не приводит к выбросу фосфора в воду. Попадая в анаэробную зону, часть бактериальных клеток активного ила погибает, а дальнейшие процессы аэрации приводят к интенсивному размножению аэробных микроорганизмов, нуждающихся в фосфоре для построения своего организма [8].

При проведении сравнительного анализа биофлокулирующей активности бактерий, выделенных из городских и бытовых стоков, было установлено, что бактериальные суспензии культуры *Pseudomonas spp.*, полученные на питательных средах различного состава, были способны осаждать взвесь каолиновой глины в среднем на 50 %, а суспензии бактерий семейства *Enterobacteriaceae* на 40 % (рис. 1).

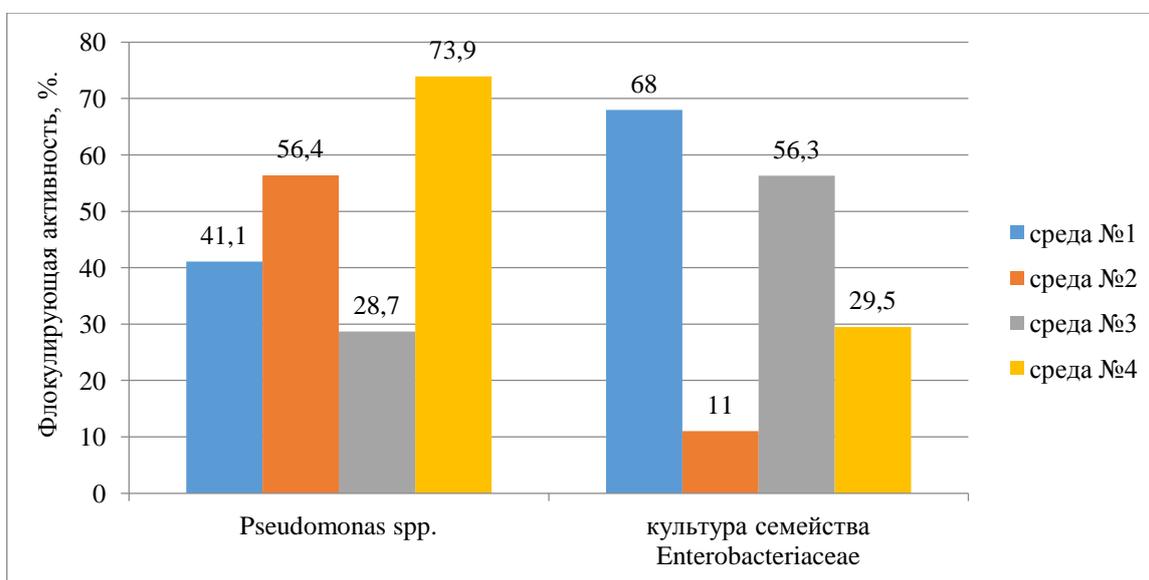


Рисунок 1 – Флокулирующая активность культур *Pseudomonas spp.* и семейства *Enterobacteriaceae*

Культура бактерий *Pseudomonas spp.* по результатам исследования обладала наибольшей флокулирующей активностью при культивировании её на питательной среде №4, соответствующей по химическому составу бытовым сточным водам после очистки. Эталонная питательная среда №1, и среда №3, соответствующая бытовым стокам до очистки, богатые органическими веществами и биогенными элементами менее эффективны, чем среды, максимально приближенные к условиям, при которых выделяли данный микроорганизм. В отличие от бактериальной культуры рода *Pseudomonas*, бактерии семейства *Enterobacteriaceae* показали максимум флокулирующей способности после культивирования на богатых органическим веществом средах [9].

Интерес к фосфатаккумулялирующим бактериям вызван тем, что представители данной физиологической группы микроорганизмов помимо участия в процессах биотрансформации поллютантов сточных вод и удаления фосфатов путем аккумуляции растворенных форм фосфора в клетках, возможно, обладают флокулирующей активностью.

В процессе очистки стоков на этапе концентрации и отделения биомассы активного ила, зачастую в очищенной воде сохраняются высокие концентрации недоокисленных органических и минеральных соединений, а также труднорастворимых взвешенных веществ, обладающих высокой седиментационной устойчивостью. В решении данной проблемы все чаще применяются биофлокулянты, которые выполняют роль мостиков, связывающих взвешенные вещества в процессах агрегирования и укрупнения, тем самым разделяя фазы жидкость – твердое вещество. Данные соединения представляют собой природные высокомолекулярные полимеры различного происхождения. Необходимо отметить, что в настоящее время все чаще используются биофлокулянты, синтезируемые микроорганизмами при определенных условиях внешней среды. Наиболее активными продуцентами биофлокулянтов являются бактерии активного ила, относящиеся к различным родам и видам (*Paenibacillus polymyxa*, *Vagococcus* sp.W31, *Sorangium cellulosum* NUST06, *Bacillus* sp. и др.).

Таким образом, учитывая на сегодняшний день наличие в технологических системах очистки сточных вод проблемы полного удаления фосфорсодержащих и взвешенных веществ, перспективным видится направление исследования возможности ФАБ удалять фосфор из стоков связыванием фосфорсодержащих веществ в флокулы, которые сравнительно легко можно удалить механическим путем. Созданию технологии применения ФАБ в очистке сточных вод в качестве преобладающих представителей бактериоценоза активного ила, способных извлекать фосфор путем его агрегирования, предшествует поиск и изучение штаммов ФАБ, участвующих в процессах образования биофлокулянтов.

Исходя из вышесказанного, перспектива исследования состоит в изучении способности ФАБ максимально полно очищать сточные воды от растворенных и нерастворенных форм фосфора путем аккумуляции и флокулирования. Для осуществления цели, несомненный интерес представляют бактерии рода *Pseudomonas*, которые потенциально обладают биофлокулирующей активностью.

Библиографический список

1. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М. : АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Кульский Л. А. Использование адгезионных и адсорбционных процессов для удаления из воды взвесей и микроорганизмов. – Киев. : Наукова думка, 1973.
3. Савельева Е. И. Исследование продуктов превращений фосфорорганических отравляющих веществ методом газовой хроматографии–масс-спектрометрии // Рос. хим. ж. 2002. XLVI. № 6. С. 83–91.
4. Кравцов И. С., Янов С. Н., Дармов И. В., Ковтун А. Л. Выделение из окружающей среды микроорганизмов, способных разлагать фосфонаты // Химическая и биологическая безопасность. 2006. № 6 (30). С. 3–9.
5. Mc Grath J. W., Cleary S., Mullan A., Quinn J. P. Acid-stimulated phosphate uptake by activated sludge microorganisms under aerobic laboratory conditions // Wat. Res. 2001. V. 35. P. 111–129.
6. Дзюба И. П., Маркевич Р. М., Сигиневиц Т. М. Исследование процесса накопления фосфора фосфораккумулирующими бактериями // Труды БГТУ. 2011. № 4. 182-184.
7. Васильев Б. В. Технологии биологического удаления азота и фосфора на станциях аэрации // Водоснабжение и санитарная техника. 2001. № 5. С. 22–25.
8. Шеломков А. С., Захватаева Н. В. Очистка сточных вод от фосфатов // Вода. 2009. № 6. С. 13–15.
9. Ильинский В. В., Крамаренко Е. В., Макаревич Е. В., Индушко В. В. Оценка влияния условий культивирования на способность микроорганизмов сточных вод к флокуляции // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20. № 2.

Отношение курсантов морского института и колледжа им. Месяцева МГТУ к компонентам здорового образа жизни

Кривенко О. Г.¹, Ключко Е. В.²

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии", e-mail: 117559@mail.ru)

² (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный арктический университет", e-mail: madamkeyko@mail.ru)

Аннотация. В работе представлены данные исследования показателей ЗОЖ курсантов Морского института и колледжа МГТУ. Результаты показывают, что мысли о здоровом образе жизни, значимость здоровья не всегда совпадают с личностными ценностями, собственной ответственностью курсантов.

Abstract. In work these researches of indicators of a healthy lifestyle of cadets of Sea institute and MSTU college are provided. Results show that thoughts of a healthy lifestyle, the importance of health not always match personal values, own responsibility of cadets.

Ключевые слова: вредные привычки, исследование, университет.

Key words: bad habits, investigation, University.

В обществе растет озабоченность по поводу здоровья молодых специалистов, роста заболеваемости в процессе учебы с последующим снижением работоспособности.

В связи с этим усилилось внимание к здоровому образу жизни студентов. Перед Высшей школой стоят задачи не только формирования и воспитания компетентного специалиста, но и полноценного, здорового человека [2].

Жизнедеятельность современного студента часто плохо организована, неупорядочена: несвоевременный прием пищи, недостаточное пребывание на свежем воздухе, малая двигательная активность, отсутствие закаливающих процедур, наличие вредных привычек (курение, алкоголь), выполнение учебных заданий, работа с компьютером ночью, отсюда частое и систематическое недосыпание [3].

Отрицательные последствия неправильной организации жизнедеятельности начинают проявляться к концу учебного года, а к концу учебы в институте могут оказать существенное влияние на состояние здоровья. Если принять уровень здоровья студентов I курса за 100 %, то на II курсе оно снижается в среднем до 91,9 %, на III – до 83,1, на IV курсе – до 75,8 %.

На кафедре "Микробиология и биохимия" ФГБОУ ВПО "МГТУ" продолжается исследование отношения курсантов Морского института к основным показателям ЗОЖ. Анкетирование проводится среди курсантов МИ и ММРК имени И. И. Месяцева.

За период 2014–2016 г. нами было опрошено 218 курсантов, из них 42 человека – курсанты МИ (4 курс) и 176 курсантов ММРК им. И. И. Месяцева. Возраст опрошенных 15–24 года.

Всего с 2010 г. нами было опрошено 593 человека: 154 курсанта МИ и 439 курсанта ММРК им. И. И. Месяцева.

Вопросы, которые нас интересовали: наличие хронических заболеваний, физическая активность, соблюдение режима питания, труда и отдыха, наличие вредных привычек, компьютерной зависимости.

Анкетирование показало, что 13 курсантов МИ и 48 курсантов колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева имеют хронические заболевания (табл. 1), среди которых преобладают заболевания органов пищеварения 25 случаев, дыхательной системы – 16 случаев, заболевания почек – 4 случая.

Коэффициент соотношения курсантов с хроническими заболеваниями к здоровым за период 2010–2013 гг. составил 32,5 случая, за период 2014–2016 гг. – 38,8 случая.

Таблица 1 – Количество курсантов, имеющих хронические заболевания

Годы	Подразделения МГТУ	Имеют хронические заболевания
2010–2013 гг.	<i>Морской институт</i>	15 человек – 13,4 %
	<i>Колледж МГТУ</i>	77 чел – 29,3 %
	Всего	92 чел. – 24,5 %
2014–2016 гг.	<i>Морской институт</i>	13 чел – 30,9 %
	<i>Колледж МГТУ</i>	48–27,2 %
	Всего	61 чел – 28 %
	ВСЕГО (МИ/колледж)	153 28/125

На режим двигательной активности среди компонентов здорового образа жизни приходится – 15–30 %. Нами выявлено, что постоянно занимаются спортом 131 курсант – 16 курсанты МИ и 115 курсантов колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева, что составило 60,1 % от числа опрошенных (табл. 2), при этом сочетают спорт и курение 10 человек. Данные курсанты не видят вреда в таком сочетании, хотя через 5–9 мин после выкуривания одной сигареты мышечная сила снижается на 15 %.

Таблица 2 – Отношение курсантов МИ и колледжа МГТУ к занятию спортом

Года	Подразделения МГТУ	Количество опрошенных	Отношение к занятию спортом		
			Занимаются спортом постоянно	Не занимаются спортом	Отказались ответить на вопрос
2014–2016 гг.	Морской институт	42	16 чел 38 %	18 чел 42,8 %	8
	Колледж МГТУ	176	115 чел 65,3 %	40 чел 22,7 %	6
	Всего	203	131	58	14

Сравнение полученных данных по периодам 2010–2013 гг. и 2014–2016 гг. выявило, что показатель не занимающихся спортом курсантов к занимающимся в первом периоде составил 39 случаев, во втором 44,3 случая, а за весь период исследования 40,7, т. е. количество постоянно занимающихся и не занимающихся спортом курсантов находится примерно на одном уровне.

В формировании здорового образа жизни 10–16 % приходится на правильный режим питания. Питание влияет на физическое и умственное развитие организма, на здоровье, продолжительность жизни и работоспособность человека.

Известно, что рацион питания студентов часто не сбалансирован, среди употребляемых продуктов много рафинированных, содержащих синтетические пищевые добавки, имеется недостаток натуральных продуктов, богатых витаминами, белками, растительными волокнами.

115 курсантов считают, что питаются правильно. 101 опрошенный отметили, что питаются неправильно, частые перекусы имеют 208 респондентов, фастфуд в своем питании предпочитает 98 человек. Многие курсанты питаются нерегулярно, перекусывая на ходу, всухомятку – 55 человек (табл. 3). При этом можно отметить, что за период с 2014 по 2016 г.г. увеличилось количество курсантов с правильным питанием.

Оценка индекса массы тела (ИМТ) опрошенных курсантов показала, что 155 курсантов имеют нормальную массу, у 33 курсантов выявлена недостаточная масса $ИМТ < 19$, 30 курсантов имеют признаки ожирения I степени, так как их $ИМТ = 30–35$.

Таблица 3 – Режим питания опрошенных курсантов и учащихся МГТУ

Года	Подразделения МГТУ	Отношение обучающихся к питанию				
		Питаются		Частые перекусы	Предпо- читают фастфуд	Не дали ответа
		Правильно	Неправильное питание			
2010–2013 гг	<i>Морской институт</i>	15 чел. – 5,7 %	17 чел. – 6,5 %	14 чел.	9 чел.	1 чел.
	<i>Колледж МГТУ</i>	72 чел. – 27,5 %	98 чел. – 37,4 %	87 чел.	60 чел.	59 чел.
	ВСЕГО	87 чел.	115 чел.	101 чел.	69 чел.	60 чел.
2014–2016 гг	<i>Морской институт</i>	20 чел. – 47,6 %	22–52,3 %	13 чел.	-	-
	<i>Колледж им. И. И. Месяцева МГТУ</i>	95 чел. – 53,9 %	79 чел. – 44,9 %	94 чел.	29 чел.	2 чел.
	ВСЕГО	115 чел.	101 чел.	107 чел.	29 чел.	2 чел.
ВСЕГО за 2010–2016 гг.		202 чел.	216 чел.	208 чел.	98 чел.	62 чел.

Режим дня – нормативная основа жизнедеятельности для всех студентов. При построении режима дня необходимо учитывать правильную организацию сна (на режим сна приходится 24–30 % ЗОЖ), питания, виды деятельности и их смену, чередование труда и отдыха. Режим дня должен быть индивидуальным – соответствовать конкретным условиям, состоянию здоровья, уровню работоспособности, личным интересам и склонностям студента.

Анкетирование показало, что только 15 курсантов (35,7 %) МИ 90 (51,1 %) курсантов колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева считают, что они выполняют режим труда и отдыха. 20 (47,6 %) опрошенных МИ и 141 (81,1 %) – колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева имеют нормальный сон (6–8 ч).

Активно отдыхают всего 11 курсантов – 26,2 % МИ и 58 – 32,9 %, обучающихся ММРК им. И. И. Месяцева пассивный отдых предпочитают 21 (50 %) курсант МИ 59 (33,5 %) курсантов колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева.

Интересные данные получены по вопросам подготовки курсантов: только 10 опрошенных МИ и 36 обучающихся колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева тратят на подготовку к занятиям более трех часов, менее трех часов – 20 курсантов МИ и 130 обучающихся ММРК им. Месяцева.

4 курсанта колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева отметили, что их домашняя подготовка составляет 30 мин. Вообще не готовятся к занятиям 2 курсанта МИ и 2 курсанта МГТУ им. И. И. Месяцева.

Сочетают учебу с работой 18 курсантов МИ и 37 обучающихся колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева.

92 опрошенных: 18 курсантов МИ и 74 курсанта колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева имеют вредные привычки (табл. 4). Курящие составляют большую часть данной группы. Чаще всего курсанты считают, что курение помогает расслабляться, снимать стрессы, общаться и т. д.

Таблица 4 – Наличие вредных привычек у курсантов МГТУ

Подразделения МГТУ	Отношение к вредным привычкам					
	Имеют вредные привычки				Не имеют вредных привычек	Не ответили на вопрос
МИ	<i>Курят</i>	<i>Алкоголь</i>	<i>Употребляют наркотики</i>	<i>Комп. зависимость</i>		
	13 чел. – 30,9 %	2 чел. – 4,7 %	–	3 чел.		
	Всего 18 чел. – 42,8 %					
Колледж МГТУ	52 чел. – 29,5 %	12 чел. – 6,8 %	5 чел. – 2,8 %	5 чел. – 2,8 %		
	Всего: 74 чел. – 42 %					

В процентном отношении количество курсантов, имеющих вредные привычки находится примерно на одном уровне на всем протяжении всего исследования.

Попробовали наркотики 14 курсантов колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева, иногда принимают алкоголь 18 курсантов МИ и 12 курсантов колледжа.

Взаимоотношения с компьютером у курсантов складываются предсказуемо: 8 человек признали у себя компьютерную зависимость, при этом больше 5 ч за ним проводят 68 курсантов колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева и 9 курсантов МИ. Большую часть времени курсанты находятся в соц.сетях, просматривают фильмы, играют.

На вопрос: “Ведете ли Вы здоровый образ жизни?” положительно ответили 23 курсанта МИ и 86 курсантов ММРК им. И. И. Месяцева. Среди

причин, которые мешают заботиться о своем здоровье, вести здоровый образ жизни курсанты указали: ничего – 112 человек, лень – 39 курсантов, отсутствие денег – 5 опрошенных. Часть курсантов на эти вопросы не ответила.

Сравнительный анализ данных за периоды исследования показывает, что отношение курсантам к вопросу здорового образа жизни более стабильно у курсантов колледжа МГТУ им. И. И. Месяцева (рис. 1).

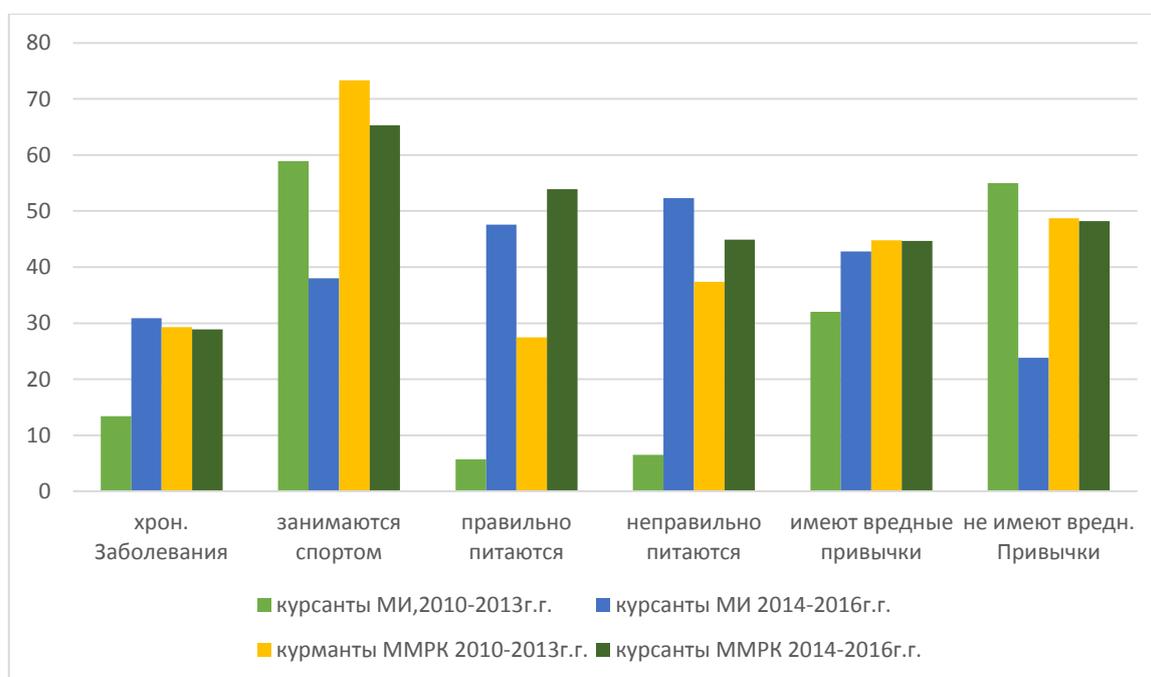


Рисунок 1 – Динамика показателей опроса курсантов за период 2010–2016 гг

Проведенное исследование подтверждает выводы, сделанные ранее. Курсанты имеют представление о здоровом образе жизни.

Однако, между мыслями о здоровом образе жизни, значимостью здоровья и реальным поведением молодых людей, в большинстве случаев лежит реальное противоречие. Понимая и правильно оценивая некоторые факторы своего поведения, курсанты не могут или не хотят их менять. 42,2 % опрошенных имеют вредные привычки. Почти 27 % курсантов не занимаются спортом, а некоторые из активно занимающихся физической культурой имеют вредные привычки.

Большая часть опрошенных неправильно питается, предпочитает частые перекусы (35,6 %). Многие из курсантов понимают вред фастфуда, газированных сладких напитков, но отказаться от них не могут (18 % опрошенных).

В заключении можно отметить, что общественные нормы, ценности здорового образа жизни принимаются курсантами как значимые, но не всегда совпадают с их личностными ценностями, собственной ответственностью. Необходимо продолжать работу по формированию установки на здоровый образ жизни и ее реализацию. Для этого необходимо создавать условия для реализации принципов здорового образа жизни. Вести работу по повышению уровня информированности молодежи по вопросам сохранения и укрепления здоровья.

Библиографический список

1. Щербакова, Т. Г. Сравнительная характеристика отношения студентов 1,3 и 5 курсов факультета физической культуры и безопасности жизнедеятельности к своему здоровью / Т. Г. Щербакова, О. В. Грибанова // Грани познания: электр. Научно-образовательный журнал. – 2015. – № 2. – С 89–93.

2. Даутов, Ю. Ю. Научные основы здоровья и здорового образа жизни / Ю. Ю. Даутов, Т. Ю. Уракова, Р. Ш. Ожегова, Р. Н. Хакунов, Р. А. Тхакушинов // Новые технологии. – 2007. – № 3. – С. 67–69.

3. Старостина А. В., Авдоница Л. Г. Формирование ценностного отношения к здоровью студентов / А. В. Старостина, Л. Г. Авдоница // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / Часть 1. – Тюмень : "Вектор Бук", 2013. – С. 200–203.

Микробиологический анализ почвы рекреационных зон города Мурманска

Литвинова М. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: mlit1@rambler.ru)

Аннотация. В работе представлены результаты микробиологического анализа почвы рекреационных зон (скверов и парков), расположенных на территории города Мурманска. Установлены основные параметры изменения численности эколого-трофических групп микроорганизмов под воздействием рекреационной нагрузки.

Abstract. In work results the microbiological analysis of the soil of recreational zones (public gardens and parks) located in the Murmansk city territory are presented in the article. The basic parameters of the number change of microorganism ecological-trophic groups under the recreational loading influence are determined.

Ключевые слова: почва, микроорганизмы, общая численность бактерий, аммонифицирующие микроорганизмы, нитрифицирующие микроорганизмы.

Key words: soil, microorganisms, ammonifying microorganisms, nitrifying microorganisms.

Почва является одним из ведущих компонентов природной среды, способным оказать как прямое, так и косвенное влияние на состояние не только растительного, но и всего живого мира [1]. Поэтому исследования, позволяющие оценить состав микробных ценозов почвы города Мурманска, крайне актуальны и необходимы для объективной оценки качества почв северных экосистем.

Цель работы состояла в изучении численности и структуры микробных сообществ почв рекреационных зон города Мурманска.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

– оценить санитарно-микробиологическое состояние исследуемой почвы по СанПиН 2.1.7.1287-03;

– определить численный состав микроорганизмов почв по прямому счёту (люминесцентная микроскопия) и методу посева и рассчитать коэффициент сукцессии в почве;

– определить численность функциональных групп бактерий, участвующих в круговороте азота в почве.

Микробиологическое исследование даст возможность оценить уровень безопасности земельного участка и позволит определить ее экологическое

состояние. Особое внимание уделялось территориям, предназначенным для организации мест отдыха населения. Для исследования качественного и количественного состава микроорганизмов в почве были выбраны три парковых зоны, расположенных в черте города Мурманска.

- парк у Центрального Сбербанка – почва участка № 1;
- парк у Семеновского озера – почва участка № 2;
- парк на площади 5 углов – почва участка № 3.

В состав микробиологических наблюдений входило определение следующих показателей: индекс БГКП и энтерококка, сульфитредуцирующие клостридии, патогенные бактерии, в том числе сальмонеллы, общая численность бактерий (ОЧБ) по прямому счёту, общая микробная численность (ОМЧ) по посеву, а так же количество аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий [3].

Оценку степени эпидемической опасности почвы по микробиологическим показателям проводили по СанПиН 2.1.7.1287-03 [4, 5]. Энтерококк, сульфитредуцирующие клостридии и патогенные бактерии, в том числе сальмонеллы не были обнаружены ни в одном из выбранных образцов почвы.

По нормативной документации в чистых почвах индекс БГКП не должен быть больше десяти [5]. По нашим данным индекс превышал норму в целом в три раза (рис. 1).

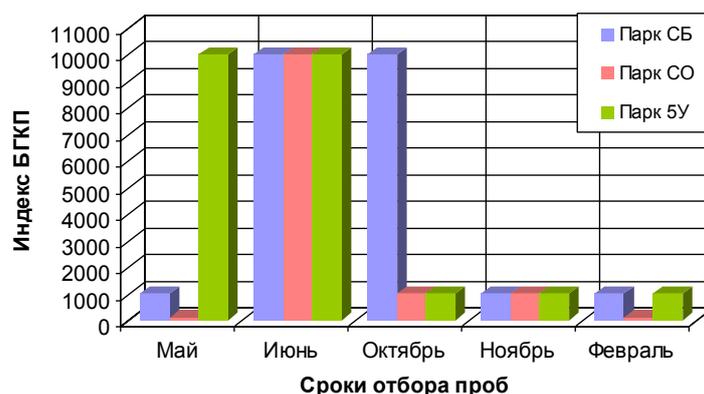


Рисунок 1 – Индекс БГКП

Общая численность бактерий по прямому счёту в почве составила от десятков до сотен миллионов клеток в 1 г почвы. Почвы выбранных участков по степени обогащенности микроорганизмами можно отнести к "очень бедным", так как количество микроорганизмов в почве составляет менее 1 млрд клеток. В целом, сезонные значения ОЧБ в парке у Семеновского озера чаще

всего превышали таковые на двух других участках, а минимальные значения этого показателя обычно регистрировали в почве парка у Сбербанка (рис. 2).

Численность микроорганизмов по посеву составила от сотен тысяч до десятков миллионов клеток в 1 г почвы. Показано, что количество микроорганизмов в почве достигает своего максимума в весенне-летний период, что связано с достаточным прогреванием почвы в этот период и активным снеготаянием (рис. 3).

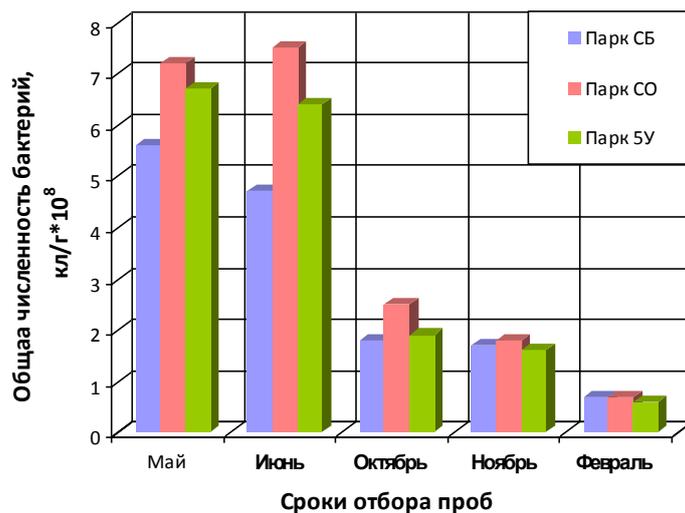


Рисунок 2 – Общая численность бактерий в выбранных образцах почвы

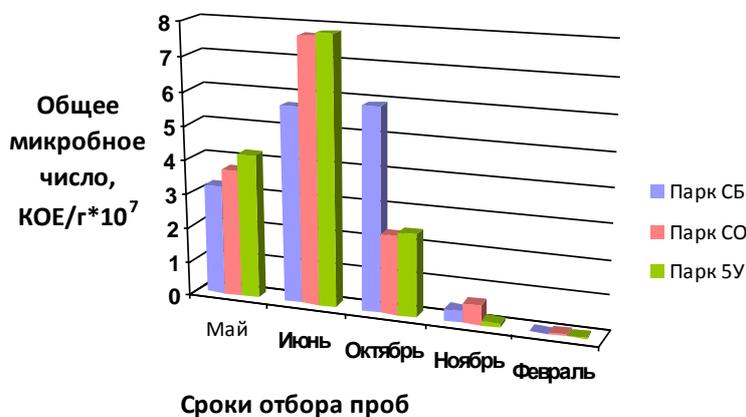


Рисунок 3 – Общее микробное число в выбранных образцах почвы

Параллельное применение методов прямой микроскопии и метода посева почвенной суспензии на плотные питательные среды дает возможность оценить сукцессионные процессы в микробной экосистеме почвы. В почве непрерывно протекает закономерная смена (сукцессия) микроорганизмов, которая длится на протяжении недель, месяцев. Для этого определяется отношение численности бактерий по данным микроскопии к численности по посеву и вычисляют коэффициент К. Данный коэффициент является ценным пока-

зателем, по которому можно судить о стадии микробной сукцессии в почве [2]. Значения коэффициента сукцессии представлены на рис. 4.

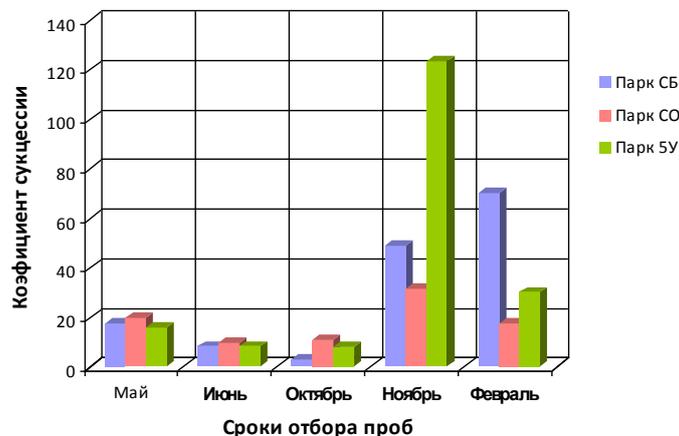


Рисунок 4 – Коэффициент сукцессии

Минимальные значения коэффициента сукцессии наблюдались в почвах в период с мая по октябрь, почвенный покров в данный период времени характеризуется начальным уровнем микробиологической сукцессии и увеличением доли быстрорастущих популяций г-отбора. Этот тип сукцессии наблюдается в почвах, инициируемых увлажнением или внесением легкодоступного субстрата. Наибольшие значения коэффициента были характерны для зимних месяцев, таким образом, в почве увеличивается число медленно-растущих микроорганизмов, разлагающих полимерные соединения, а, следовательно, нарастает количество К-стратегов. Эта ситуация возникает при воздействии на экосистему экстремальных условий (низкая температура среды), когда преимущество получают устойчивые к экстремальным условиям формы (например, споры).

Анализ физиологических групп дает возможность составить представление о соотношении микроорганизмов, осуществляющих различные физиологические процессы, и до некоторой степени судить о господствующих направлениях в этих процессах.

Аммонифицирующие бактерии обеспечивают процессы гниения, разлагая мертвую органику до простых веществ, и, тем самым, играют ключевую роль в круговороте веществ. Преобладание аммонифицирующих бактерий в почве свидетельствует о поступлении большого количества органических веществ и указывает, что в исследованных почвах преобладают процессы, связанные с аммонификацией белков [6]. Численность аммонифицирующих бактерий в изученных почвах составляет от $2,5 \times 10^3$ до $6,0 \times 10^6$ кл/мл. Увеличение количества аммонификаторов в весенне-летний период, объясняется,

вероятно, тем, что почва пополняется органическим веществом за счёт таяния снега и активным развитием растительного ценоза. Количество аммонифицирующих микроорганизмов представлено на рис. 5.

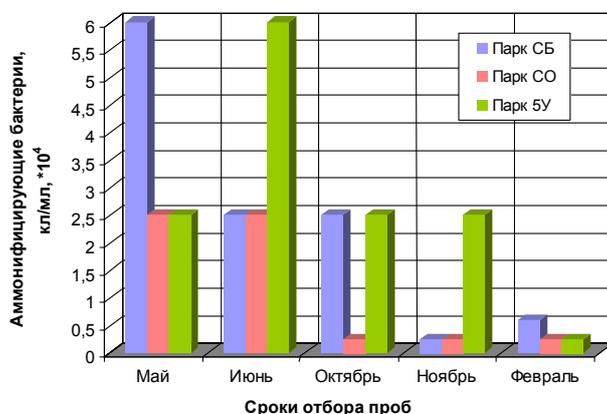


Рисунок 5 – Количество аммонифицирующих микроорганизмов

Нитрифицирующие бактерии завершают цикл превращения в почве азотсодержащих соединений, окисляя аммиак до нитритов и нитратов. Поэтому численность этих микроорганизмов довольно четко указывает на степень органического загрязнения, скорость и окончание распада органики в почве [6]. Количество нитрификаторов I и II фазы в почвах достигало: аммонийокисляющих бактерий – 6×10^2 кл/мл, нитритокисляющих бактерий – 2×10^3 кл/мл (рис. 6, 7).

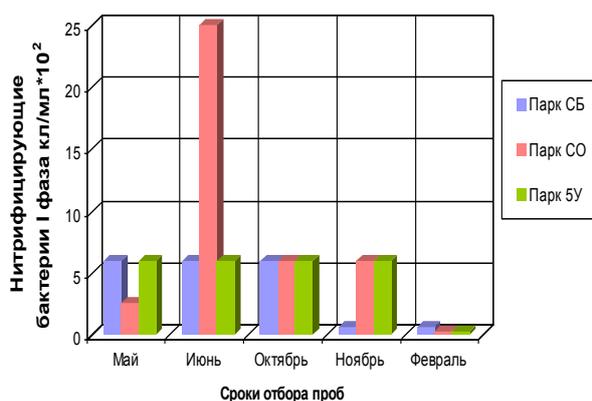


Рисунок 6 – Количество нитрифицирующих микроорганизмов в I фазе

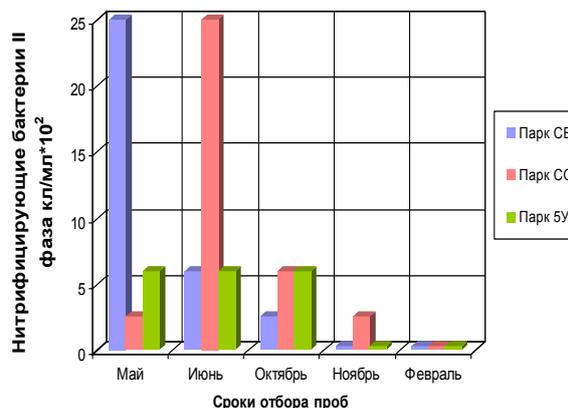


Рисунок 7 – Количество нитрифицирующих микроорганизмов во II фазе

Оценили санитарно-микробиологическое состояние исследуемой почвы по СанПиН 2.1.7.1287-03, энтерококк, сульфитредуцирующие клостридии и патогенные бактерии, в том числе сальмонеллы не были обнаружены ни в одном из выбранных образцов почвы.

Почву в парках у центрального Сбербанка и на площади Пять углов по индексу санитарно-показательных микроорганизмов, можно отнести к "опасной" категории загрязнения почв, а почву в парке у Семеновского озера к "умеренно опасной".

Общая численность бактерий по прямому счету в почве составила от десятков до сотен миллионов клеток в 1 г почвы, а численность микроорганизмов по посеву варьировала от сотен тысяч до десятков миллионов клеток в 1 г почвы.

Прослежено изменение доминирующих стратегий в комплексе микроорганизмов почвы в ходе сукцессии. С мая по октябрь – на начальных этапах сукцессии доминируют микроорганизмы с r-стратегией, а с ноября по февраль – поздних этапов сукцессии – типичные K-стратеги.

Коэффициент минерализации свидетельствует о низкой минерализующей активности микробных сообществ выбранных участков почвы в течение всего периода исследования.

В сообществе функциональных групп бактерий, участвующих в круговороте азота в почве, доминировали аммонифицирующие бактерии. Их численность изменялась от нескольких тысяч до миллионов клеток в грамме почвы. Количество аммонийокисляющих и нитритокисляющих бактерий было значительно ниже, и изменялись от десятков клеток до нескольких сотен клеток в грамме почвы.

Библиографический список

1. Емцев, В. Т. Микробиология / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. – М. : Наука, 2006. – 132 с.
2. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы. – М. : Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.
3. Лисицынская, Е. Е. Санитарная микробиология : метод. указания / Е. Е. Лисицынская, М. Ю. Литвинова. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2009. – С. 58–59.
4. МУ 2.1.7.7.730-99. Методы по санитарно-микробиологическому анализу почв. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. – 45 с.
5. СанПиН 2.1.7.1287-03 "Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы" / Госкомсанэпиднадзор России. – М., 2003.
6. Умаров, М. М. Микробиологическая трансформация азота в почве / М. М. Умаров, А. В. Кураков, А. Л. Степанов. – М. : ГЕОС, 2007. – 138 с.

Биохимическая диагностика гипотиреоза

Мишанина Л. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: ludapoh@yandex.ru)

Аннотация. Гипотиреоз – состояние, обусловленное длительным, стойким недостатком гормонов щитовидной железы. Дифференциальная диагностика гипотиреоза строится на основании клинических исследований пациента, и, в первую очередь, в определении уровня тиреотропного гормона.

Abstract. Hypothyroidism – a condition caused by prolonged, persistent lack of thyroid hormones. Differential diagnosis of hypothyroidism is based on clinical studies of the patient, and, in the first place, in determining of the level of thyroid-stimulating hormone.

Ключевые слова: гипотиреоз, тиреотропный гормон, тироксин, щитовидная железа.

Key words: hypothyroidism, thyroid-stimulating hormone, thyroxine, thyroid gland.

Гипотиреоз – синдром, обусловленный недостаточным выделением гормонов щитовидной железой, в настоящее время является наиболее встречаемым и изученным в эндокринологии. Однако в диагностике и лечении этого состояния остается много вопросов, не имеющих однозначной трактовки.

Различают следующие виды гипотиреоза: первичный (тиреогенный), вторичный (гипофизарный), третичный (гипоталамический), тканевой (транспортный, периферический), врожденный и приобретенный.

Основными причинами приобретенного гипотиреоза являются хронический аутоиммунный тиреоидит, ятрогенный гипотиреоз, лечение диффузного токсического зоба, острый дефицит йода в продуктах питания и воде. У беременных женщин и новорожденных легкий и умеренный йододефицит вызывает транзиторные нарушения синтеза тиреоидных гормонов. В случае транзиторного гипотиреоза нарушение функции щитовидной железы может исчезать в процессе естественного течения заболевания или же после исчезновения вызвавшего его фактора. Врожденный гипотиреоз развивается в результате врожденных структурных нарушений щитовидной железы или гипоталамо-гипофизарной системы, дефекта синтеза тиреоидных гормонов и различных экзогенных воздействий во внутриутробный период.

При гипотиреозе, как правило, отсутствуют специфические признаки, характерные только для этого заболевания.

Выраженность симптомов гипотиреоза во многом зависит от причины заболевания, степени тиреоидной недостаточности, индивидуальных особенностей пациента.

Жалобы при гипотиреозе часто скудны и неспецифичны, тяжесть состояния больных обычно не соответствует их жалобам: вялость, медлительность, снижение работоспособности и быстрая утомляемость, сонливость, снижение памяти, многие часто жалуются на сухость кожи, одутловатость лица и отечность конечностей, грубый голос, ломкость ногтей, выпадение волос, увеличение массы тела, ощущение зябкости, отмечаются парестезии, запоры. Осложнением врожденного гипотиреоза является нарушение деятельности ЦНС и развитие у ребенка олигофрении, кретинизма. Гипотиреоз у беременной женщины проявляется в различных аномалиях развития плода, рождении ребенка с функциональной недостаточностью щитовидной железы. Редко встречающееся осложнение гипотиреоза – гипотиреоидная кома, обычно возникает у пациентов пожилого возраста с длительно протекающим, не леченым гипотиреозом [1].

Таким образом, гипотиреоз является одним из немногих заболеваний, для диагностики которого данные клинической картины имеют второстепенное значение. В основе современной диагностики гипотиреоза лежит определение в крови концентраций тиреотропного гормона (ТТГ) и свободного тироксина (T_4). Причем, в первую очередь, необходимо ориентироваться на определение уровня ТТГ. Сывороточный ТТГ повышен соответственно степени гипофункции; реже всего с двукратным и чаще с десятикратным превышением нормы, поэтому данный тест лучший и его назначают первым. Единичного определения обычно недостаточно для постановки диагноза. Сывороточный ТТГ всегда должен измеряться перед началом терапии клинического гипотиреоза для различения первичного, вторичного и третичного типов [2, 3].

При первичном выявлении повышенного уровня ТТГ (при отсутствии в анамнезе лечения радиоактивным йодом или оперативного вмешательства на щитовидную железу) необходимо исследование уровней антител к ткани щитовидной железы для уточнения возможного аутоиммунного генеза гипотиреоза. Предпочтение следует отдавать тестированию уровней антител к тиреопероксидазе, которые в регионах с достаточным содержанием йода являются более специфичными маркерами аутоиммунной патологии щитовидной железы, нежели антитела к тиреоглобулину [4].

При гипотиреозе могут изменяться некоторые биохимические показатели. Так, наблюдают повышение концентрации сывороточного холестерина, миоглобина, кальция, активности креатинкиназы, аспартатаминотрансферазы, лактатдегидрогеназы, снижение активности сывороточной щелочной фосфатазы, уровня сывороточного натрия, сывороточного железа и общей железосвязывающей способности. Белок ликвора повышен в 25 % случаев этого заболевания [2].

Врожденный гипотиреоз является одним из наиболее часто встречающихся заболеваний щитовидной железы у детей. В России скрининг новорожденных ведется в отношении пяти наследственных заболеваний, в том числе гипотиреоза. Встречаемость врожденного гипотиреоза в нашей стране составляет в среднем 1 : 4 000. У девочек заболевание выявляют в 2 раза чаще, чем у мальчиков.

При подозрении на врожденный гипотиреоз определение ТТГ проводят на 4–5-е сутки после рождения. Повышение уровня ТТГ (более 10 мЕд/мл) является показанием к лечению тиреоидными гормонами [5].

При исследовании на врожденный гипотиреоз в Мурманской области выявлено, что частота встречаемости врожденного гипотиреоза за последние три года составляет 1 : 1800 (табл. 1), что значительно выше, чем по России, это, вероятно, связано с йододефицитом в нашем регионе и обусловлено отсутствием адекватной антенатальной йодной профилактики на протяжении всей беременности.

Таблица 1 – Результаты неонатального скрининга на врожденный гипотиреоз за 2014–2016 г.г. в Мурманской области

Количество новорожденных	Период		
	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Родилось всего	9 145	9 316	9 308
Обследовано на врожденный гипотиреоз	9 043 (98,9 %)	9 206 (98,8 %)	9 125 (98 %)
Выявлено с врожденным гипотиреозом	7	2	6

По степени тяжести гипотиреоз классифицируют на субклинический, манифестный и осложненный. Субклинический гипотиреоз – легкая недостаточность щитовидной железы, при которой наблюдают повышенный уровень ТТГ и нормальный уровень свободного Т₄. При манифестном гипотиреозе выявляются клинические симптомы разной степени выраженности, определяется повышенный уровень ТТГ и пониженный уровень свободного тироксина. При осложненном гипотиреозе проявляются тяжелые соматические или неврологические расстройства [1].

Общая распространенность манифестного гипотиреоза в популяции составляет 0,2–2 %.

Наиболее часто встречается субклинический гипотиреоз. Распространенность субклинического гипотиреоза, диагностику которого проводят по уровню ТТГ, в России за последние 10 лет составляет 4,5 % среди женщин 18–44 лет, 9 % среди женщин 45–74 лет и 16 % среди женщин старше 75 лет. Распространенность субклинического гипотиреоза составляет 3 % среди мужчин 18–44 лет, 4 % среди мужчин 45–74 лет и 6 % среди мужчин старше 75 лет (рис. 1) [1].

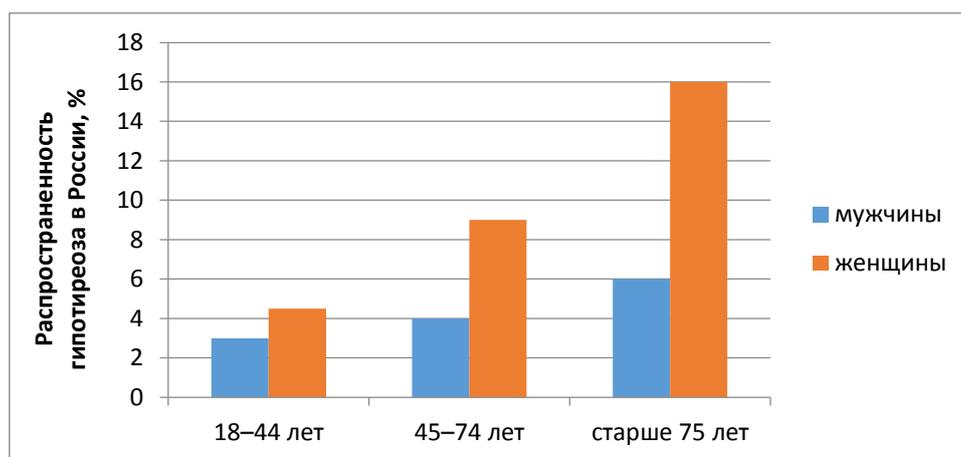


Рисунок 1 – Распространенность субклинического гипотиреоза в России, %

Распространенность субклинического гипотиреоза в Мурманской области за последние 10 лет следующая: 6 % среди женщин 18–44 лет, 13 % среди женщин 45–74 лет и 18,6 % среди женщин старше 75 лет. Распространенность субклинического гипотиреоза составляет 4,5 % среди мужчин 18–44 лет, 6,5 % среди мужчин 45–74 лет и 7,8 % среди мужчин старше 75 лет (рис. 2).

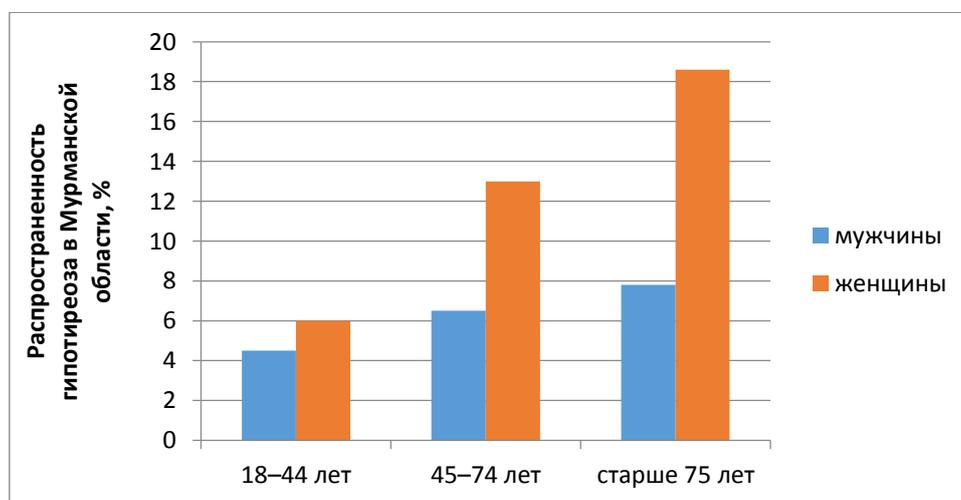


Рисунок 2 – Распространенность субклинического гипотиреоза в Мурманской области, %

Из графиков видно, что распространенность гипотиреоза в Мурманской области выше, чем по России, что, вероятно, связано с йододефицитом в нашем регионе, причем у женщин среднего, пожилого и старческого возраста встречается чаще, чем у мужчин тех же возрастных групп.

Поэтому целесообразно проводить скрининг на гипотиреоз (определение уровня ТТГ) не только новорожденных, беременных, но и женщин после 45 лет, особенно проживающих в условиях недостатка йода, так как субклинический гипотиреоз, представляющий собой легкую форму недостаточности щитовидной железы, с течением времени в большинстве случаев прогрессирует с развитием манифестного гипотиреоза.

Таким образом, ранняя диагностика гипотиреоза, которая, в первую очередь, основывается на определении уровня тиреотропного гормона, позволяет своевременно выявить данный синдром и выбрать подходящий метод лечения.

Библиографический список

1. Мохорт, Т. В. Гипотиреоз : распространенность, клиническая картина, диагностика, современные представления о целесообразности скрининга / Т. В. Мохорт, Н. В. Карлович // Медицинские новости, 2004. – № 10. – С. 50–58.
2. Долгов, В. В. Лабораторная диагностика заболеваний щитовидной железы / В. В. Долгов, И. П. Шабалова, Е. П. Гитель, Д. Е. Шилин. – Тверь : ООО Изд-во "Триада", 2006. – 92 с.
3. Скударнова, И. М. Гормоны щитовидной железы : пособие для врачей / Скударнова И. М., Соболева Н. В., Мычка Н. В. – Кольцово : ЗАО "Вектор-Бест", 2006. – 32 с.
4. Фадеев В. В. Определение антител к рецептору тиреотропного гормона в клинической практике : Руководство для врачей и специалистов по лабораторной диагностике – М. : Pribori Oy, 2007. – 23 с.
5. Петеркова, В. А. Врожденный гипотиреоз у детей. Неонатальный скрининг, диагностика и лечение : пособие для врачей / В. А. Петеркова, О. Б. Безлепкина. – М. : ЭНЦ РАМН, 2006. – 22 с.

Изучение иммунотоксичности и иммуномодулирующих свойств сухих экстрактов из фукоидов Баренцева моря

Облучинская Е. Д. (г. Мурманск, ФГБУН Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, e-mail: okaterine@yandex.ru)

Аннотация. При проведении исследования биологической активности сухих экстрактов на основе фукусовых водорослей Баренцева моря установлено, что экстракты из *Fucus vesiculosus* оказывают выраженное иммуностимулирующее действие, повышая функциональную активность макрофагов и нейтрофильных гранулоцитов. Исследованные препараты оказывают защитное действие на организм животных с моделированной иммунодепрессией различного генеза, причем защитное действие препаратов из *Fucus vesiculosus* выражено сильнее, по сравнению с экстрактами из *Fucus distichus*.

Abstract. In the study of biological activity of dry extracts from Fucooid of the Barents Sea, it was established that extracts from *Fucus vesiculosus* exert a pronounced immunostimulating effect, increasing the functional activity of macrophages and neutrophilic granulocytes. The studied drugs have a protective effect on the organism of animals with simulated immunodepression of various genesis, and the protective effect of preparations from *Fucus vesiculosus* is expressed more strongly, in comparison with the extracts from *Fucus distichus*.

Ключевые слова: фукусовые водоросли, полифенолы, флороглюцин, фукоидан, сухие экстракты, Баренцево море.

Key words: fucus algae, polyphenols, phloroglucinol, fucoidan, dry extract, the Barents Sea.

Фукусовые водоросли характеризуются широким спектром биологической активности, они относятся к классу бурых водорослей, встречающихся в России преимущественно в акватории Белого, Баренцева, Балтийского и дальневосточных морей. Основными компонентами, обуславливающими высокую биологическую активность фукуса, являются полисахариды (фукоиданы, альгинаты), полифенолы, липиды, пигменты и другие вещества. Фукусовые водоросли также содержат аскорбиновую кислоту. Качественный и количественный состав макрофитов зависит от многих факторов, в частности, от условий их местообитания. В полученных с помощью спиртовой и водно-спиртовой экстракции препаратах фукуса содержится большое количество йода, при этом в экстракт переходят и многие другие ценные вещества: маннит, альгиновая кислота, липиды, минеральные вещества, производные хлорофилла, каротиноиды и витамины (жирорастворимые) [1]. Полученный в результате водно-спиртового экстрагирования фукуса водный остаток содержит йод (0,2–0,3 %), природные макро- и микроэлементы: калий – 2,52,8 %, кальций – 2,0 %, магний – 0,8 %, натрий – 2,5–3,0 %, железо – 10 мг % [2].

Одним из важнейших биологических свойств экстрактов фукусовых водорослей является иммуномодулирующая активность. Так, показано, что экстракты фукусовых водорослей обладают иммуномодулирующим эффектом, усиливают фагоцитарную активность макрофагов [3, 4], вызывают активацию и созревание дендритных клеток, в том числе мозга. Кроме того, могут способствовать усилению синтеза интерферонов, активации природных клеток-киллеров, в результате чего в крови повышается концентрация противовоспалительных цитокинов и производство противовирусных веществ.

Цель исследования – изучение иммуностимулирующих и иммуномодулирующих свойств сухих экстрактов, выделенных из фукоидов Баренцева моря.

Экспериментальная часть

Получение сухих экстрактов осуществляли из 4-х видов фукусовых водорослей, обитающих на побережье Баренцева моря по технологии, разработанной в ММБИ КНЦ РАН [5]. Сырье для получения экстрактов – слоевища фукуса пузырчатого *Fucus vesiculosus*, фукуса зубчатого *F. serratus*, фукуса двустороннего *F. distichus*, аскофиллума узловатого *Ascophyllum nodosum* собранных в экологически чистом районе Баренцева моря в г. Ярнышная в августе 2016 г.

В ходе детального анализа установлено, что количественные показатели сухих экстрактов из фукоидов Баренцева моря с помощью ферментативного гидролиза, включают в себя полисахариды, полифенолы, свободные аминокислоты (САК), аскорбиновую кислоту (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика сухих экстрактов, полученных из разных видов фукусовых водорослей, в г/100 г // Выход в % от содержания в сырье

Вид водорослей	Фукоидан	Полифенолы	Альгиновая кислота	Аскорбиновая кислота
<i>Fucus vesiculosus</i>	55–60 // 73–80 %	30–35 // 95–98 %	2,2–4,6	0,7–1,0 // 90–95 %
<i>Fucus distichus</i>	50–57 // 69–79 %	27–33 // 93–97 %	1,8–3,5	0,6–1,0 // 89–93 %
<i>Fucus serratus</i>	52–59 // 71–81 %	25–30 // 94–98 %	3,2–5,0	0,5–0,8 // 91–96 %

Для наиболее важных с точки зрения иммуномодулирующей активности показателей (фукоидан, полифенолы, аскорбиновая кислота) рассчитан технологический выход в пересчете на содержание БАВ в сырье. Применение новой технологии позволило достичь наиболее полной извлекаемости

из водорослевого сырья полифенолов и аскорбиновой кислоты (более 90 %) с одновременным увеличением процентной доли этих веществ в сухих экстрактах (для полифенолов 25–30 %). Поскольку по суммарным значениям преимущественно обладают экстракты из водорослей *Fucus vesiculosus* и *Fucus distichus*, то для дальнейших исследований были выбраны именно эти биопрепараты.

Изучение иммуносенсибилизации и иммуномодулирующих свойств сухих экстрактов, выделенных их фукоидов Баренцева моря, проводили на базе ООО "Институт фармации" (г. Санкт-Петербург).

Определение влияния сухих экстрактов на массу и клеточность органов иммунной системы проводили на мышах гибридах линии СВА.

Как видно из приведенных в табл. 2 данных, все сухие экстракты не оказывали токсического действия на центральные и периферические органы иммунной системы. Отменено незначительное увеличение массы и клеточности селезенки в сравнении с контролем у групп животных, получавших сухой экстракт из *F. distichus*.

Таблица 2 – Влияние сухих экстрактов на массу и клеточность органов иммунной системы

Масса (мг) и клеточность органа (клеток/г × 10 ⁸)	Препарат				
	Контроль	Сухой экстракт из <i>F. distichus</i>	Сухой экстракт из <i>F. serratus</i>	Сухой экстракт из <i>F. vesiculosus</i>	Сухой экстракт из <i>A. nodosum</i>
Селезенка					
Масса	99,4 ± 4,7	102,3 ± 5,1 p > 0,05	110,5 ± 4,8 p > 0,05	97,0 ± 3,5 p > 0,05	115,6 ± 3,9 p > 0,05
Клеточность	11,5 ± 0,7	12,2 ± 0,4 p > 0,05	14,9 ± 0,3 p > 0,05	11,8 ± 0,3 p > 0,05	13,9 ± 0,6 p > 0,05
Тимус					
Масса	46,2 ± 2,3	48,6 ± 1,9 p > 0,05	50,1 ± 3,2 p > 0,05	45,8 ± 2,7 p > 0,05	47,3 ± 2,0 p > 0,05
Клеточность	10,2 ± 0,4	9,7 ± 0,3 p > 0,05	9,5 ± 0,3 p > 0,05	10,5 ± 0,5 p > 0,05	9,9 ± 0,4 p > 0,05
Лимфоузлы					
Масса	25,1 ± 1,1	23,8 ± 1,3 p > 0,05	24,0 ± 0,9 p > 0,05	22,9 ± 1,1 p > 0,05	23,4 ± 1,2 p > 0,05
Клеточность	6,3 ± 0,2	5,8 ± 0,3 p > 0,05	6,1 ± 0,2 p > 0,05	5,9 ± 0,1 p > 0,05	6,0 ± 0,2 p > 0,05

Примечание: p – уровень значимости различий в сравнении с контрольной группой животных

Оценка влияния препаратов на гуморальное звено иммунного ответа проводилось по определению уровня гемагглютининов к различным антигенам (эритроциты барана и овальбумин) и определению количества антител класса IgM.

Для изучения влияния сухих экстрактов на гуморальный иммунный ответ к эритроцитам барана и овальбумину использовали реакцию гемагглютинации с сыворотками крови от мышей линии СЗА, которым в течение 15 дней вводили препараты в дозе 0,5 МИД. В качестве антигенов использовали эритроциты барана (в дозе 10^8 клеток/мышь) и овальбумин (в дозе 2 мг белка/кг), которые вводили на 15 сутки внутривенно. Отбор крови производили еженедельно на протяжении 4 недель. Контрольным животным вводили соответствующее количество физраствора.

Для определения антител класса IgG к корпускулярному антигену (ЭБ) использовали реакцию гемагглютинации. Для определения антител к водорастворимому антигену овальбумину использовали твердофазный иммуноферментный анализ на полистироловых планшетах с проявлением сорбированных антител конъюгатом антимишинных антител с пероксидазой.

Результаты исследований приведены в табл. 3. Отмечено достоверное увеличение синтеза гемагглютининов при введении сухого экстракта из *F. vesiculosus* на 14–21 сутки. Введение сухого экстракта из *F. distichus* вызывало стимуляцию синтеза антител на 21 сутки по сравнению с контролем. Исследование уровня антител к водорастворимому антигену при введении препарата не выявило влияния сухого экстракта на гуморальный иммунный ответ.

Таблица 3 – Влияние сухих экстрактов на гуморальный иммунный ответ

Препараты	Средние логарифмы по основанию двух титров гемагглютининов по срокам (сут)			
	7	14	21	28
Контроль	6,3	6,0	7,0	6,5
Сухой экстракт из <i>F. distichus</i>	6,3	6,6	8,1	6,2
Сухой экстракт из <i>F. vesiculosus</i>	6,3	9,7	8,4	6,5

Определение влияния сухих экстрактов на количество антител класса IgM проводили в реакции Эрие и Иордана, рассчитывая количество антител – образующих клеток (АОК) к ЭБ в селезенке мышей линии СВА. Контрольным животным вводили соответствующее количество физраствора. Результаты

эксперимента приведены в табл. 4. Установлено, что многократное введение сухого экстракта из *F. vesiculosus* и сухого экстракта из *F. distichus* несколько увеличивает количество АОК, однако достоверных различий не выявлено. Остальные препараты не изменяют количества АОК, секретирующих антитела класса IgM.

Таблица 4 – Влияние сухих экстрактов на синтез антител класса IgM

Препарат	Количество АОК на 10 ⁶ спленоцитов
Контроль	220 ± 16
Сухой экстракт из <i>F. distichus</i>	248 ± 12 (p > 0,05)
Сухой экстракт из <i>F. vesiculosus</i>	289 ± 15 (p < 0,05)

Примечание: p – уровень значимости различий в сравнении с контрольной группой животных

Иммуномодулирующую способность препаратов оценивали, сравнивая индивидуальные показатели индекса реакции животных контрольной и опытной групп. Оценку возможного действия сухих экстрактов на продукцию Т-лимфоцитами фактора, ингибирующего миграцию лейкоцитов, проводили на мышцах линии СВА, которым вводили препараты перорально в дозе 1/4 МПД на протяжении 15 дней, затем однократно внутривентриально вводили ПАФ, содержащий 1 250 мкг микобактерий в 1 мл. Миграцию лейкоцитов измеряли с помощью микрометрической линейки. Далее вычисляли показатель угнетения: миграции (ПУМ). Данные, представленные в табл. 5, свидетельствуют о некотором стимулировании функциональной активности Т-лимфоцитов препаратами из *F. vesiculosus* и из *F. distichus*. Все препараты не угнетали продукцию данного лимфоцита Т-лимфоцитами.

Таблица 5 – Влияние сухих экстрактов на миграцию лимфоцитов

Препарат	ПУМ лейкоцитов, %	
	Доза 20 мкг/мл	Доза 40 мкг/мл
Контроль	13	12
Сухой экстракт из <i>F. distichus</i>	18	23
Сухой экстракт из <i>F. vesiculosus</i>	41	36

Изучение влияния исследуемых препаратов на функциональную активность макрофагов проводили по тестам определения активности маркерного фермента макрофагов – 5'-нуклеотидазы, фермента пуринового метаболизма. Также была изучена активность макрофагов по способности к поглощению красителя – нейтрального красного.

Результаты изучения фагоцитарной активности макрофагов с использованием нейтрального красного при многократном введении исследуемых препаратов показали, что все сухие экстракты в разной степени способствуют активации фагоцитоза у животных на фоне иммунодепрессии. Наиболее выраженное активизирующее действие на поглотительную способность макрофагов оказали препараты из *F. vesiculosus*.

Для более углубленного изучения влияния препаратов на функциональную активность макрофагов была использована активность эктоплазматического фермента 5'-нуклеотидазы. Известно, что активность данного фермента снижается на этапах активации макрофагов. Активность фермента определяли в сыворотке крови мышей линии СВА, которым в течение 15 дней вводили перорально исследуемые препараты. Активность фермента определяли спектрофотометрически с использованием в качестве субстратов АМФ и глицерофосфата.

Как видно из данных табл. 6 и 7, стимулирующим действием на активность макрофагов обладают препараты из *F. vesiculosus*. Препараты из *F. distichus* влияют на активность макрофагов. Таким образом, все исследованные препараты не оказывают иммунотоксического действия.

Таблица 6 – Определение фагоцитарной активности макрофагов в тесте с нейтральным красным

Образцы	Оптическая плотность при 540 нм	
	Интактные мыши	Иммунодепрессированные мыши
Контроль	0,41±0,02	0,30±0,02
Сухой экстракт из <i>F. distichus</i>	0,39±0,01	0,33±0,01
Сухой экстракт из <i>F. vesiculosus</i>	0,64±0,02	0,60±0,01

Таблица 7 – Влияние БК на активность 5' – нуклеотидазы сыворотки крови

Образцы	Содержание неорганического фосфора, мг/мл	% подавления активности
Контроль	16,00±0,52	
Сухой экстракт из <i>F. distichus</i>	14,60±0,74	8
Сухой экстракт из <i>F. vesiculosus</i>	10,13±0,68	38

Анализируя результаты действия препаратов на факторы естественной резистентности, можно заключить, что сухой экстракт из *F. vesiculosus* повышает фагоцитарную активность. Препараты из *F. distichus* не оказывают подавляющего действия на неспецифические факторы защиты.

Библиографический список

1. Клиндух М. П., Облучинская Е. Д. Сравнительное исследование химического состава бурых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* // Вестник МГТУ. 2013. Том 16, №3. С. 466–471.

2. Коровкина Н. В., Богданович Н. И., Кутакова Н. А. Исследование состава бурых водорослей Белого моря с целью дальнейшей переработки // Химия растительного сырья. 2007. №. 1. С. 59–64.

3. Майстровский К. В., Запорожец Т. С., Федянина Л. Н., Каленик Т. К., Моткина Е. В., Имбс Т. И. Влияние иммуномодулятора фукоидана из бурых водорослей *Fucus evanescens* // Тихоокеанский мед. журн. 2009. № 3. С. 97–100.

4. Li B., Lu F., Wei X., Zhao R. Fucoidan: Structure and Bioactivity // Molecules. 2008. No 13. P. 1671–1695.

5. Сухой экстракт из фукусовых водорослей, обладающий антиоксидантным действием, и способ его получения. Заявка на изобретение № 2016148563; Патентообладатель: ММБИ КНЦ РАН; автор Облучинская Е.Д. приоритет от 09.12.2016.

Сравнительный анализ аминокислотного состава мышечной ткани культивируемой радужной форели

Овчинникова С. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: biochemistry@mail.ru)

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ аминокислотного состава мышечной ткани радужной форели, выявлены незаменимые аминокислоты для форели, незаменимые аминокислоты для человека, лимитирующие и нелимитирующие аминокислоты, проанализирована биологическая ценность белков.

Annotation. The comparative analysis of aminoacid content of muscle tissue of fish, the important aminoacids for human organism and fish are considered in this article.

Ключевые слова: белки, аминокислоты, гидробионты.

Key words: protein, amino acids, hydrobionts.

Искусственно разведенная форель является великолепным продуктом питания, содержит большое количество омега-3 жирных кислот, богата жирорастворимыми витаминами А и D, водорастворимыми витаминами В₁, В₂, В₆, В₁₂. Для физиологических показателей лососевых рыб чрезвычайно важен состав корма, так как использование кормов с высоким содержанием окисленных липидов приводит к расстройствам многих функций в организме рыб и серьезным нарушениям обменных процессов, к жировому перерождению печени, резкому падению содержания гемоглобина, эритроцитов в крови, и даже гибели рыбы [1, 2, 3].

Форель чрезвычайно чувствительна к составу корма и реагирует изменениями физиолого-биохимических показателей, поэтому для кормления используется высококачественный корм. Изучение аминокислотного состава мышечной ткани форели дает возможность определить интенсивность процессов обмена белков, а также оценить особенности процессов метаболизма в разные периоды жизненного цикла [4, 5, 6].

В работе представлен сравнительный анализ аминокислотного состава мышечной ткани форели радужной (сеголетки), выращенной в садках с речной и морской водой. Перед проведением анализа аминокислотного состава в образцах проб определяли массовые доли воды, жира, белка, золы, что необходимо для пересчета количества аминокислот на 100 г ткани, проводили гидролиз белка. Аминокислотный состав белков исследовался методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Хроматографирование проводили на системе ВЭЖХ LC-10A_{VP} (Shimadzu Corp., Япония).

Объем раствора пробы от 1 до 70 мкл вносился в колонку с помощью автоинжектора и элюировался бинарным элюентом, подобранным для конкретной хроматографической колонки SupelcosilTM LC-18 (25 см × 4мм, 5 мкм) (SUPELCO, США). Скорость потока элюента – 1 мл/мин, температура – 25 °С. Выходящие из колонки аминокислоты регистрировали флуориметрическим методом (флуориметр RF-10A_{XL}, Shimadzu Corp., Япония, кювета – 9 мкл, длина волны возбуждения λ_{ex} – 340 нм, длина волны излучения λ_{em} – 450 нм). Калибровка колонки проводилась по стандартным образцам аминокислот фирмы SIGMA (США) методом абсолютной калибровки.

Для каждой аминокислоты и таурина строился график зависимости площади под хроматографическим пиком от концентрации аминокислоты в пробе. Как видно из представленных данных (табл. 1), в белках мышечной ткани речной форели, выращенной в садках с речной водой, преобладают такие аминокислоты, как глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота, лизин, аланин, глицин. Содержание аминокислот в белках мышечной ткани морской форели следующее: аспарагиновой кислоты – 10700,00 мг/100 г сухого обезжиренного образца, глутаминовой кислоты – 16070,00, серина – 250,00, гистидина – 1283,00, глицина – 7261,00, треонина – 2343,00, аргинина – 8096,00, аланина – 7017,00, таурина – 175,00, тирозина – 2631,00, валина – 2364,00, метионина – 2940,00, изолейцина – 1824,00, фенилаланина – 4378,00, лейцина – 6280,00, лизина – 12885,00. В белках мышечной ткани морской форели также преобладают глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота, лизин, аланин, глицин.

Таблица 1 – Содержание аминокислот в мышечной ткани культивируемой речной радужной форели (сеголетки)

Аминокислота	Содержание АК в обезжиренном сухом остатке, мг/100 г	Содержание АК в мышечной ткани, г/100 г	Содержание АК, мг/1 г белка
Аспарагиновая	10721,00	5,80	119,78
Глутаминовая	16087,00	8,83	179,74
Серин	3230,00	1,77	36,08
Гистидин	1288,00	7,07	14,39
Глицин	7266,00	3,99	81,18
Треонин	2316,00	1,27	25,87
Аргинин	8111,00	4,45	90,62
Аланин	7002,00	3,84	78,23
Таурин	167,00	0,09	1,86
Тирозин	2639,00	1,45	29,48
Валин	2370,00	1,30	26,48

Окончание табл. 1

Аминокислота	Содержание АК в обезжиренном сухом остатке, мг/100 г	Содержание АК в мышечной ткани, г/100 г	Содержание АК, мг/1 г белка
Метионин	2934,00	1,61	32,78
Изолейцин	1809,00	0,99	20,21
Фенилаланин	4393,00	2,41	49,08
Лейцин	6277,00	3,44	70,13
Лизин	12888,00	7,08	144,00
Сумма аминокислот	89499,00		

Анализировался спектр незаменимых аминокислот для радужной форели. В мышечной ткани культивируемой речной и морской форели (сеголетки) присутствуют следующие незаменимые аминокислоты для форели: аргинин, гистидин, треонин, валин, изолейцин, лейцин, лизин, фенилаланин. Метионин для форели не является незаменимой аминокислотой. Полученные данные свидетельствуют о высоком качестве кормов. Нами также проводился анализ содержания незаменимых аминокислот для человека в мышечной ткани культивируемой речной форели. Был проведен расчет химический скор для каждой незаменимой аминокислоты, за исключением триптофана (табл. 2). Химический скор (счет) рассчитывался по формуле:

где m_1 (АК) – содержание незаменимой аминокислоты, мг/1 г белка мышечной ткани форели;

m_2 (АК) – содержание незаменимой аминокислоты, мг/1 г идеального белка.

Таблица 2 – Значения химического скор для незаменимых аминокислот в мышечной ткани культивируемой речной радужной форели

Незаменимая аминокислота	Содержание незаменимой аминокислоты, мг/1г идеального белка	Содержание незаменимой аминокислоты, мг/1 г белка мышечной ткани форели	Химический скор, %
Треонин	40,00	25,87	64,68
Валин	50,00	26,48	52,96
Метионин + цистеин	35,00	32,48	92,80
Изолейцин	40,00	20,21	50,50
Фенилаланин + тирозин	60,00	78,56	130,90
Лейцин	70,00	70,13	100,02
Лизин	55,00	144,00	262,00

Изолейцин является главной (первой) лимитирующей аминокислотой, имеет наименьшее значение химического сора (50,50 %). Лимитирующими незаменимыми аминокислотами являются также валин (52,90 %), треонин (64,68 %), метионин (92,80 %), нелимитирующими аминокислотами – лизин, лейцин, сумма ароматических аминокислот, имеющие значение химического сора свыше 100 %. Близкие значения получены для форели радужной, выращенной в садках с морской водой. Подтверждено, что белки мышечной ткани культивируемой речной и морской форели являются биологически полноценными [7]. Полученные результаты дают возможность прогнозировать состав кормов и определять пути повышения биологической ценности белков рыб семейства Лососевые.

Библиографический список

1. Альтов, А. В. Закономерности роста радужной форели (*Parasalmo mykiss*) при культивировании в садках на Белом море / А. В. Альтов // Биоресурсы и аквакультура в прибрежных районах Баренцева и Белого морей : сб. науч. тр. / ПИНРО. – Мурманск, 2002. – С. 172–185.
2. Альтов, А. В. Нормирование суточной порции корма при выращивании радужной форели на Белом море методом прогнозируемого прироста / А. В. Альтов, М. А. Лазарева // Тез. докл. 5-й регион. конф. – Петрозаводск, 1992. – С. 213–214.
3. Воробьева, И. К. Товарное форелеводство в Заполярье / И. К. Воробьева // Заполярная марикультура : сб. науч. тр. / ПИНРО. – Мурманск, 1999. – С. 57.
4. Новоженин, Н. П. Разведение радужной форели в водоемах с естественным температурным режимом / Н. П. Новоженин // Рыб. хоз-во. Сер. Пресноводная аквакультура : аналит. и реф. информ. / ВНИЭРХ. – М., 2002. – Вып. 2. – С. 2–13.
5. Титарев, Е. Ф. Форелеводство / Е. Ф. Титарев. – М. : Пищ. пром-сть, 1980. – 165 с.
6. Цуладзе, В. Л. Бассейновый метод выращивания лососевых рыб / В. Л. Цуладзе. – М. : Агропромиздат, 1990. – 156 с.
7. Биохимические и гидрохимические исследования водных экосистем Северного бассейна / С. И. Овчинникова, Т. А. Широкая, Л. А. Похольченко, О. В. Михнюк, Е. Б. Смирнова, Л. И. Тимакова ; под ред С. И. Овчинниковой. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2010. – 168 с.

Микробиологический мониторинг водных экосистем, функционирующих в условиях Заполярья

Рогачева И. Н., Блинова Е. И., Перетрухина А. Т. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии)

Аннотация. В работе рассмотрены перспективы использования системного микробиологического мониторинга для оценки экологического благополучия водных экосистем. Обоснована необходимость проведения комплексного изучения количественного и качественного состава бактериоценозов водоемов, функционирующих в условиях Крайнего Севера.

Annotation. In work the prospects of use of systemic microbiological monitoring for an assessment of ecological wellbeing of water ecosystems are considered. Need of carrying out complex studying of the quantitative and qualitative structure of microbiocenoses of the reservoirs functioning in the conditions of the Polar region is proved.

Ключевые слова: микробиологический мониторинг, водные экосистемы, микроорганизмы.

Key words: microbiological monitoring, aquatic ecosystems, microorganisms.

В течение последних десятилетий континентальные водоемы испытывают интенсивное антропогенное воздействие. В связи с этим комплексный анализ качества поверхностных вод, используемых в хозяйственно-бытовых, питьевых и рекреационных целях имеет важное значение для обеспечения благополучия населения. Системный мониторинг поверхностных вод позволяет своевременно выявить имеющиеся отклонения показателей качества от установленных нормативов, обнаружить источники негативного антропогенного воздействия и спрогнозировать нежелательные изменения экологического состояния водоемов, что может служить реальной основой для разработки природоохранных мероприятий в регионе.

Основными особенностями водоема являются наличие органического вещества, его природа, степень аэрации, температурный режим, соленость, рН, солевой состав, прозрачность воды, от которой зависит глубина проникновения солнечного света. Эти факторы в водоеме тесно взаимосвязаны и существенно влияют на жизнедеятельность биоты.

При этом главную роль может играть только один фактор или небольшая группа факторов, которые выступают в роли лимитирующих. Выделить такие факторы в каждом конкретном случае достаточно сложно, однако именно это является одной из важнейших задач экологии микроорганизмов.

С помощью этих факторов возможно управление развитием желательных или нежелательных популяций микроорганизмов в водной среде. Лимитирующие факторы могут различаться в зависимости как от типов водных экосистем – в реках, озерах и морях, так и от времени года, последнее имеет особенное значение в полярных и умеренных широтах [7].

Важным компонентом водных экосистем являются микроорганизмы. В силу своих небольших размеров, они отличаются высоким уровнем метаболизма и являются одним из главных компонентов трофических цепей. Биомасса водных микроорганизмов варьирует в разных экосистемах от единиц до тысяч мг/м³. Бактерии также обладают и высокой приспособительной способностью, могут корректировать некоторые биохимические свойства при изменении условий внешней среды [1].

Вода является естественной средой обитания многих видов микроорганизмов, которые составляют автохтонную микрофлору, способную осуществлять процессы жизнедеятельности, а также участвовать в превращении азотистых веществ, серы, железа, углеводов, очищении водоемов и других процессов.

Количественный и качественный состав микроорганизмов природных водоемов зависит главным образом от количества растворенного в воде кислорода, содержания в воде органических и неорганических веществ, вариаций температурного градиента, освещенности, метеорологических и прочих условий [5].

Распределение и качественный состав микроорганизмов в водоеме в большей мере зависит от количества растворенного в воде кислорода, т. е. скорость потребления кислорода микроорганизмами прямо пропорционально количеству органических веществ в воде. В эвтрофированных водоемах возникает дефицит кислорода, при этом процесс фотосинтеза не может обогатить воду кислородом на том же уровне из-за жизнедеятельности гидробионтов и поглощения кислорода донными отложениями.

В связи с этим в условиях естественного водоема невозможно установить прямую связь между количеством растворенного кислорода в воде и интенсивностью развития микроорганизмов, но определенная закономерность имеется. Так, многие окисляющие целлюлозу аэробные микроорганизмы в отсутствие кислорода не развиваются, тионовые бактерии (факультативные анаэробы), которые предпочитают пониженное парциальное давление кислорода; метанобразующие бактерии (строгие анаэробы) – развиваются лишь в отсутствие кислорода [7].

Важнейший элемент, входящий в состав белков, а, следовательно, имеющий исключительное значение для жизни – это азот. Поглощение азота из воды в форме минеральных соединений происходит главным образом в процессе фотосинтеза. Фитопланктоном при вегетации наиболее эффективно ассимилируется азот нитратов; концентрация его в пресной воде не превосходит концентрации других минеральных соединений азота – аммония и нитритов. Содержание нитритного азота в пресной воде, как правило, невелико в пределах допустимых норм. Как промежуточный продукт круговорота азота нитриты появляются в результате окисления органического вещества, проходящего по цепочке: органическое вещество – аммиак – нитриты – нитраты. Поэтому максимальные концентрации их обнаруживаются в слоях скопления органических остатков – в придонных горизонтах [8].

Органические вещества ила, содержащие белок, под действием микроорганизмов вступают в круговорот азота и фосфора. В процессе разложения и минерализации отмерших органических остатков азот в виде альбуминоидных соединений отлагается на дне. Под действием бактерий альбуминоидный азот превращается в аммиак, образующий в окружающей среде аммиачные соли. Аммиак и его соли превращаются в азотнокислые соли (нитраты) нитрифицирующими бактериями: нитритными и нитратными. Под воздействием нитритных бактерий аммиак превращается в азотистую кислоту, нитратные бактерии окисляют азотистую кислоту в азотную. Азотистая кислота как нестойкий промежуточный продукт минерализации не накапливается в воде в значительных количествах. Конечный же продукт минерализации – соли азотной кислоты и аммиачные соли – снова используются растительными формами для построения живого белка.

Часть связанного азота выпадает из круговорота в результате жизнедеятельности денитрифицирующих бактерий, восстанавливающих азот до молекулярного состояния [9].

Одним из главных компонентов водных экосистем считают фосфаты. Фосфатам принадлежит особая роль в новообразовании органического вещества фитопланктоном. Цикл фосфора определяется совокупностью биохимических процессов, идущих во всех биотических компонентах водной экосистемы. Центральное место при перераспределении фосфора в метаболическом цикле занимают фито- и зоопланктон, а также микроорганизмы [1].

В круговороте фосфора микроорганизмы играют незначительную роль. Фосфор-растворяющие бактерии способствуют переходу фосфора из водонерастворимого в растворимые соединения, а также органически связанного

в минеральный, причем особенно интенсивно в анаэробных условиях. При достаточном количестве кислорода в воде происходят обратные процессы, т. е. связывание растворенного фосфора. Доказано, что ил толщиной 1 см может сорбировать весь фосфор, содержащийся в воде высотой 10 м при концентрации 0,14 мг/л. При благоприятных гидрохимических условиях минеральные фосфорные соединения могут поступать в воду только при их концентрации не более 0,5 мг/л.

Круговорот этого элемента более прост, чем круговорот азота, и складывается из меньшего числа этапов. Микроорганизмы способны осуществлять следующие процессы превращения фосфора: минерализацию фосфорорганических соединений с высвобождением ортофосфата; увеличение растворимости неорганических соединений фосфора; усвоение ортофосфата и перевод его в органически связанную форму, входящую в состав протоплазмы; концентрирование фосфора. Эти процессы осуществляются не специфической группой бактерий, а широким кругом микроорганизмов [9].

Исследование морфологии отдельных представителей бактериоценоза чрезвычайно важно при изучении состояния водной экосистемы. К морфологическим свойствам микроорганизмов относят форму их клеток, отношение к окраске по Граму, наличие спор, капсул, жгутиков и некоторые другие их признаки. Соотношение различных форм микроорганизмов в водоеме может свидетельствовать о санитарном благополучии водоема, об экологической безопасности воды в нем. Преобладание круглых форм бактерий в микропланктоне свидетельствует об относительной чистоте пресноводных водоемов [2].

Предполагают, что палочки более активны, чем остальные бактерии, в процессах очищения водоемов от загрязнений органической и неорганической природы. В свою очередь, кокковидные формы наиболее значимы в малозагрязненных частях водных экосистем [4].

Некоторые исследователи с уверенностью утверждают, что в чистых участках пресных водоемов микроорганизмы менее разнообразны и представлены банальными формами; по мере загрязнения возрастает роль их специфических форм [3].

В загрязненных водах преобладают спорозоносные и другие палочковидные бактерии, они могут составлять до 80 % и более от общей численности сапрофитных бактерий, удельный вес кокковых форм резко падает (10 % и менее) [5].

В этой связи можно предположить, что морфологические исследования бактерий в водных массах пресноводных экосистем могут приблизить к пониманию проходящих в них процессов естественного очищения.

Распределение и таксономический состав микроорганизмов определяются взаимодействием различных физико-химических и биотических факторов. Изучение количественного и качественного состава, морфологической структуры пресноводного микробиоценоза и выявление разных физиологических групп бактерий, населяющих водоем представляется весьма интересным и перспективным для комплексного мониторинга водных экосистем.

Библиографический список

1. Богданова О. Ю. Качественный и количественный состав микроорганизмов воды и грунта литорали Кольского залива // Деп. ВИНТИ № 1392РХ2003 от 24.03.2003. – Мурманск : МГТУ, 2003.
2. Григорьева Л. В. Санитарная бактериология и вирусология водоемов. – М. : Медицина, 1975. – 192с.
3. Кожова, О. М. Морфологическое разнообразие планктонных бактерий как показатель качества вод / О. М. Кожова, Н. В. Дутова // Гидробиология. – 1989. – Т. 25, № 1. – С. 42–48.
4. Перетрухина, А. Т. Предварительная оценка состояния экосистем литорали Кольского залива в условиях антропогенного загрязнения : Тез. докл. междунар конф. "Вековые изменения морских экосистем Арктики. Климат, морской перигляциал, биопродуктивность" // Сб. науч. тр. КНЦ РАН ММБИ / А. Т. Перетрухина, С. И. Овчинникова, О. Ю. Богданова, Е. В. Макаревич, И. В. Перетрухина. – Апатиты, 2001. – С. 179–189.
5. Бакулина, Н. А. Микробиология / Н. А. Бакулина, Э. Л. Краева // 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 1980.
6. Ильинский, В. В. Гетеротрофный бактериопланктон: экология и роль в процессах естественного очищения среды от нефтяных загрязнений: Авт. дисс. на соискание ученой степени докт. биол. наук. – Москва, 2000. – 53 с.
7. Даувальтер, В. А. Концентрация металлов в донных отложениях закисленных озер // Водные ресурсы. – М, 1998. Т.25
8. Макаревич, Е. В. Бактериобентос литорали среднего и южного колен Кольского залива : Дисс. на соискание ученой степени канд. биол. наук. – Москва, 2004. – 150с.
9. Заварзин, Г. А., Колотилова, Н. Н. Введение в природоведческую микробиологию : учеб. пособие. – М. : Книжный дом "Университет", 2001. – 256 с.

Исследование содержания полифенолов и фитостеринов фукоидов Кольского залива

Ткач А. В., Облучинская Е. Д. (г. Мурманск, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Россия)

Аннотация. В работе показано, что наиболее эффективными экстрагентами стероидов и полифенолов из липофильной фракции являются 40 %- и 96 %-й растворы спирта этилового. Установлено, что для *A. nodosum* характерны минимальные значения фитостеринов и полифенолов в сравнении с *F. vesiculosus*, *F. serratus* и *F. distichus*, для которых значения выше в среднем в 1,7–4,9 раза.

Abstract. The study showed that, the most effective extractants of sterols and polyphenols from lipophilic fraction are 40 % and 96 % solutions of ethyl alcohol. Determined that the *A. nodosum* has minimum values of sterols and polyphenols compared with *F. vesiculosus*, *F. serratus* and *F. distichus*, which contain values, that are higher by an average of 1.7–4.9 times.

Ключевые слова: фукусовые водоросли, полифенолы, флороглюцин, фитостерины, Баренцево море.

Key words: fucus algae, polyphenols, phloroglucinol, phytosterols, the Barents Sea.

Введение

Морские водоросли – источник получения уникальных биологически активных соединений (БАВ), качественные и количественные характеристики которых изменяются в зависимости от многих факторов, таких как вид водорослей, стадии развития растений, условия их произрастания и т. д. Представители рода *Fucus* являются перспективными источником для получения экстрактов, обогащенных полифенолами – растительными антиоксидантами [1], а также фитостеринов, обладающих широким спектром биологической активности [2].

Препараты на основе фенольных соединений широко используются в качестве противомикробных, противовоспалительных, кровоостанавливающих, желчегонных, диуретических, гипотензивных, тонизирующих, вяжущих и слабительных средств. Они, как правило, малотоксичны и не вызывают побочных эффектов [3]. Известна способность полифенолов оказывать антиоксидантное действие как путем непосредственного захвата свободных радикалов, так и участвуя в восстановлении других антиоксидантов [4].

Фитостерины – растительные стероиды, выделяемые из неомыляемой части липидов растений [5]. Известно, что в природе существует более 200 фитостеринов. Наиболее распространёнными из них у водорослей являются

β -ситостерин, стигмастерин. Для фукусовых водорослей наиболее характерен фукостерин, в некоторых из них содержится эргостерин.

В большинстве исследований отмечается в основном антиоксидантное действие и противовоспалительный эффект фитостеринов. Данные соединения также проявляют цитотоксическое, противогрибковое действие, оказывают положительное влияние на организм в борьбе с диабетом и остеопорозом. Также есть данные о том, что фитостерины, такие как фукостерин и ситостерин, усиливают действие тканевого активатора плазминогена из клеток эндотелия, тем самым влияя на антисвёртывающую систему крови. Показано, что фукостерин проявляет значительное антидепрессантное действие, а также обладает противосудорожной активностью [6].

Изучение биологической активности фитостеринов имеет большое значение для нормальной физиологии питания и многих направлений практической медицины, таких как гастроэнтерология, гепатология, исследования нарушений липидного обмена и факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний [7]. Выделенные в чистом виде стеринны используют для получения стероидных лекарственных средств – стероидных гормонов, витамина D и др.

Химический состав и содержание различных веществ в экстрактах из бурых водорослей, а значит и их дальнейшее применение, зависят от сезона и места сбора растений, их состояния (свежие, замороженные или высушенные водоросли), характера экстрагента [8], [9].

В связи с этим появляется необходимость выявления наиболее приемлемых по эффективности и доступности экстрагентов, а также сырья, содержащего большее количество БАВ.

Цель данной работы – изучение содержания фитостеринов и полифенолов в фукусовых водорослях Кольского залива, на примере губы Белокаменная, исследованае влияние различных экстрагентов на их извлечение.

Материалы и методы

В работе использовались водоросли видов *Fucus vesiculosus*, *Fucus serratus*, *Fucus distichus* и *Ascophyllum nodosum*. Для исследования были собраны растения в возрасте 4+...7+ лет. Сбор производился в сентябре 2016 г. в б. Белокаменная Кольского залива Баренцева моря. Образцы водорослей были заморожены и хранились при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Полифенолы и стеринны извлекали из замороженных измельченных слоевищ водорослей методом перколяции. В качестве экстрагентов использовали: 96 %-, 80 %-, 70 %-, 50 %-, 40 %-й растворы спирта этилового и

70 %-й ацетон [10], [6], [11]. Экстракцию этанолом проводили при комнатной температуре, ацетоном – при $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Содержание общих полифенолов определяли по модифицированной методике с реактивом Фолина-Чокальтеу [12] в пересчете на флороглюцин (Merck, кат. № 203 – 611 – 2).

Для количественного определения фитостеринов использовали реакцию с раствором серной кислоты (72 % р-р H_2SO_4) и 8 %-м раствором ванилина [10]. Содержание стероидов определяли относительно стандартов фукостерина (Sigma, кат. № F5379), стигмастерина (Fluka, кат. № 85860), эргокальциферола (Fluka, кат. № 95220). Измерения проводили методом спектрофотометрии.

Все полученные данные были обработаны в программе Microsoft Excel 2010 с использованием математических и статистических формул.

Результаты и обсуждение

Влияние различных экстрагентов на извлечение фитостеринов и полифенолов оценивали с использованием бурых водорослей *F. serratus*. Результаты количественного определения фитостеринов и полифенолов этих бурых водорослей в зависимости от экстрагента приведены на диаграмме рис. 1.

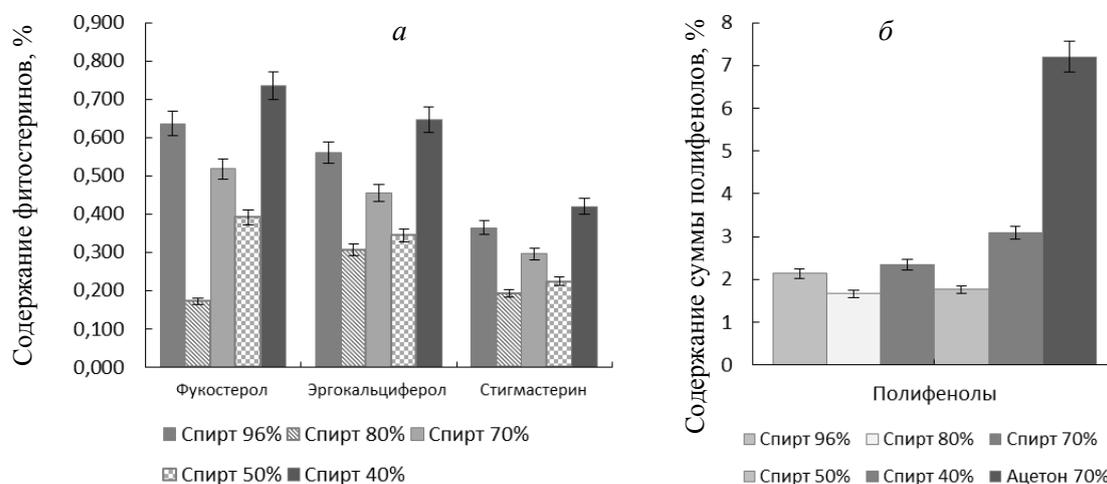


Рисунок 1 – Содержание фитостеринов (а) и полифенолов (б),
% от абсолютно сухой массы водорослей *Fucus serratus*

Полученные результаты исследования показывают, что наиболее высокая степень извлечения фитостеринов и полифенолов из *F. serratus* выявлена при использовании в качестве экстрагента 40 % этанола. Однако для полифенольных соединений наилучшим из представленных в работе экстрагентов является 70 % водный раствор ацетона, который извлек в 2,5 раза большее количество флороглюцина и подобных ему веществ. Это еще раз

подтверждает необходимость применения ацетона для полного извлечения полифенолов из бурых водорослей, особенно в аналитических целях [13]. Стоит отметить, что из двух экстрагентов выбирают менее огнеопасный и фармакологически менее вредный, что играет существенную роль при извлечении БАВ для практических целей. С этой точки зрения этанол и его смеси имеют значительное преимущество перед ацетоном.

Несмотря на то, что наиболее высокий выход фитостеринов получен при экстракции 40 %-м этанолом, метод извлечения 96 %-м этанолом, который указан в стандартной методике для фукостерина [6], всего на 13 % уступает наиболее эффективному. Поэтому для получения стерина из фукусовых водорослей с успехом можно применять и 96 % этанол.

Результаты сравнения видов фукусовых водорослей, собранных в г. Белокаменная, по содержанию фитостеринов и суммы полифенолов показаны на диаграмме рис. 2. Выявлено, что *F. vesiculosus* является наиболее богатым по количественному составу БАВ видом бурых водорослей Баренцева моря, что подтверждается ранее проведёнными исследованиями [14]. В нём содержится наибольшее количество экстрактивных веществ липофильной природы, а также фитостеринов и полифенолов в сравнении с другими изученными видами: *F. distichus*, *F. serratus*, *A. nodosum*. Так, *F. vesiculosus* содержит в 4,9 раз больше фитостеринов и полифенолов, чем *A. nodosum*, в котором выявлено наименьшее количество экстрактивных веществ. В сравнении с *F. serratus* эта разница составляет 1,6 раза. *F. distichus* уступает по количеству фитостеринов в 1,7 раза, полифенолов – 2,1 раза.

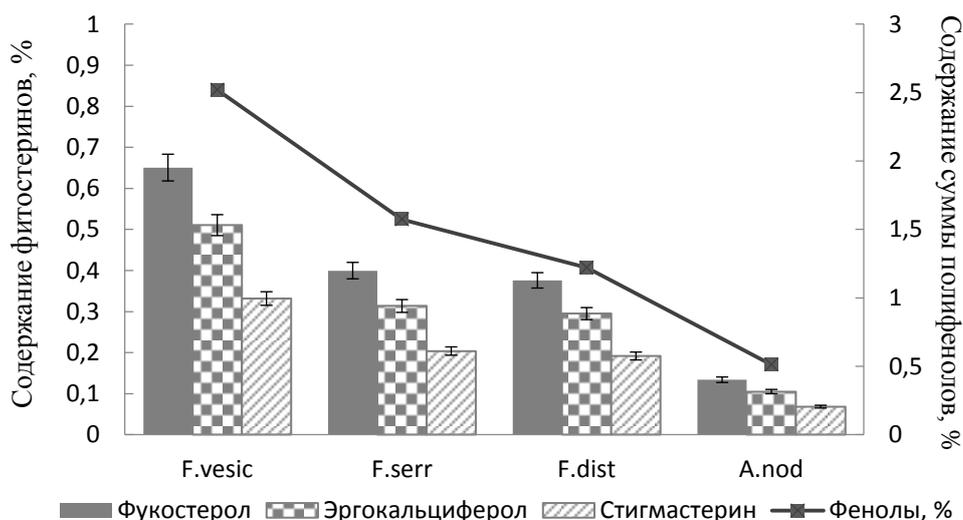


Рисунок 2 – Содержание фитостеринов и суммы полифенолов,
% от абсолютно сухой массы

Выводы

В результате проведенного исследования установлено, что 40 % спиртоводные извлечения содержали наибольшее количество исследуемых БАВ: фукостерина, эргокальциферола, стигмастерина и полифенолов.

Этанол не в полной мере извлекает полифенольные соединения, так, например, 40 % спирт уступает в извлечении фенолов 70% раствору ацетона в 2,5 раза.

Наиболее эффективными экстрагентами липофильной фракции с целью извлечения стеринов и полифенолов являются 40 %- и 96 %-й растворы спирта этилового.

Установлено, что *F. vesiculosus* является наиболее богатым по количеству фитостеринов и общей суммы полифенолов, а также по сумме экстрактивных веществ, чем другие представители флоры губы Белокаменная Кольского залива, такие как *F. serratus*, *F. distichus* и *A. nodosum*.

Эффективным способом экстракции полифенолов является экстракция с применением 70 %-го ацетона. Наименее эффективным растворителем для всех исследуемых веществ оказался 80 %-й раствор спирта этилового.

Работа выполнена в рамках Госзадания ММБИ КНЦ РАН на 2017 г. (базовое финансирование ФАНО) по Теме "Научные основы инновационных технологий БАВ водорослей Баренцева моря" № в ГЗ 0228-2014-0015.

Библиографический список

1. Obluchinskaya E.D. Physical and chemical properties, anticoagulant and antioxidant activity of Fucus Dry Extract // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2012. Т. 10, № 2. С. 85М.
2. Determination of total sterols in brown algae by Fourier transform infrared spectroscopy analytica / N. Bouzidi, Y. Daghbouche, M. El Hattab, Z. Aliche, G. Culioli, L. Piovetti, S. Garrigues, M. de la Guardia // Chimicaacta. 2008. V. 616. P. 185–189.
3. Лекарственное сырьё растительного и животного происхождения. Фармакогнозия : учеб. пособие / под ред. Г.П. Яковлева. – СПб. : СпецЛит, 2006. 845 с.
4. Чернов Ю. Н., Бузлама А. В., Дронова Ю. М. Полифенольные соединения: структура, свойства и прикладные аспекты применения // Фарматека. 2004. № 8. С. 43–48.

5. Heftmann E. Biochemistry of plant steroids // *Annual Review of Plant Physiology*. 1963. V. 14. P. 225–248.

6. Fucosterol, a sterol extracted from *Sargassum fusiforme*, shows antidepressant and anticonvulsant effects / Xing-Hua Zhen, Ying-Chun Quan, Hai-Ying Jiang et al. // *European Journal of Pharmacology*. 2015. V. 768. P. 131-138.

7. Мехтиев, А. Р., Мишарин А. Ю. Биологическая активность фитостероинов и их производных / А. Р. Мехтиев, А. Ю. Мишарин // *Биомедицинская химия*. 2007. Т. 53, вып. 5. С. 497–521.

8. Сравнительное исследование химического состава противоопухолевой активности водно-этанольных экстрактов бурых водорослей *Laminaria cichorioides*, *Costaria costata* и *Fucus evanescens* / Т. И. Имбс, Н. П. Красовская, С. П. Ермакова [и др.] // *Биология моря*. 2009. Т. 35, № 2. С. 140–146.

9. Облучинская Е. Д. Влияние факторов внешней среды на содержание полисахаридов фукуса пузырчатого *Fucus vesiculosus* L. // *Химия раст. сырья*. 2011. № 3. С. 47–51.

10. Минина С. А., Легостева А. Б. Способ количественного определения действующих веществ в сырье и лекарственных формах женьшеня // *Бюлл. изобр.* 1989. № 18. А.с. 1480568 (СССР).

11. Клиндух, М. П. Химический состав и антиоксидантная активность настоек фукусовых водорослей / М. П. Клиндух, Е. Д. Облучинская // *Фармация*. 2015. № 3. С. 8–11.

12. Graça M.A.S., Bärlocher F. & Gessner M.O. *Methods to Study Litter Decomposition : A Practical Guide*. Springer. 2005. P. 97 – 100.

13. Van Alstyne K. L. Comparison of three methods for quantifying brown algal polyphenolic compounds // *J. Chem. Ecol.* 1995. V. 21. P. 45–58.

14. Клиндух, М. П. Сравнительное исследование химического состава бурых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* / М. П. Клиндух, Е. Д. Облучинская // *Вестник МГТУ*. 2013. Т. 16, № 3. С. 466–471.

Влияние "северного" стажа на показатели неспецифического иммунитета жителей Карелии и Мурманской области

Троценко А. А. (г. Мурманск, Мурманский филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России)

Аннотация. Неспецифический иммунитет оценивался по бактерицидной активности кожи, составу микрофлоры в зависимости от экологических факторов, миграции, хронических заболеваний, северного "стажа".

Annotation. Nonspecific immunity has been estimating due to bacterial growth-inhibitory activity of skin and due to composition of oral cavity microflora. The effect of different ecological factors, migration, chronic diseases and life span in the North.

Ключевые слова: иммунитет, региональные различия, бактерицидная активность кожи, микрофлора полости рта, "северный стаж".

Key words: immunity, regional differences, bactericidal activity of skin, oral microflora, "northern experience".

Качество окружающей среды в значительной мере определяет уровень защитных сил организма человека. Это относится к широкому спектру факторов окружающей среды, как естественного, так и искусственного происхождения. На территории Северо-западного региона это связано с большим объемом поступлений в окружающую среду загрязнителей, низким уровнем контроля промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов.

В настоящей работе учитывались факторы, влияющие на защитные реакции организма в условиях Севера: северный "стаж" испытуемого, северный "стаж" родителей, сниженная инсоляция территорий, промышленный пресс. Важную роль играют региональные особенности обитания человека – даже на одной географической широте различными оказываются температурные условия, состояние атмосферы, напряженность магнитного поля, микроэлементный состав воды и пищи и многое другое. Этот аспект в теории адаптации разработан еще недостаточно. Чаще предлагается исследование динамики биохимических показателей крови для установления иммунного статуса человека.

В результате обработки данных выявлены наиболее информативные критерии для описания неспецифической резистентности жителей Северо-Западного региона России: показатели крови статистически значимы на уровне 5 % между моноцитами и гликогеном в нейтрофилах, между моноцитами и базофилами [1, 2].

Для определения неспецифической резистентности важен "северный стаж" испытуемых и их родителей. Из результатов исследования видно, что приближенные к норме показатели у лиц, родившихся на территории Мурманской области, и родители которых также родились в Мурманской области, нежели у лиц родившихся и живущих в непромышленных районах Карелии.

Место рождения (рис. 1):

0 – в Карелии;

1 – в Мурманске, на территории Мурманской области;

2 – в других регионах (в умеренных или южных широтах).

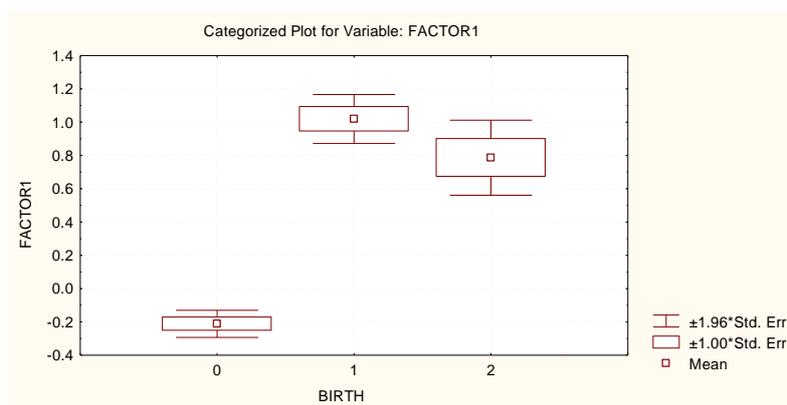


Рисунок 1 – Зависимость неспецифического иммунитета жителей непромышленной Карелии от места рождения

Северный стаж родителей (рис. 2):

0 – родились в Карелии (в Северо-западном регионе);

1 – родились в Мурманской области (в северных широтах);

2 – родились в умеренных или южных широтах.

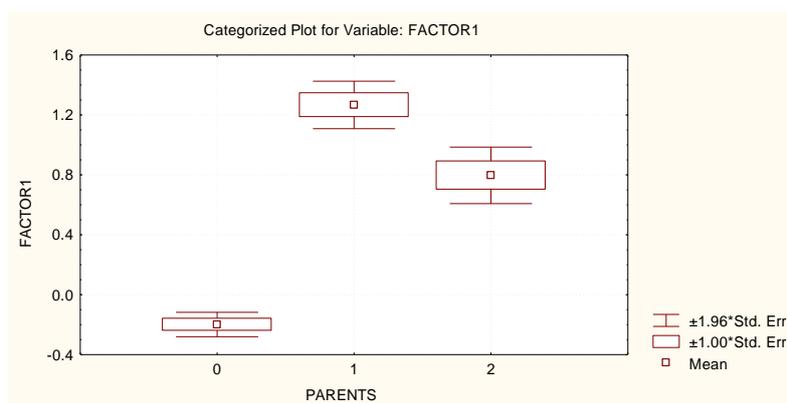


Рисунок 2 – Зависимость неспецифического иммунитета жителей непромышленной Карелии от "северного стажа родителей испытуемых"

Что касается зависимости показателей неспецифической резистентности у лиц, живущих в промышленных районах Карелии, то наблюдается сни-

жение врождённого иммунитета у тех коренных жителей района, у которых родители родились здесь же либо в умеренных и южных широтах. Вероятно, срок после переезда из умеренных и южных широт не достаточен для формирования адаптивных иммунных функций, а промышленный пресс не позволяет развиваться компенсаторным факторам неспецифического иммунитета (рис. 3, рис. 4).

Место рождения:

0 – в Карелии;

1 – в Мурманске, на территории Мурманской области;

2 – в других регионах (в умеренных или южных широтах).

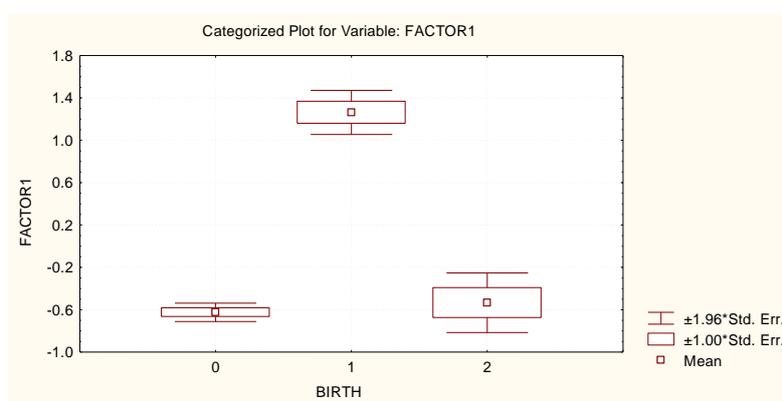


Рисунок 3 – Зависимость неспецифического иммунитета жителей промышленной Карелии от места рождения

Северный стаж родителей:

0 – родились в Карелии (в Северо-Западном регионе);

1 – родились в Мурманской области (в северных широтах);

2 – родились в умеренных или южных широтах.

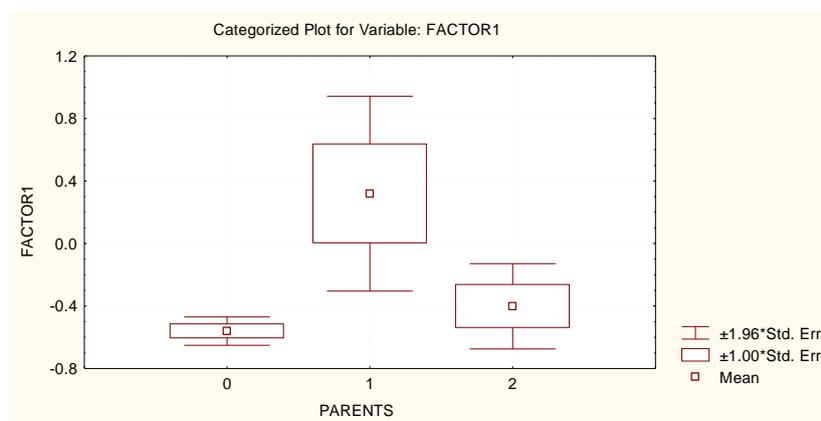


Рисунок 4 – Зависимость неспецифического иммунитета жителей промышленной Карелии от "северного стажа родителей испытуемых"

Стоит отметить, что показатели неспецифической резистентности у жителей Мурманского непромышленного региона приближены к норме; такие же показатели и у лиц, родители которых имеют достаточный "северный стаж" (рис. 5, рис. 6).

Место рождения:

0 – в Карелии;

1 – в Мурманске, на территории Мурманской области;

2 – в других регионах (в умеренных или южных широтах).

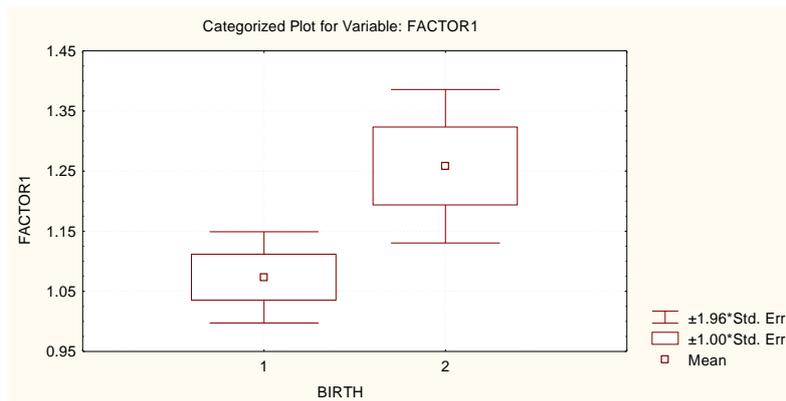


Рисунок 5 – Зависимость неспецифического иммунитета жителей непромышленного Мурманского региона от места рождения

Северный стаж родителей:

0 – родились в Карелии (в Северо-Западном регионе);

1 – родились в Мурманской области (в северных широтах);

2 – родились в умеренных или южных широтах.

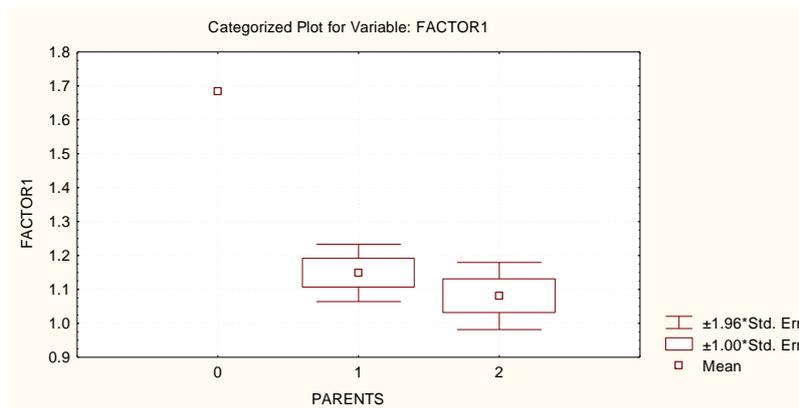


Рисунок 6 – Зависимость неспецифического иммунитета жителей непромышленного Мурманского региона от "северного стажа родителей испытуемых"

Место проживания и промышленный стресс меняет состояние крови, а состояние крови, в свою очередь, влияет на показатели неспецифического иммунитета.

Сопоставление данных по цитологическому состоянию слизистой полости рта показало, что у людей с хронической патологией отмечается существенно чаще отклонение выбранных критериев в 1,6–2,3 раза от нормы. Например, состояние микрофлоры полости рта у лиц с деструктивной патологией ЖКТ отличалось более высоким содержанием стрептококков (их количество на цитологических препаратах достигало 133 клеток/мм²) [3]. Показатели бактерицидности кожи в целом у лиц, страдающих различными хроническими заболеваниями, также характеризуется негативной тенденцией: индекс бактерицидности кожи в среднем составлял 70 %, а при дисбактериологических состояниях был в пределах 30–35 % при норме 100 %. Главными параметрами, описывающими острую хроническую патологию, являются – гликоген в лимфоцитах периферической крови и количество самих лимфоцитов; количество нейтрофилов и лейкоцитов [4].

Параллельное использование этих экспресс – методов может быть использовано в качестве мониторингового анализа среди большого числа исследуемых лиц экологически неблагоприятных районов. За счет масштабируемости использования результаты будут более объективными и логичными, появится возможность прогнозирования групп риска [5, 6].

Выводы

1. Более информативны для изучения неспецифического иммунитета показатели бактерицидной активности кожи (БАК) и микрофлоры полости рта; цитохимические показатели – количество лимфоцитов и содержание в них гликогена.

2. Срок проживания человека в Северо-Западном регионе отражается на показателях неспецифического иммунитета. Также иммунный статус человека определяется географическим местом рождения и "северным стажем" родителей. Чем больше "северный стаж", тем более приближены к норме показатели неспецифической резистентности.

3. Полученные данные отражают взаимосвязь признаков защитных сил организма и факторов антропогенного пресса. Возможно, приближенные к норме данные жителей г. Мурманска говорят о минимальном влиянии промышленных загрязнений, ввиду отсутствия таковых в самом городе, и отражают большее влияние лимитирующих экофакторов Заполярья – низкий уровень солнечной активности и температурного режима. У жителей Республики Карелия значение параметров исследуемых тестов с положительной корре-

ляцией значительно ниже нормы, что отражает явный антропогенный пресс в данном районе Карелии.

4. Хроническая патология снижает неспецифическую резистентность человека.

5. Все исследуемые параметры не зависят от пола.

Библиографический список

1. Журавлева Н. Г., Матишов Г. Г., О. Оттесен, Будилова Е. В., Троценко А. А., Ларина Т. М. Биоэкологические основы жизнедеятельности организмов в условиях Заполярья : коллективная монография. – Изд-во КНЦ РАН, 2013.

2. Клемпарская, Н. Н. Аутофлора как индикатор радиационного поражения организма / Н. Н. Клемпарская, Г. А. Шальнова. – М. : Медицина, 1966. – 207 с.

3. Троценко А. А., Будилова Е. В., Журавлева Н. Г. Методика оценки экологического состояния городской среды на основе характеристик неспецифической резистентности организма человека // Руководство по изучению городской среды. Экологические и социально-психологические аспекты. Науч. Ред. Проф. Д. Н. Кавтарадзе. – М., 2015.

4. Троценко А. А., Будилова Е. В., Журавлёва Н. Г. Показатели резистентности организма человека как биоиндикатор качества окружающей среды // Доклады по экологическому почвоведению. 2013. Вып. 18, № 1. С. 99–113.

5. Троценко А. А. Влияние окружающей среды на неспецифический иммунитет жителей Республики Карелия и Мурманской области / Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (МГУ). Москва, 2011. – 266 с.

6. Троценко А. А., Журавлева Н. Г. Влияние экологических факторов на неспецифический иммунитет человека, проживающего в условиях Северо-Запада // Вестник МГТУ. –2006. – Т. 9, № 5. – С. 851–857.

Комплексные исследования микробиоценоза пищеварительного тракта садковой радужной форели

Ускова И. В., Якименко В. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра микробиологии и биохимии)

Аннотация. Количественные и качественные характеристики микробных сообществ содержимого и слизистой кишечника садковой радужной форели отражает изменения характеристик среды обитания. Определена активность бактериальных ферментов.

Abstract. Quantitative and qualitative characteristics of microbial communities content and the intestinal mucosa of rainbow trout cage reflects changes in the characteristics of the environment. Determined the activity of bacterial enzymes.

Ключевые слова: аквакультура, микробиоценоз, бактериальные ферменты, протеолитическая активность ферментов.

Key words: aquaculture, microbiocenosis, bacterial enzymes, the proteolytic activity of enzymes.

В нашей работе уделено большое внимание разработке методики микробиологического исследования микробиоценоза кишечника, а также выделению и определению активности бактериальных ферментов кишечника товарной рыбы в разные сезоны года. Полученные результаты по активности ферментов бактерий и динамики численности гетеротрофных сообществ кишечника, являются одним из важных критериев оценки состояния микробиоценоза кишечника рыбы, а это, в свою очередь, может косвенно отражать состояние ее иммунитета.

Целью данной работы являлось комплексное исследование микробиоценоза кишечника садковой радужной форели (*Parasalmo mykiss*).

Исследование проводили с февраля 2015 г. по апрель 2016 г. на базе пресноводного форелевого садкового хозяйства, расположенного на реке Тулома. Пробы отбирали с одного садка в период выращивания форели от сеголеток до товарной рыбы.

В результате наших исследований, было определено, что количество эвтрофных и аммонифицирующих бактерий в содержимом кишечника радужной форели варьировало от 10^4 кл/см³ до 10^{12} кл/см³, вдвое превышающая таковых на слизистой кишечника.

Углекислородоокисляющие микро-организмы наблюдались только в химусе рыбы представляя, таким образом, аллохтонную, принесенную с кормом микробиоту.

В составе микробиоценоза кишечника форели были обнаружены молочнокислые бактерии, представляющую автохтонную микробиоту. Выявлены единичные клетки бактерий коагулазо-отрицательного *Staphilococcus spp.* и *Clostridium spp.*, которые могут входить в состав аллохтонной микробиоты.

Скорее всего, помимо собственного иммунитета организма рыбы группа молочнокислых бактерий является одним из сдерживающих факторов в поражении кишечника исследованных животных условно-патогенной микробиотой.

Таким образом, микробиологические исследования качественного и количественного состава, как содержимого, так и слизистой кишечника рыбы, скорее всего, отражают изменения характеристик среды обитания.

Одна из качественных характеристик кишечной микробиоты рыб, является ее ферментативная активность. Существует несколько способов дезинтеграции клеток, которые подбирают в зависимости от их прочности.

В микробиологии чаще всего для этих целей используют – механические методы, например, ультразвук, нежели чем немеханические (попеременное замораживание и оттаивание). Так как при заморозке в клетке образуются кристаллы льда, вызывающие разрушение клеточных структур, в том числе ферментов. Аналогично с ультразвуком. Хотя данный метод и считается весьма высокоэффективным, но есть риск вызвать частичную или полную потерю активности фермента (дезактивация).

В ходе изучения литературных источников [1] было выяснено, что для конкретного вида бактерий необходимо подбирать определенные режимы воздействия ультразвука и шоковой заморозки. Конечной целью нашего исследования является определение ферментативной активности, а для этого необходимо разрушить клеточную стенку таким образом, чтобы не привести к дезактивации фермента.

Поэтому для подбора температурных и ультразвуковых режимов воздействия на клетку нами была использована бактериальная культура *E. coli*. Так как *E. coli* является естественным обитателем кишечника животных и обладает протеолитической активностью, то этот вид бактерий вполне подходит для проведения эксперимента.

Таким образом, в результате выполнения ряда опытов, нами было определено, что наиболее эффективным способом дезинтеграции клеток является

метод попеременного замораживания (-22°C) и оттаивания с одновременным воздействием ультразвука (35 кГц). При этом в период оттаивания применяли пятикратное повышение температуры на 5°C (с начала по возрастанию от 35°C до 45°C , затем в обратном порядке) и дробное время воздействия (через 5 мин), чтобы бактерии не успели адаптироваться.

Наиболее точно определяется активность ферментов при концентрации бактерий от 1×10^8 до 6×10^8 кл/мл и составляет в среднем $\Delta D = 0,14$.

Библиографический список

1. Глик, Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение / Пер. с англ. Б. Глик, Дж. Пастерлак. – М. : Мир, 2002. – 589 с.

Биохимическое обоснование использования ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна при производстве деликатесной продукции "Сайда филе подкопченное"

Шкуратова Е. Б.¹, Шокина Ю. В.² (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", ¹ кафедра микробиологии и биохимии, e-mail: shkuratovaeb@mstu.edu.ru, ² кафедра технологий пищевых производств, e-mail: shokinayuv@mstu.edu.ru)

Аннотация. Разработана технология производства деликатесной подкопченной рыбной продукции из нетрадиционного для копчения сырья – филе тресковых рыб. Для улучшения показателя "консистенция" и "сочность" предложено использовать на этапе посола полуфабриката ферментный препарат из гепатопанкреаса краба-стригуна опилио (*Chionoecetes opilio*), добавляемый в тузлук. Проведено биохимическое обоснование способа внесения ферментного препарата в тузлук.

Abstract. The technology of production of delicious smoked fish products from non-traditional raw smoked – cod fillet fish. To improve the indicator of "consistency" and "juiciness" of the proposed use on the stage of the Ambassador of prefabricated enzyme preparation from hepatopancreas of snow crab, opilio (*Chionoecetes opilio*) added to the brine. Conducted biochemical rationale for the method of any enzyme in the brine.

Ключевые слова: подкопченная рыба, посол, ферментный препарат, гепатопанкреас краба-стригуна опилио, деликатесные свойства.

Key words: smoked fish, salting, enzyme preparation, hepatopancreas of snow crab, opilio, specialty properties.

Целью настоящей работы стал биохимический анализ рыбной продукции массового потребления с улучшенными органолептическими свойствами, полученной с применением ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio* для улучшения консистенции готового продукта.

В качестве сырья использовано филе тресковых рыб – сайды, характеризующейся весьма низкой массовой долей жира (около 1,0 %). Обработка такого слабосозревающего сырья ферментным препаратом позволяет улучшить органолептические свойства готовой продукции, получить сочную и нежную консистенцию, характерную для продукции холодного копчения из сельди и скумбрии.

Среди ФП, используемых для стимулирования созревания слабосозревающих рыб, известны препараты микробного, животного происхождения и препараты, получаемые из внутренностей рыб. Применение в качестве сти-

мулирования созревания ФП микробиологического происхождения и препаратов из тканей теплокровных животных чаще всего способствует появлению лишь признаков созревания и не обеспечивает в полной мере формирования "букета" созревшей рыбы [1].

Перспективным направлением представляется применение ФП, получаемых из пищеварительных органов морских беспозвоночных, которые являются отходами промысла и переработки, и используются лишь частично [2]. Подобные препараты могут быть использованы, в частности, в пищевой промышленности для получения белковых гидролизатов [3] или для созревания слабосозревающей продукции из гидробионтов [4].

В качестве материала для получения ФП предложено использовать гепатопанкреас краба *Chionoecetes opilio*, выловленного в водах Баренцева моря (рис. 1). В получаемом ферментном препарате присутствие протеолитической активности в ФП из гепатопанкреаса краба-стригуна было зафиксировано в той или иной степени при всех значениях рН [5], что не противоречит литературным данным в отношении ФП из гепатопанкреаса камчатского краба [6].



Рисунок 1 – Краб-стригун *Chionoecetes opilio*

Препарат проявляет максимальную протеолитическую активность в нейтральной и слабощелочной зоне рН (от 7,0 до 8,5) с пиком активности при рН 7 и температуре инкубации 50 °С (температурный оптимум). При кислых значениях рН (от 2,5 до 4,0) активность препарата составляет порядка от 7,0 до 16,0 % от максимально проявляемой активности. При повышении температуры инкубационной среды свыше 60 °С отмечается снижение активности, что, вероятно, обусловлено температурной денатурацией ферментов. Отдельно следует отметить присутствие некоторой активности протеиназ ФП при температуре от 5 до 15 °С, при рН равном 7 [6].

С точки зрения технологии и микробиологического контроля, присутствие активности ФП при низких значениях температур (от 5 до 15 °С) представляется достаточно практичным, поскольку позволяет значительно замедлить развитие микрофлоры, в том числе и патогенной.

Для биохимического обоснования целесообразности использования данного ФП при тузлучном посоле с целью получения нежной консистенции готового продукта были выбраны следующие показатели:

1. Показатель аминного азота (АА, мг %) – методом формольного титрования водной вытяжки из продукта после осаждения в ней белков 20 %-й трихлоруксусной кислотой (ТХУ); за окончательный результат испытания принималось среднее арифметическое значение результатов трех параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не превышали 0,2 %, вычисление проводилось до третьего десятичного знака.

2. Показатель общего азота (ОА, %) и небелкового азота (НБА, %) – методом Кьельдаля на аппарате Selecta Bloc Digest и на установке Pro-Nitro A, перед минерализацией в пробе на НБА – водной вытяжке из продукта – проводилось осаждение белков 20 %-й ТХУ с последующей фильтрацией.

3. Водородный показатель (рН) – в водной вытяжке из продукта потенциметрически с помощью рН-метра; за окончательный результат показателя принималось среднее арифметическое значение результатов трех параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не превышали 0,1 рН.

На рис. 2 представлены кривые, описывающие изменение содержания АА в готовой продукции "Сайда филе подкопченное" в процессе хранения, изготовленной без использования ФП (контроль) и с использованием ФП в оптимальной дозировке и при оптимальной длительности посола полуфабриката. В случае посола с ФП наблюдался рост показателя с 5-х по 20-е сутки хранения, что свидетельствует об активном протеолизе белков, способствующем процессу созревания готовой продукции и, как следствие этого, формированию ее более нежной и сочной консистенции. В контрольном образце наблюдалось плавное снижение показателя АА в течение всего процесса хранения. Значения показателя АА количественно описывают степень формирования в продукте антипротеолитического эффекта копчения, который в свою очередь обусловлен взаимодействием коптильных компонентов с белками продукта и белками-ферментами. Кислоты коптильной среды также способствуют час-

тичной денатурации ферментов, в результате чего протеолиз и накопление его продуктов замедляется или приостанавливается [7].

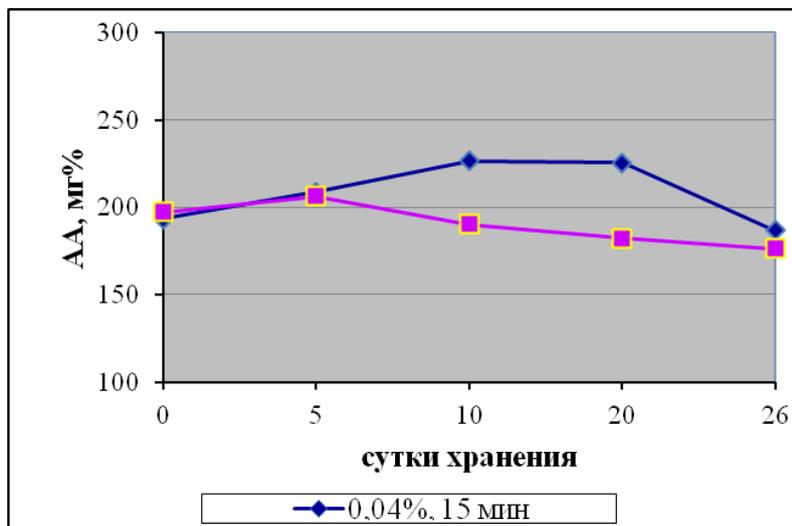


Рисунок 2 – Изменение показателя АА сайды филе подкопченного в процессе хранения

Отношение НБА/ОА, которое может быть обозначено как коэффициент белкового состояния (по М. Д. Ильину) отображено на рис. 3. С учетом примерно одинаковой массовой доли АА в исследуемом и контрольном образцах продукции вначале процесса хранения, а также с учетом имеющегося различия в темпе нарастания отношения НБА/ОА в течение первых 10-ти суток хранения, как и существенной разницы в значении этого показателя вначале хранения образцов продукции, можно предположить, что на величину НБА/ОА влияют азотистые соединения, не связанные с протеолизом. После 10-х суток хранения, темп нарастания и количественное содержание показателя НБА/ОА в исследуемом и контрольном образцах практически совпадают.

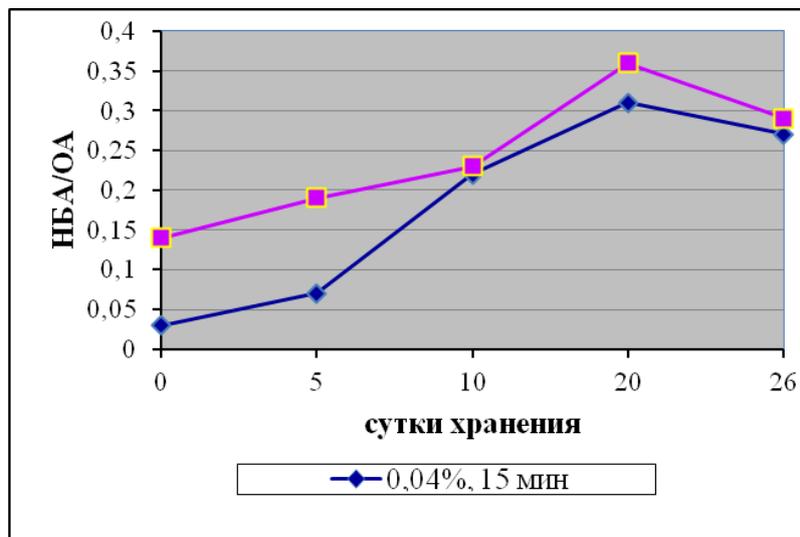


Рисунок 3 – Изменение показателя НБА/АО сайды филе подкопченного в процессе хранения

Интенсивное формирование антипротеолитического эффекта и замедление эффекта созревания в контрольном образце продукции, изготовленном без использования ФП, на что указывает и высокий показатель рН продукта (рис. 4), негативно влияет на его органолептическую оценку.

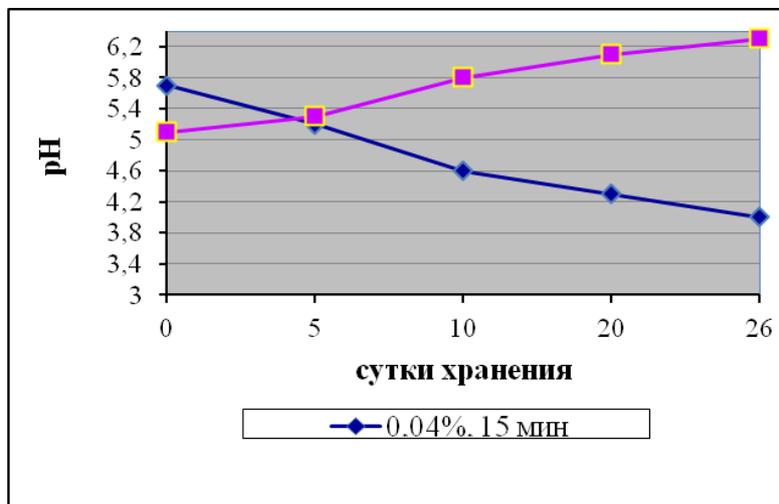


Рисунок 4 – Изменение показателя рН сайды филе подкопченного в процессе хранения

Противоположная картина наблюдается в исследуемом образце, изготовленном при оптимальных режимах посола – более активный протеолиз с участием ФП ведет к накоплению кислых продуктов, способствующих сдвигу рН в кислую область (рис. 4). Однако диффундирование кислот копильной среды в рыбное филе от поверхностных слоев во внутренние, начавшееся в процессе копчения и продолжающееся в процессе хранения, способствует сдвигу рН в кислую сторону, вызывая к завершению хранения – в период с 20-х по 26-е сутки – денатурацию белков и, как следствие, торможение процесса гидролиза, что согласуется с полученными данными по АА (рис. 2).

Обобщение результатов проведенных исследований, приводит к однозначному выводу о положительном влиянии ФП из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio* на процесс созревания полуфабриката филе сайды, традиционно считающейся слабосозревающей, как на этапе посола, так и на этапе хранения подкопченной продукции. Диффузия компонентов копильной среды в продукт, продолжающаяся в процессе хранения [7], позволяет с ростом их концентрации во внутренних слоях продукта, предохранять его от перезревания, блокируя активность ферментов. При этом наблюдается существенное улучшение показателя "консистенция" готового подкопченного продукта, что служит основанием для характеристики его как деликатесной продукции.

Библиографический список

1. Виннов, А. И. Получение протеолитических ферментных препаратов – созревателей из отработанных тузлуков / А. И. Виннов, Т. И. Бесштанковская // ПРОДОВОЛЬЧА ИНДУСТРИЯ АПК. – 2011. – № 2 (10). – С. 20–23.
2. Мухин, В. А. Протеолиз и протеолитические ферменты в тканях морских беспозвоночных / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков. – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2002. – 118 с.
3. Смирнова, Е. Б. Использование ферментов из гепатопанкреаса камчатского краба для получения белковых гидролизатов коровьего молока / Е. Б. Смирнова, В. А. Мухин, С. Н. Зорин, В. К. Мазо, В. Ю. Новиков. – Москва : Изд-во Пищевая промышленность. Журнал Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 2. – С. 47–50.
4. Шкуратова, Е. Б. Применение ферментного препарата из гепатопанкреаса краба-стригуна в технологии подкопченной рыбопродукции из слабосозревающего рыбного сырья / Е. Б. Шкуратова, Ю. В. Шокина, В. А. Мухин // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : мат. междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 8 апреля 2016 г. : в 2 ч. Ч. 1 / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2016. – С. 80–84.
5. Мухин, В. А. Особенности пищеварительной функции протеиназ беспозвоночных – обитателей холодных морей / В. А. Мухин // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2007. – Т. 43, № 5. – С. 398–403.
6. Мухин, В. А. Влияние температуры и pH на активность протеиназ из гепатопанкреаса краба-стригуна *Chionoecetes opilio* / В. А. Мухин, И. И. Лыжов // Рыбное хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 105–107.
7. Шокина, Ю. В. Научно-практические основы получения коптильных сред с использованием энергии ИК-излучения и применения их в технологии переработки водного сырья / Ю. В. Шокина // Автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.18.12 и 05.18.04 / Ю. В. Шокина ; Мурманск : МГТУ. – 2011. – 39 с.

**БИОРЕСУРСЫ, АКВАКУЛЬТУРА
И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ
ЭКОСИСТЕМ АРКТИКИ**

Половое созревание гольца озера Самолет-Озеро

Анохина В. С., Сытюгина К. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)

Аннотация. Проанализированы гистологические срезы гонад гольца озёрного, выловленного в оз. Самолет-Озеро Кольского полуострова. Выявлены и описаны две из пяти известных стадий созревания рыб. Показано, что генеративная продуктивность гольца из оз. Самолет – Озера Кольского полуострова является важным оценочным критерием в изменчивости особей под давлением факторов среды.

Abstract. Histological section of gonads of the lacustrine charr of the Kola Peninsula were analysed, and two out of five stages of fish maturing were described. Was stated that generative efficiency of the lacustrine charr from the lake Plane – Lake Kola Peninsula is important criterion in estimating variability of individuals under the pressure of factors of the environment.

Ключевые слова: голец озёрный, аквакультура, рыбное хозяйство.

Key words: lacustrine charr, aquaculture, fish industry.

Введение

Гольц озёрный (*Salvelinus alpinus lepechini* G.) – ценный представитель пресноводной ихтиофауны Кольского полуострова. В природе голец широко использует возможности биотопов благодаря высокой репродукционной пластичности и создаёт в разных экологических условиях адаптированные формы, имеющие разные местные названия. Гольц оз. Самолёт-Озеро представлен местной формой с устоявшимся названием палия. По сведениям, палии разных географических мест обитания вступают в период созревания в возрастном диапазоне от 4 до 6 лет, основная масса палий становится половозрелой на пятом году жизни [2]. Гольцы-палии принадлежат к многократно нерестующим рыбам, однако, нерест каждой особи происходит не ежегодно, поэтому задача изучения факторов, способствующих повышению продуктивности вида в водоёмах с разной экологией до настоящего времени остаётся актуальной.

Углублённое изучение биологии размножения и особенностей генеративных процессов у гольца-палии в озёрах арктической и субарктической зоны России помогает исследователям выяснить закономерности формирования структуры и численности локальных популяций и выработать механизм

повышения продуктивности водоёмов путём искусственного воспроизводства вида и методами аквакультуры.

Цель исследования: охарактеризовать по гистологическим срезам гонад текущие генеративные процессы у гольца озёрного оз. Самолёт-Озеро.

Материал и методы

Гольц озёрный (паляя) выловлен в феврале 2016 г. в оз. Самолет-Озеро, которое принадлежит бассейну Баренцева моря и расположено на севере Кольского полуострова (рис. 1).



Рисунок 1 – Озеро Самолёт-Озеро

Выловленных рыб оценивали по размерно-массовым показателям. Самок и самцов препарировали, изымали гонады, фиксировали их в 70 % спирте

и использовали для изготовления гистологических препаратов. Пол и стадию зрелости рыб идентифицировали под микроскопом. В 2016 г. изготовлено и проанализировано 24 гистологических препарата. Характер созревания оценивали по универсальной шкале зрелости половых желез [4]. Ооциты классифицировали по Г. М. Персову (1966) [2], полученные данные сравнивали с результатами гистологических исследований других авторов [5]. Морфологические измерения и взвешивание выполняли в соответствии с общепринятой методикой [3].

Результаты и обсуждение

Показатели линейных размеров и биомассы дикого гольца оз. Самолёт-Озеро представлены в таблице.

Таблица 1 – Размерно-массовая характеристика *S. a. lepechini* (февраль 2016 г.)

Размерные группы рыб	Длина, см			Высота тела, см	Масса, г общая
	L1	L2	L3		
	Февраль 2016 г.				
мелкая (n = 3)	19,2	18,6	16,5	3,9	71,4
средняя (n = 4)	21,6	20,1	18,7	3,9	84,2
крупная (n = 5)	24,8	22,8	21,5	5,1	133,2
среднее за февраль 2016	21,8	20,5	18,9	4,3	96,2

Примечание: L1 – длина рыбы от вершины рыла до конца лучей хвостового плавника (общая длина); L2 – длина рыбы от вершины рыла до развилки хвостового плавника (длина по Смитту); L3 – длина рыбы от вершины рыла до конца чешуйного покрова. Высота (наибольшая высота тела) – расстояние от самой высокой точки спины до брюшка по вертикали.

Гонады фиксировали в 70 %-м спирте, делали гистологические срезы и идентифицировали пол и стадию зрелости под микроскопом

При детальном изучении гистологических срезов было идентифицировано две из пяти известных состояний ооцитов, названных (Персов, 1968) ступенями развития ооцитов периода протоплазматического роста (ПР).

Самки

В Крупной размерной группе 4 самки, на гистологических препаратах три самки на III стадии созревания и одна самка на II стадии. В средней размерной группе 4 самки, две находились на III стадии, три на II стадии. Самки мелкой размерной группы находились на II стадии созревания.

Все особи с развивающимися половыми продуктами после нереста, наблюдается много не выметанных клеток. Ооциты представлены II стадии – 4 самки (рис. 2), представлены III стадии – 5 самок (рис. 3).

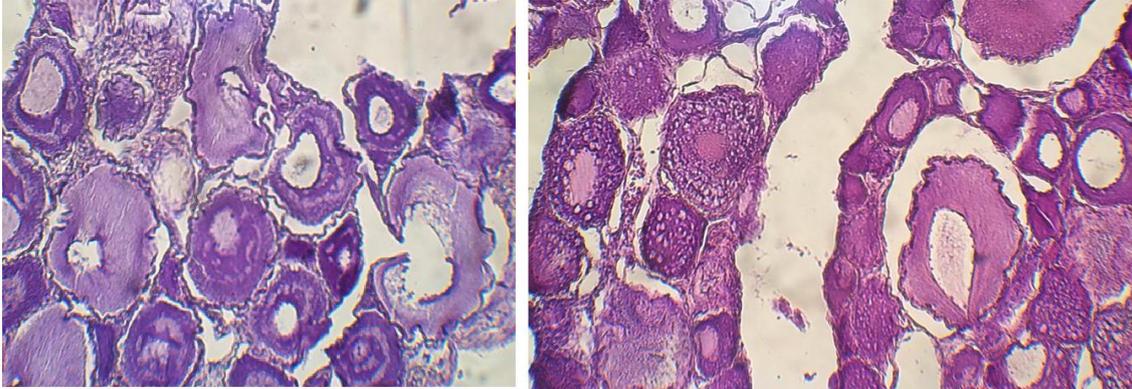


Рисунок 2 – Озеро Самолёт-Озеро яйцеклетки на II стадии

II стадия. Половые продукты выметаны. Яичники небольшого размера, дряблые и воспаленные. Они имеют багрово-красный цвет от кровоизлияний, возникших при разрыве фолликул. Присутствующие в яичниках опустевшие фолликулы и оставшиеся не выметанными единичные зрелые икринки рассасываются. Нарушены все структуры, фолликулы пустые. В препаратах присутствуют невыметанные яйцеклетки находящиеся на II стадии, не овулирующие ооциты.

III стадия. Половые железы хорошо развиты. Яичники занимают от трети до половины объема брюшной полости и содержат ооциты, видимые невооруженным глазом. Ооциты растут не только за счет увеличения объема протоплазмы. Этот период в развитии ооцитов назван периодом трофоплазматического, или большого роста. На препарате присутствуют лопнувшие фолликулы и ооциты III стадии и ооциты трофоплазматического роста (рис 3).

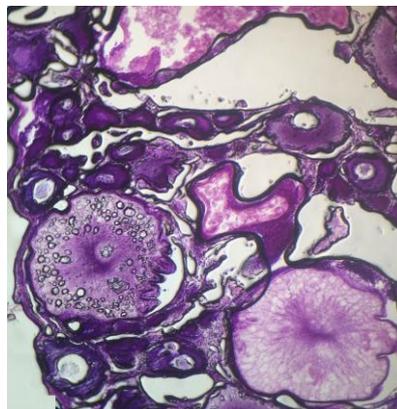


Рисунок 3 – Озеро Самолёт-Озеро яйцеклетки на III стадии

Самцы

3 тушки, одна крупная размерная группа и 2 мелкие размерные группы. Семенники уменьшились в размерах, сжались и имеют вид тонких вялых тяжей. Кровеносные сосуды семенников расширены. Цвет семенников – розоватый. При разрезании семенника появляется небольшое количество желтоватой жидкости. Половые клетки представлены сперматогониями в фазе размножения. На препаратах видны половые клетки на всех этапах сперматогенеза – от сперматогоний до сперматозоидов. Сперматогонии располагаются по периферии ампул, их количество невелико. В центре лежат цисты со сперматоцистами II порядка, сперматидами и сперматозоидами (рис. 4).

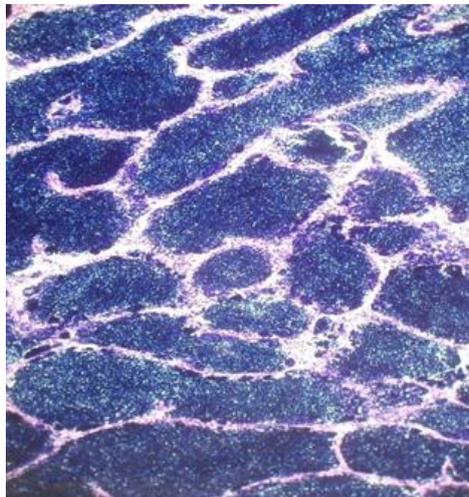


Рисунок 4 – Озеро Самолёт-Озеро самец сперматоцитами II порядка

В завершающей стадии развития семенников, наблюдается фагоцитоз остаточных сперматозоидов крупными фолликулярными клетками. Половые клетки представлены сперматогониями в стадии размножения (рис. 5)

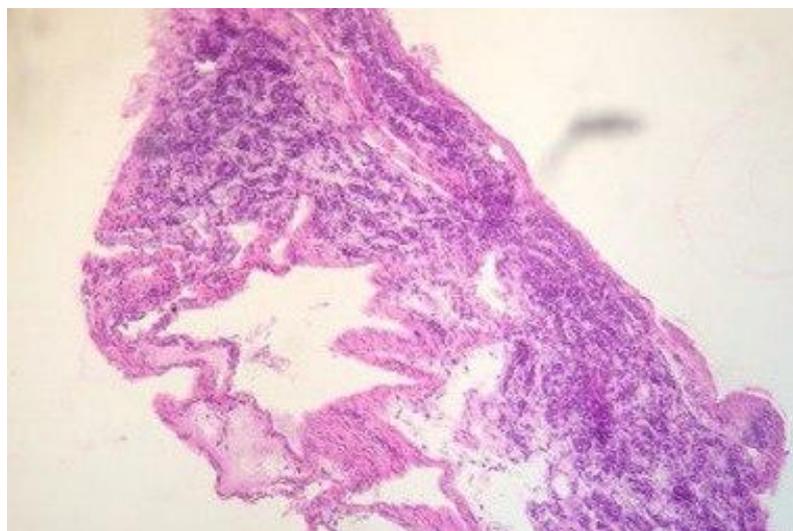


Рисунок 5 – Озеро Самолёт-Озеро самец сперматогонии в стадии размножения

Самцы выметывают сперму, как правило, порционно. Сперматогенез продолжается во время нереста, поэтому стадии зрелости семенников меняются.

Выводы

На этапе онтогенеза различия между полами наблюдаются не только в анатомическом строении гонады, но уже и в состоянии самих половых клеток. Соответственно наблюдаются анатомическая и цитологическая дифференцировка пола. В первом случае определяющим моментом является строение гонады, во втором – состояние половых клеток.

Библиографический список

1. Анохина, В. С. Характеристика крови и гистология половых желез заводского и дикого гольца озерного / В. С. Анохина, А. Н. Квасоварова, К. С. Щербак // Вестник Мурманского государственного технического университета, 2012. т. Т. 15, № 4. – С. 691–700.
2. Персов Г. М. Ранний перилд гаметогенеза у проходных лососей : Тр. ММБи, М.-Л., Наука, 1966. 7–44 с.
3. Правдин, И. Ф. Изучение возраста и роста рыб: Руководство по изучению рыб / Правдин И. Ф. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 347 с.
4. Сакун О. Ф., Буцкая Н. А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. Мурманск, Рыбное хозяйство, 1963. – 46 с.
5. Правдин, И. Ф. Изучение возраста и роста рыб: Руководство по изучению рыб / Правдин И. Ф. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 347 с.

Состояние и распространение литоральных фитоценозов Кольского залива

Канищева (Гончарова) О. В. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии, e-mail: olga.goncharova1986@rambler.ru*)

Аннотация. Проведено исследование состояния и распределения литоральных фитоценозов на акватории Кольского залива в 2009 г. Количество видов и биомасса макрофитов в исследуемых участках варьируют. Полученные результаты показывают, что на литорали залива наблюдается поясное распределение растительности, характерное для арктических и бореальных районов Северной Атлантики.

Abstract. A study of the distribution of phytocenoses in the area of the Kola Bay has been conducted during 2009. The number of species and biomass of macrophytes vary on investigated areas. The obtained results show that on the littoral there is a belt distribution of vegetation, which is similar for the Arctic and boreal regions of the North Atlantic.

Ключевые слова: Кольский залив, макроводоросли, литораль, морские экосистемы, фитоценоз, биомасса.

Key words: the Kola Bay, macroalgae, littoral, marine ecosystems, phytocenosis, biomass.

Введение

Кольский залив является уникальной природной лабораторией, позволяющей проследить вековые изменения морских экосистем с высокой степенью детализации и вместе с тем в масштабах, сопоставимых с крупными морскими бассейнами. Морская деятельность в Кольском заливе влияет на экологическую ситуацию в Баренцевом море, формирует среду обитания для сотен тысяч жителей прибрежной зоны. Поэтому специализированные океанологические и гидробиологические исследования, в конечном счете, становятся частью стратегических экологических оценок и стратегий устойчивого развития приморских регионов [1]. Между тем, состояние биоты водоема во многом определяется состоянием морских растений как первичных продуцентов.

На Мурманском побережье Баренцева моря 197 видов морских макроводорослей произрастают в условиях уникального природного эксперимента под воздействием биотических и абиотических факторов: смены полярного дня и полярной ночи, низких отрицательных температур зимой и высоких положительных летом, осушения во время отливов, опреснения, гидродинамики, межвидовой конкуренции [2]. Несмотря на то, что гидробиологические

исследования Кольского залива проводятся уже длительное время, распространение зарослей водорослей-макрофитов в нем до сих пор остается малоизученным.

Цель данной работы – анализ видового разнообразия и поясного распределения фитоценозов на литорали Кольского залива.

Задачами настоящего исследования являются изучение таксономического состава, пространственных и количественных характеристик макроводорослей в исследуемых районах.

Материалы и методы

Материалом для данной работы послужили собственные наблюдения и сборы водорослей, проведенные автором в районах южного, среднего и северного колен Кольского залива (в соответствии с рис. 1). Исследования проводились во время сизигийных отливов в различные гидрологические сезоны 2009 г. методом вертикальных трансект [3]. Камеральная обработка проб проводилась на кафедре "Биология" Мурманского государственного технического университета. При обработке материала оценивали видовой состав, общую биомассу растений (B , $\text{кг}/\text{м}^2$) и распределение макрофитобентоса на акватории колен Кольского залива.



Рисунок 1 – Исследуемые участки Кольского залива Баренцева моря.

1 – мыс Притыка; 2 – мыс Абрам-Мыс; 3 – мыс Мишуков;
4 – бухта Белокаменка; 5 – бухта Ретинская; 6 – мыс Березов

Результаты и обсуждение

Флористический состав рассматриваемых сообществ типичен для побережья Баренцева моря. В исследуемых районах Кольского залива в 2009 г. было обнаружено 39 видов водорослей. В результате исследований было отмечено,

что наименьшее видовое богатство обнаружено в районе м. Притыка, сочетающем распределение и различные виды техногенного воздействия (табл. 1).

Таблица 1 – Число видов макроводорослей, произрастающих в исследуемых участках Кольского залива

Район исследования	Бурые	Красные	Зеленые	Всего
м. Притыка	4	3	5	12
м. Абрам-мыс	13	9	7	29
м. Мишуков	8	3	6	17
б. Белокаменка	10	7	8	25
м. Ретинский	11	7	6	24
м. Березов	11	11	5	27
Всего видов	14	15	10	39

В сообществе макрофитобентоса на литорали Кольского залива видовой состав и количество видов сильно варьируют в зависимости от гидрологического сезона. Максимальное количество водорослей-макрофитов встречалось в летний период на литорали мыса Березов – 27 (69 %). Наименьшее число видов было отмечено в кутовой части Кольского залива и составило 23 % от общего числа макроводорослей (в соответствии с рис. 2).

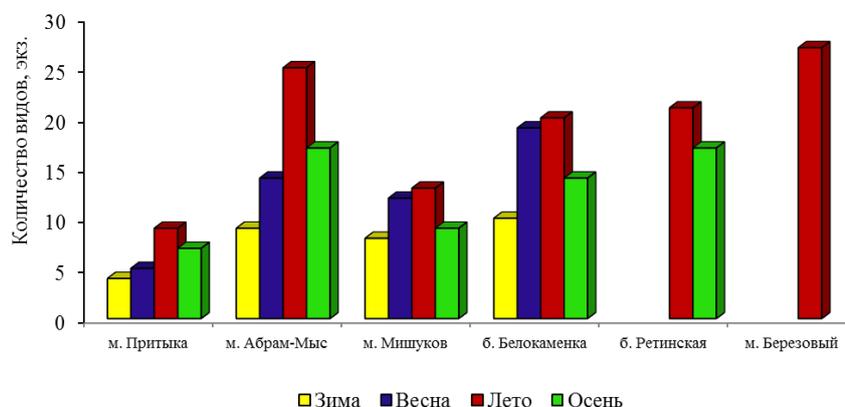


Рисунок 2 – Количество видов водорослей в исследуемых районах Кольского залива

На акватории литорали Кольского залива наблюдается поясное распределение растительности, характерное для арктических и бореальных районов Северной Атлантики. Зонально-географический анализ, проведенный в исследуемых участках залива показал, что преобладающими по числу видов водорослей являются две группы: бореально-арктические – 17 (44 %) и высокобореальные арктические – 11 (28 %).

В южном районе на верхнем горизонте растительность представлена ассоциациями *Fucus vesiculosus* и *Ascophillum nodosum*, за исключением м. Притыка. В начале мая и летом в верхнем горизонте литорали формируется ассоциация

сезонных зеленых водорослей *Acrosiphonia arcta*, *Cladophora rupestris*, *Enteromorpha intestinalis*, *Enteromorpha prolifera* и *Ulvaria obscura*, которые покрывают в это время все верхушки валунов.

В нижнем этаже верхнего горизонта литорали при небольшом снижении прибойности развивается вдоль всего залива четко выраженный пояс *Fucus vesiculosus*, который образует чистые, иногда густые заросли без примеси других водорослей.

В верхнем горизонте литорали, опускаясь и в средний горизонт, распространена ассоциация *Fucus vesiculosus* + *Ascophillum nodosum*, которая неоднородна из-за пятнистого распространения участков с разной степенью обилия фукусов, на которых присутствуют многочисленные эпифиты – *Elachista fucicola*, *Pilayella littoralis* и *Ulothrix flacca*. В том числе в ассоциации довольно много встречается зеленых водорослей – *Cladophora rupestris*, *Enteromorpha intestinalis* и *Enteromorpha prolifera*. Ниже пояса *Fucus vesiculosus* располагается пояс *Fucus distichus*.

В верхнем и среднем этажах среднего горизонта литорали ведущей является ассоциация *Ascophillum nodosum* + *Fucus distichus* + *Palmaria palmata*. Ядро ассоциации составляют следующие виды: *Fucus vesiculosus*, *Ascophillum nodosum*, *Fucus distichus*, *Elachista fucicola*, *Pilayella littoralis* и характерна красная корковая водоросль *Hildenbrandtia prototypes*.

В центральных частях губ пояс *Fucus distichus* становится шире и занимает весь средний горизонт литорали, где выделена ассоциация *Fucus distichus* + *Palmaria palmata*. В них встречается много бурых нитчаток – *Pilayella littoralis*, *Chorda filum*, *Dictyosiphon foeniculaceus* из красных – *Palmaria palmata*, из зеленых – *Enteromorpha intestinalis*, *Cladophora rupestris* и *Ulvaria obscura*.

В нижнем этаже среднего горизонта и в нижнем горизонте глубже пояса *Fucus distichus* развивается пояс *Fucus serratus*. В заливе заросли *Fucus serratus* тянутся узкой прерывистой полосой, достигая наибольшего развития в слабо защищенных условиях на каменисто-валунном грунте, где можно встретить ассоциацию *Fucus serratus* + *Palmaria palmata*. Нижний горизонт либо отсутствует, либо слабо выражен, что приводит к нарушению поясности. Такие виды как *Fucus distichus* и *Fucus serratus* в южном колене не образуют крупных поселений.

В среднем и северном коленах Кольского залива водоросли встречаются только в местах, наиболее подверженной действию прибоя. Растительность в них представлена ассоциациями *Fucus vesiculosus* и *Ascophillum nodosum*.

Весной и летом в верхнем горизонте литорали (заходит и в средний горизонт) формируется ассоциация сезонных зеленых водорослей, представленная главным образом *Cladophora rupestris*, *Enteromorpha intestinalis*, *Enteromorpha prolifera*, *Monostroma grevillei* и *Ulvaria obscura*, которые покрывают в это время все верхушки валунов.

В нижнем этаже верхнего горизонта литорали при небольшом снижении прибойности развивается вдоль всего залива четко выраженный пояс *Fucus vesiculosus*. Обычно фукус образует чистые заросли (ассоциация *Fucus vesiculosus*) без примеси других водорослей, иногда это довольно густые заросли.

В верхнем горизонте литорали, опускаясь и в средний горизонт, распространена ассоциация *Fucus vesiculosus* + *Ascophillum nodosum*. Ассоциация неоднородна на своем протяжении из-за пятнистого распространения участков с разной степенью обилия *Fucus vesiculosus* и *Ascophillum nodosum*. На фукусах многочисленны эпифиты – *Elachista fucicola* и *Pilayella littoralis*. В ассоциации довольно много встречается зеленых водорослей – *Cladophora rupestris*, *Enteromorpha intestinalis*, *Enteromorpha prolifera* и *Monostroma grevillei*.

Ниже пояса *Fucus vesiculosus* располагается пояс *Fucus distichus*. В верхнем и среднем этажах среднего горизонта литорали ведущей является ассоциация *Fucus vesiculosus* + *Fucus distichus*. Ядро ассоциации составляют *Fucus vesiculosus*, *Fucus distichus*, *Elachista fucicola*, *Pilayella littoralis* и *Acrosiphonia arcta*, характерны красные корковые водоросли *Hildenbrandtia prototypes* и *Lithothamnion* spp.

В центральных частях бухт и губ пояс *Fucus distichus* становится шире и занимает весь средний горизонт литорали. Здесь выделена ассоциация *Fucus distichus* + *Fucus vesiculosus* + *Porphyra miniata* (*Porphyra miniata* характерна только для северного колена). В ассоциациях встречается много бурых нитчаток – *Pilayella littoralis*, *Chorda filum*, *Chordaria flagelliformis*, *Dictyosiphon foeniculaceus* из красных – *Devaleraea ramentacea* характерна только для северного колена, из зеленых – *Enteromorpha intestinalis* и *Acrosiphonia arcta*.

В нижнем этаже среднего горизонта и в нижнем горизонте глубже пояса *Fucus distichus* развивается пояс *Fucus serratus*. В заливе заросли *Fucus serratus* тянутся узкой прерывистой полосой, достигая наибольшего развития в слабо защищенных условиях на каменисто-валунном грунте, где можно встретить ассоциацию *Fucus serratus* + *Fucus distichus* + *Palmaria palmata*. В среднем колене Кольского залива нижний горизонт либо отсутствует, либо слабо выражен, что

приводит к нарушению поясности, а в северном колене наблюдается обратная картина. В данных коленах *Fucus serratus* не образует крупных поселений.

Доминирующими видами по биомассе на Мурманском побережье Баренцева моря являются бурые водоросли, на литорали – это фукусовые, которые составляют до 90 % биомассы. Отмечено, что наибольшая биомасса макроводорослей наблюдается в летний период на литорали в районах м. Мишуков (7,28 кг/м²) и м. Березов (7,68 кг/м²), минимальная – в зимний период на всех участках Кольского залива. Стоит отметить, что в районе м. Притыка наименьшая биомасса наблюдалась во все гидрологические сезоны, что обусловлено совокупностью гидрологических факторов: соленостью, эвтрофированием, ледовым режимом и гранулометрическим составом грунта.

Заключение

Наблюдения показали, что состав видов водорослей, встреченных в Кольском заливе, типичен для сообществ фукусовых в защищенных местообитаниях на Мурманском побережье Баренцева моря. В результате исследований было обнаружено 39 видов макроводорослей. Среди которых преобладающей по числу видов является группа бореально-арктические виды. На литорали южного, среднего и северного колен значительно развит пояс фукоидов, за исключением района м. Притыка. Основными доминантами являются фукусовые водоросли, которые составляют до 90 % биомассы.

Таким образом, существование сложного многолетнего фитоценоза благоприятствует развитию у популяций, входящих в растительное сообщество, приспособлений к совместному обитанию и увеличивает шансы на выживание каждого вида в условиях литорали северных морей.

Библиографический список

1. Кольский залив: освоение и рациональное природопользование / [отв. ред. Г. Г. Матишов] ; Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. – М. : Наука, 2009. – 381 с.
2. Воскобойников, Г. М. Механизмы адаптации и регуляции роста у морских макрофитов Баренцева моря / Г. М. Воскобойников // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки : Тез. Докл. Междунар. Науч. Конф. (г. Мурманск, 10–12 марта 2010 г.). – Апатиты : Изд-во Кольского научного центра РАН, 2010. – С. 42–44.
3. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / Под ред. Цыбань А. В. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – 185 с.

Видовой состав и показатели биоразнообразия литоральных зооценозов Кольского залива Баренцева моря

Кравец П. П., Тюкина О. С., Губина Д. М. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)

Аннотация. Показаны данные по таксономическому составу, зоогеографическому распространению макрозообентоса Кольского залива Баренцева моря, а также определены виды-доминанты сообществ.

Abstract. The data on the taxonomic composition, zoogeographic distribution of macrozoobenthos of the Kola Bay of the Barents Sea are shown, and species-dominants of the communities are also identified.

Ключевые слова: Зообентос, литораль, видовой состав, биогеографическое распределение, виды-доминанты, индексы видового разнообразия, Кольский залив, Баренцево море.

Key words: Zoobenthos, littoral, species composition, biogeographic distribution, dominant species, indices of species diversity, Kola Bay, Barents Sea.

Анализ изменений в видовом составе и обилии сообществ литорального зообентоса представляет особый интерес, поскольку может содействовать пониманию процессов, происходящих в морских экосистемах во время долговременных или кратких флуктуаций факторов среды [1].

В связи с этим, нами была поставлена цель – определить видовой состав и особенности зоогеографического распространения макрозообентоса в экосистемах Кольского залива Баренцева моря.

Материал и методика

Исследование проведено во время отливов на литорали южного (мыс Притыка и мыс Абрам-Мыс), среднего (мыс Мишуков и бухта Белокаменная) и северного (мыс Ретинский, бухта Ретинская, губа Пала) колен Кольского залива в 2012–2015 гг. в летне-осенний период (рис. 1). Для отбора проб были выбраны районы, наиболее отличающиеся друг от друга гидрологическими и абиотическими условиями.

Пробы отбирали с трех горизонтов литорали в трех повторностях. Применяли метод учетных площадок. Всего было обработано 81 проба. Камеральную обработку проб проводили в лаборатории кафедры биологии МГТУ. Определение проводили до вида. Исключения составили такие группы таксонов, как Oligochaeta, Polychaeta и Gammaridae.

Видовое разнообразие макрозообентоса оценивалось при помощи индекса *Маргалефа-Симпсона*:

$$\frac{1}{n}, \quad (1)$$

где D – число видов;

N – общее число особей на исследуемом участке.



Рисунок 1 – Точки отбора проб на литорали Кольского залива

Экологическое разнообразие оценивали индексом Шеннона H' :

$$H' = - \sum (p_i \log_2 p_i), \quad (2)$$

где p_i – отношение численности вида i к общему числу особей выборки N .

Индекс выравненности Пиелу J' :

$$J' = H' / \log(S), \quad (3)$$

где H' – индекс Шеннона;

S – число видов в сообществе.

Индекс зависит лишь от равномерности распределения обилий видов, меняется в диапазоне от 0 (абсолютное доминирование единственного вида) до 1 (все виды равнообильны).

Для определения видов-доминант был произведён расчёт показателя, – интенсивности метаболизма R , – для каждой группы организмов по следующей формуле:

$$R = c \cdot N^{1-d} \cdot B^d, \quad (4)$$

где N – численность и B – биомасса на 1 м^2 ;

d – аллометрический показатель;

c – специфичный для таксона коэффициент удельной интенсивности метаболизма.

При расчёте использовались средние значения коэффициента удельной интенсивности метаболизма (c) при стандартной температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ аллометрического показателя для некоторых групп макрозообентоса по Алимову [2].

Результаты и обсуждение

Многолетние исследования зообентоса в Кольском заливе показали, что за период интенсивной хозяйственной деятельности человека в этом районе произошло значительное угнетение донных сообществ с исчезновением многих наиболее чувствительных таксонов, таких как брахиоподы, многие виды мшанок, губок, голотурий, брюхоногих моллюсков, сипункулид [3, 4].

В исследованных районах было отмечено присутствие 14 таксонов литоральных организмов. Наибольшее количество видов было обнаружено в пробах из губы Пала (13 таксонов). Среди них: 7 видов моллюсков, 3 вида ракообразных, а также черви. Наименьшее видовое разнообразие было отмечено в опресненных устьевых участках рек и в районах, подверженных антропогенным изменениям – на мысах Мишуков и Притыка (по 7 таксонов).

Видовой состав уменьшается по направлению от южного колена Кольского залива к северному. В пробах из кутовой части залива обнаружено на 5 таксонов меньше, чем в пробах из устья. Вид брюхоногих моллюсков *Littorina littorea* присутствовал только в пробах северного колена, а *Testudinalia tessellata* была обнаружена в единственной точке – б. Ретинской.

Таблица 1 – Таксономический список организмов в исследованных районах

Виды	Южное колено	Среднее колено	Северное колено
<i>Hydrobia ulvae</i>	–	+	+
<i>Littorina littorea</i>	–	–	+
<i>Littorina obtusata</i>	+	+	+
<i>Littorina saxatilis</i>	+	+	+
<i>Macoma balhtica</i>	+	+	+
<i>Mytilus edulis</i>	+	+	+
<i>Testudinalia tessellata</i>	-	-	+
<i>Balanus balanoides</i>	+	+	+
<i>Jaera albifrons</i>	+	+	+
<i>Gammarus sp.</i>	+	+	+
Nemertini	–	–	+
Oligochaeta	+	+	+
Polychaeta	+	+	+
<i>Pectanaria koreni</i>	–	+	+

Таким образом, анализ таксономического состава сообществ в разных частях побережья выявил, что число таксономических групп в сообществах увеличивается от устья к выходу из залива, что является результатом смены гидрологических условий в сторону формирования мористых сообществ

и также увеличением гетерогенности субстрата на литорали. Данные результаты согласуются с исследованиями, проведенными в 2010–2011 гг. [5].

Из исследований, проведённых ММБИ в 2004–2006 гг, известно, что южное колено подверглось изменениям, поскольку в районе бывшей пристани Лавна-1 в течение более 30 лет была свалка судов, которая стала своеобразным биотопом, где находили питание и укрытие многочисленные гидробионты. В этом районе осуществлялась разделка списанных кораблей, в результате чего был нарушен естественный профиль литорали. Кроме того, вода загрязнена топливом и маслом, вся литораль перепахана колёсами тракторов. Всё это обусловило исчезновение многих видов и снижение общей численности организмов [6].

В результате анализа количественных данных всего района исследований учёными из ММБИ было обнаружено 37 таксонов беспозвоночных, 38 из которых определены до вида 5 типов, 8 классов, 13 отрядов, 19 семейств. Наиболее широко распространены здесь олигохеты, нематоды, моллюски *M. balthica* и полихета *A. virens*. Большинство видов (40 %) по биогеографической характеристике имеют бореально-арктический тип распространения, 31 % – бореальный, 16 % – высокобореально-арктический и 13 % – арктический.

При анализе зоогеографического состава трёх колен Кольского залива не учитывались группы зообентоса, не определённые до видов. Зоогеографический состав фауны в исследованных районах практически одинаков. Бореально-арктические виды составляют более 60 % фауны всех районов исследования. Оставшийся процент приходится на амфиборельные виды, к которым относятся представители класса *Bivalvia*. Общая картина зоогеографического состава фауны участков характеризуется значительным преобладанием бореальных видов над арктическими.

Видовое разнообразие макрозообентоса в исследованных районах побережья Баренцева моря оценивалось при помощи индекса Маргалёфа-Симпсона.

Таблица 2 – Индекс Маргалёфа-Симпсона для макрозообентоса

м. Притыка	1,56
м. Абрам-мыс	2,07
м. Мишуков	1,82
б. Белокаменная	2,48
б. Ретинская	2,88
м. Ретинский	2,46
г. Пала	3,24

Варьирование α -разнообразия аналогично изменению количества видов на станциях. Расчёт данного индекса показал, что наибольшим видовым разнообразием отличается макрозообентос г. Пала, расположенной в северном колене Кольского залива – 3,24. Именно там обнаружено наибольшее количество таксонов. Северное колено залива отличается более стабильным солевым и температурным режимом, чем можно объяснить данные значения индекса. Наименьшее видовое разнообразие обнаружено в таких районах, как м. Притыка (1,56) и м. Мишуков (1,82), где количество видов макрозообентоса наименьшее.

Наблюдаемое увеличение видового разнообразия литорального зообентоса при движении от кута к устью залива определяется гидрологией водоема (соленость, интенсивность движения воды) и характером субстрата на литорали, его гетеро- или гомогенностью, шириной литоральной полосы.

Расчёт индексов Шеннона (индекс чувствителен как к числу видов, так и к неравномерности их количественной представленности в пробе (сообществе)) и Пиелу (индекс зависит лишь от равномерности распределения обилий видов, меняется в диапазоне от 0 (абсолютное доминирование единственного вида) до 1 (все виды равнообильны)) выявил по численности доминантов в каждом из исследованных районов. В табл. 3 приведены значения индексов для вида-доминанта.

Таблица 3 – Основные характеристики макрозообентоса в исследуемых районах

Район исследования	Индекс Шеннона	Индекс Пиелу	Плотность поселения, экз./м ²	S	Доминант
м. Притыка	0,53	0,19	7156	7	Oligochaeta
м. Абрам-мыс	0,45	0,14	7200	9	<i>Macoma balthica</i>
м. Мишуков	0,31	0,10	6911	7	<i>Littorina saxatilis</i>
б. Белокаменная	0,46	0,13	10678	11	<i>Macoma balthica</i>
б. Ретинская	0,53	0,15	6667	12	<i>Mytilus edulis</i>
м. Ретинский	0,52	0,16	4533	10	<i>Mytilus edulis</i>
г. Пала	0,51	0,14	5056	13	<i>Mytilus edulis</i>

Примечание: "S" – количество видов, обнаруженных на данном участке.

Всего выделено 4 доминирующих таксона – *Mytilus edulis*, *Macoma balthica*, *Littorina saxatilis*, Oligochaeta.

Таким образом, можно выделить следующие сообщества макрозообентоса: *Mytilus edulis* (б. Ретинская, м. Ретинский, г. Пала, б. Оскара), *Macoma*

balthica (м. Притыка, Абрам-мыс, б. Белокаменная), *Littorina saxatilis* (м. Мишуков), *Oligochaeta* (г. Ярнышная).

Так как сообщество – функционирующая структура, для выделения доминирующих видов была рассчитана интенсивность метаболизма [7] (табл. 4).

Расчёт данного показателя подтвердил доминирование в сообществах разных участков таких видов, как *Mytilus edulis*, *Macoma balhtica*, *Littorina saxatilis*, а также представителей класса *Oligochaeta*.

Таблица 4 – Интенсивности метаболизма макрозообентоса (R)

Доминанты	Мыс Притыка	Мыс Абрам-мыс	Мыс Мишуков	Бухта Белокаменная	Бухта Ретинская	Мыс Ретинский	Губа Пала
<i>Macoma balhtica</i>	312,66	374,47		244,20	458,67		
<i>Gammarus sp.</i>	100,69						
<i>Oligochaeta</i>	17,85		67,98	32,48	17,43	4,79	
<i>Mytilus edulis</i>		466,94	215,47		1037,68	1569,97	603,97
<i>Littorina saxatilis</i>		113,10	58,23				14,56
<i>Polychaeta</i>				42,22			
<i>Balanus balanoides</i>						152,99	
<i>Hydrobia ulvae</i>							34,96

Во многих районах исследования видом-доминантом является *Mytilus edulis*, обладающий самым высоким показателем интенсивности метаболизма (табл. 4). Относительно высокая эврибионтность мидий позволяет им заселять весьма разнообразные биотопы вблизи уреза воды, характеризующиеся сезонными, а подчас, и резкими суточными колебаниями факторов внешней среды.

По частоте встречаемости все виды были сгруппированы в четыре категории согласно схеме [8]: самые распространённые виды (частота встречаемости больше 20 %), очень распространённые (10–20 %), распространённые (3–10 %), редкие (0,5–3 %).

Самые распространённые виды составили 12,5 % фауны (*Mytilus edulis*, *Oligochaeta*), распространённые – 12,5 % (*Macoma balhtica*, *Littorina saxatilis*) и редкие – 75 % (*Balanus balanoides*, *Hydrobia ulvae*, *Gammarus sp.*, *Littorina obtusata*, *Littorina littorea*, *Jaera albifrons*, *Pectanaria koreni*, *Testudinalia tessellata*, *Polychaeta*, *Nemertini*). Очень распространённых видов обнаружено не было.

Заключение

В результате исследований макрозообентоса на литорали исследуемых районов Кольского залива было отмечено 14 таксономических групп макрозообентоса, наибольшее видовое разнообразие было зафиксировано губы Пала. Было отмечено по зоогеографической структуре преобладание в литоральной фауне бореальных видов (60 %) над арктическими.

Кроме того, в бухтах Ретинская и Оскара, губе Пала и на мысе Ретинский были выделены сообщества *Mytilus edulis*, на мысах Притыка и Абрамыс и в бухте Белокаменная – сообщества *Macoma balhtica*, а на мысе Мишуков – сообщество *Littorina saxatilis*.

Библиографический список

1. Бурковский И. В. Морская биогеоценология. Организация сообществ и экосистем. – М. : КМК, 2006. – 285 с.
2. Алимов А. Ф. Интенсивность обмена у водных пойкилотермных животных // Общие основы изучения водных экосистем. – Л., Наука, 1979. – С. 3–21.
3. Дерюгин К. М. Фауна Кольского залива и условия ее существования / Дерюгин К. М. // Петроград. – 1915. – 929 с.
4. Фролова Е. А. Донная фауна сублиторали / Е. А. Фролова, Е. Г. Митина, А. В. Гудимов А. В. Сикорский // Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 1997. – С. 101–123.
5. Афончева С. А., Малавенда С. С., Кравец П. П. Распределение бентосных сообществ на литорали Кольского залива // Вестник МГТУ, 2012, т. 5, № 4. – С. 701–705.
6. Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН, 2009. – 265 с.
7. Жирков И. А. Жизнь на дне био-география и био-экология бентоса / И. А. Жирков – М., 2010. – 445 с.
8. Marques J.C. and Bellan-Santini D. (1993) Biodiversity in the ecosystem of the Portuguese continental shelf: distributional ecology and the role of benthic amphipods. *Marine Biology* 115, 555–564.

Динамика видового разнообразия баренцевоморских двустворчатых моллюсков в уловах тралом Сигсби

Лазарева Д. Ю.¹, Кравец П. П.²

¹ (г. Мурманск, Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича, e-mail: lazareva@pinro.ru)

² (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии, e-mail: kravetspp@mstu.edu.ru)

Аннотация. Данная работа основана на материалах бентосной съемки 2003–2008 гг. в Баренцевом море и сопредельных водах. Показано значительное увеличение количества видов двустворчатых моллюсков в текущем климатическом периоде. К настоящему времени в Баренцевом море обнаружено по меньшей мере 8 видов, недостающих в видовых списках предыдущих лет.

Abstract. This work is based on materials from the benthic survey of 2003–2008 in the Barents Sea and adjacent waters. The paper shows a significant increase of the number of species of bivalve mollusks in the current climatic period. To date, at least 8 species found in the Barents Sea are missing in the species lists of previous years.

Ключевые слова: двустворчатые моллюски, Баренцево море, трал Сигсби,

Key words: bivalves, Barents Sea, Sigsbee trawl

Введение

Одно из важнейших мест в изучении Баренцева моря занимает исследование флуктуаций бентосных организмов. Первые упоминания о сборах зообентоса датируются 1804 г. в "Описании Колы и Астрахани", выполненного Озерецковским Николаем Яковлевичем.

В 20-е гг. XX в. начали применяться количественные орудия лова, что позволило впервые выполнить достаточно полную бентосную съемку. "В результате были выявлены закономерности распределения отдельных таксономических групп и всего зообентоса в целом, даны аутоэкологические описания наиболее массовых видов, оценены продукционные характеристики бентали, выделены донные сообщества животных и проведено биогеографическое районирование водоема, которое отражало гидролого-климатические условия того периода (Денисенко, 2008, с. 11)".

Во второй половине 40-х гг. ПИНРО возобновил исследования бентоса в Баренцевом море. По итогам съемки были выявлены изменения донной фауны, вызванные эффектом "потепления" (Зацепин, 1962).

В 1968–1970 гг. была проведена тотальная бентосная съемка, по итогам которой было констатировано значительное понижение биомассы зообентоса в сравнении с 20–30-ми годами. Причиной этого понижения было названо предшествующее похолодание (Антипова, 1975).

В 2003–2008 гг. сотрудниками ПИНРО и ИМР проведена совместная тотальная бентосная съемка, на материалах которой основана данная работа по изучению видового разнообразия популяций двустворчатых моллюсков Баренцева моря и сопредельных вод.

Целью данной работы являлось изучение динамики числа видов баренцевоморских двустворчатых моллюсков в уловах тралом Сигсби.

Материалы и методы

В данной работе использованы материалы, собранные в 2003–2008 гг. сотрудниками Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО) и Института морских исследований в Бергене (ИМР). Всего было произведено 313 тралений с использованием трала Сигсби и Бим-трала в Баренцевом море и сопредельных водах (рис. 1).

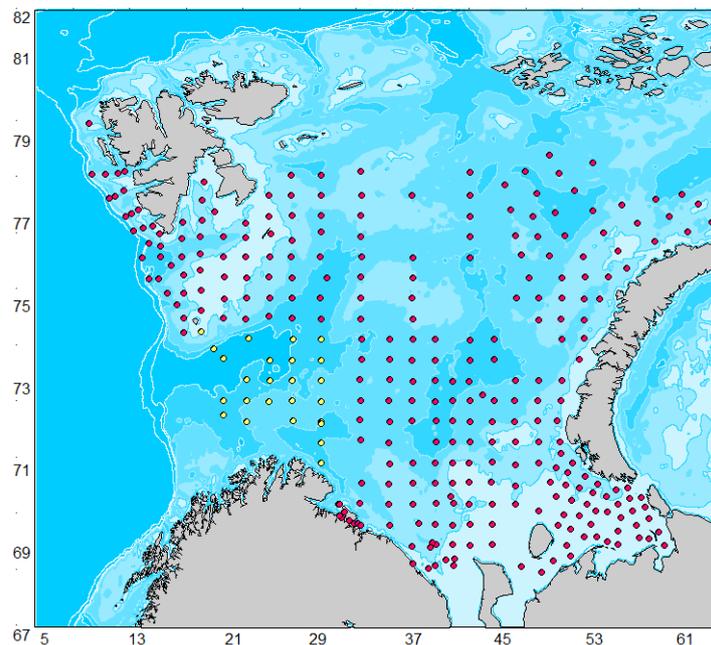


Рисунок 1 – Распределение уловов в 2003–2008 гг. тралом Сигсби (красные точки) и Бим-тралом (желтые)

Исследованием не охвачены литоральные и мелководные виды (например, *Macoma balthica*, *Mya arenaria*), обитающие в местах, где отбор материала не производился, и мелкие формы (например, *Mendicula ferruginosa*), не попавшие в трал за счёт вымывания мелких форм.

Для сравнения видового богатства двустворчатых моллюсков использованы архивные данные ПИНРО. Материалы были собраны с помощью трала Сигсби на юго-востоке архипелага Шпицберген в 1957 г. и у побережья Мурмана в 1978 г. Всего были рассмотрены данные по 36 тралениям (рис. 2).

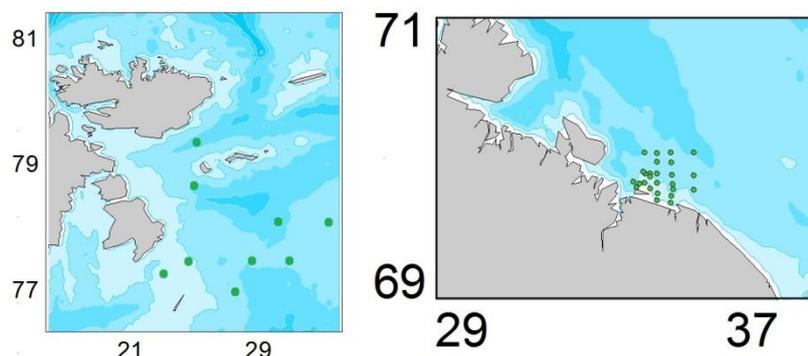


Рисунок 2 – Распределение уловов бентоса в 1957 г. (слева) и в 1978 г. (справа)

Результаты и обсуждение

В различные периоды в уловах в Баренцевом море насчитывалось различное количество видов: представители бентоса делились на несколько таксонов или объединялись в один, некоторыми исследователями делились на подвиды, не определялись в исследуемой акватории. За всю историю изучения Баренцева моря, на исследуемой акватории в сборах насчитывается около 110 видов двустворчатых моллюсков (рис. 3).

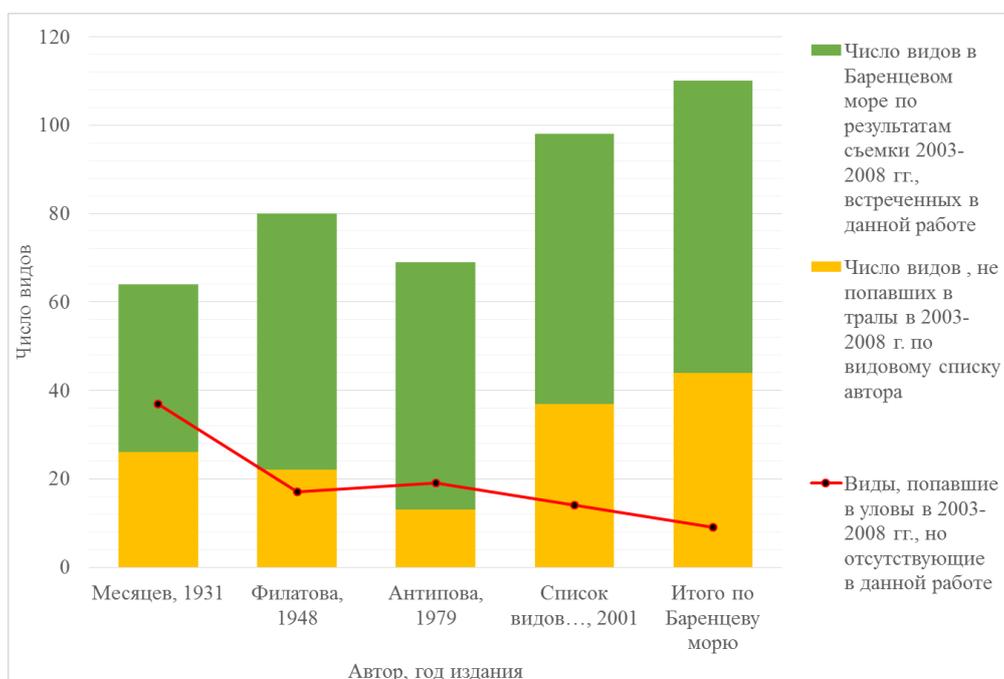


Рисунок 3 – Число видов двустворчатых моллюсков в Баренцевом море по литературным данным и встречаемость этих видов в сборах 2003–2008 гг.

По итогам нашего исследования, основанного на качественных сборах зообентоса Баренцева моря, было отмечено 73 вида двустворчатых моллюсков. Большинство из них (не менее 59 %) отмечались в предыдущие годы другими авторами.

К настоящему времени в Баренцевом море насчитывается 6 видов моллюсков, не встречающихся в видовых списках в исследованиях вышеупомянутых авторов. Это такие виды как *Cuspidaria obesa*, *Abra alba*, *Abra prismatica*, *Modiolula phaseolina*, *Kurtiella bidentata*, *Hiatella rugosa*. Все они являются тепловодными и распространены вдоль норвежского побережья (Distribution of marine..., 1997) и встречались в более поздних работах о появлении этих видов в Баренцевом море (Манушин, 1998; Деарт, Фролов, Манушин, 2013; Фролов, Манушин, 2016).

Кроме того, найдены представители двух видов (*Kelliella miliaris*, *Acanthocardia echinata*), ранее отмеченных в работе Филатовой З. А. (1948), основанной на обобщенных данных о видовом богатстве двустворчатых моллюсков северных морей СССР. Однако в видовых списках в последующих работах не встречались (Антипова, 1979; Список видов..., 2001).

Стоит отметить, что число видов у вышеупомянутых авторов соотносится с вариацией климатического индекса для Баренцева моря (рис. 4). Для наглядной демонстрации этого явления были рассмотрены архивные данные из двух районов Баренцева моря: юго-восток архипелага Шпицберген в 1957 г. и побережье Мурмана в 1978 г.

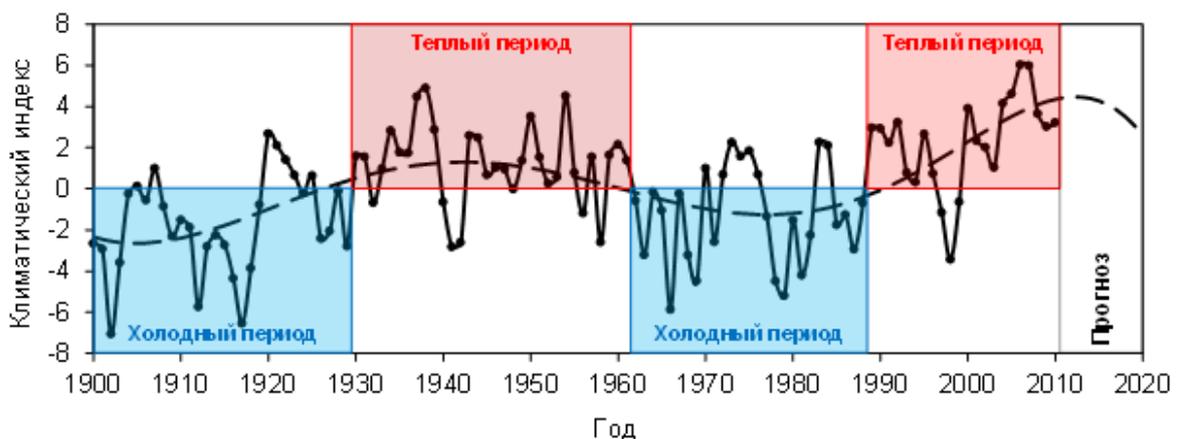


Рисунок 4 – Климатический индекс для Баренцева моря 1900-2009 г.
(из: Voitsov et al., 2012)

На рис. 5 представлено число видов на каждой станции в Баренцевом море по данным 2003–2008 гг. (синие кружки) и по архивным данным 1957

и 1978 г. (зеленые кружки). Станции, отбор на которых производился в 1957 г. вблизи архипелага Шпицберген, располагаются преимущественно между станциями, отбор на которых приходился на 2005–2006 гг. Стоит отметить значительные различия по количеству видов между этими съемками: в 1957 г. в исследуемой акватории насчитывалось 8 видов моллюсков, а в 2005–2006 г. – 22 вида.

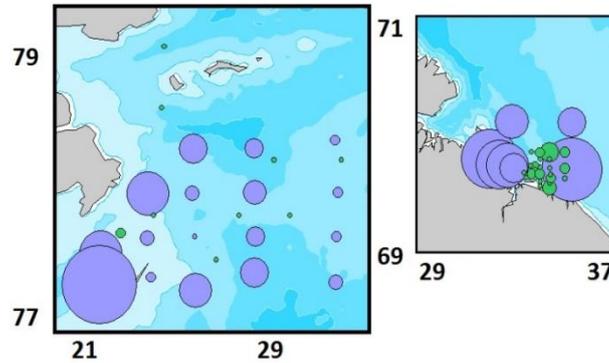


Рисунок 5 – Число видов двустворчатых моллюсков на станциях в Баренцевом море, по данным 2003-2008 года (синие точки) и архивным данным (зеленые) на юго-западе архипелага Шпицберген (слева) и у побережья Мурманска (справа)

Станции, выполненные в прибрежье Мурманска, так же характеризуются значительными различиями в видовом богатстве, несмотря на то, что количество станций в 1978 г. было больше, чем в 2003 г. Количество видов двустворчатых моллюсков, определенных в 2003 г., больше в 2 раза относительно данных 1978 г.

Заключение

По итогам съемки 2003–2008 гг. было определено 73 вида двустворчатых моллюсков, из них 8 видов, недостающих в видовых списках предыдущих лет. Показано значительное увеличение количества видов двустворчатых моллюсков в текущем климатическом периоде, в котором отмечаются более высокие температуры по сравнению с предыдущим теплым периодом 1930-х – середины 1960-х гг.

Библиографический список

1. Антипова Т. В. Распределение биомассы бентоса Баренцева моря. Труды ПИНРО, вып. 35, с. 121–124, 1975.
2. Деарт Ю. В., Фролов А. А., Манушин И. Е. Двустворчатые моллюски *Abra prismatica* (Montagu, 1808) и *Gari fervensis* (Gmelin, 1791) – новые виды

для фауны Российского сектора Баренцева моря // Российский журнал биологических инвазий. – 2013. – Т. 6. – № 1. – С. 27–40.

3. Денисенко, С. Г. Макрозообентос Баренцева моря в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / С. Г. Денисенко. – СПб., 2008. – 45 с.

4. Зацепин В. И. Сообщества донной фауны Мурманского Прибрежья Баренцева моря и их связь с сообществами северной Атлантики. Часть I. – Труды Всес. гидробиол. об-ва, т. XII. 1962.

5. Месяцев И. И. Моллюски Баренцева моря / Труды ГОИН. – Том 1, вып. 1. – 1931. – 168 с.

6. Манушин И. Е. Ревизия рода *Niatella* (*Bivalvia*) в Баренцевом море. // Современное состояние планктона и бентоса, проблемы сохранения биоразнообразия арктических морей. – Мурманск, 1998. С. 80–81.

7. Озерецковский Н. Я. Описание Колы и Астрахани : Из сочинений акад. Николая Озерецковского. – СПб. : при Имп. акад. наук, 1804. – [6], 131 с.

8. Список видов свободноживущих беспозвоночных евразийских морей и прилежащих глубоководных частей Арктики / Под ред. Б. И. Сиренко / в серии: Исследования фауны морей. Вып. 51(59). СПб., 2001. 3 ил.

9. Филатова З. А. Класс *Bivalvia* (*Lamellibranchiata*) – Двустворчатые моллюски/ В кн. : Определитель фауны и флоры северных морей СССР / под общей редакцией Н. С. Гаевской. – М. : "Советская наука", 1948. – С. 405–446.

10. Фролов А. А., Манушин И. Е. Пространственно-временная структура поселений двустворчатых моллюсков на разрезе "Кольский меридиан" // Труды Кольского научного центра РАН. – 2016. – №. 2–3 (36).

11. Boitsov V. D., Karsakov A. L., Trofimov A. G. Atlantic water temperature and climate in the Barents Sea, 2000-2009 / ICES Journal of Marine Science (2012), 69(5), P. 833–840.

12. Brattegard, T. Distribution of Marine, Benthic Macro-Organisms in Norway: A Tabulated Catalogue: Preliminary Edition. – Directorate for Nature Management, 1997.

Опыт применения ассоциативного обучения для исследования цветового зрения настоящих тюленей в условиях аквакомплекса

Пахомов М. В., Литвинов Ю. В. (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, лаборатория биотехнических систем)

Аннотация. В статье описываются преимущества и опыт применения ассоциативного обучения группы тюленей выбору по образцу и ассоциации зрительных и звуковых стимулов для изучения способности этих животных запоминать и дифференцировать между собой различные объекты трех основных спектральных цветов (красный, зеленый, синий).

Abstract. The article describes the advantages and experience of using associative training for a group of seals on the choice and association of visual and sound stimuli for studying the ability of these animals to memorize and differentiate between different objects of the three main spectral colors (red, green, blue).

Ключевые слова: Ассоциативное обучение, цветовое зрение, тюлени.

Key words: Associative learning, color vision, seals.

Зрительная система ластоногих функционирует в двух кардинально отличных по оптическим характеристикам средах – воздушной и водной, а также подвергается резким перепадам освещенности. Если в воздушной среде световой поток мало изменяется на дистанциях зрительного восприятия, то в водной среде световой поток подвергается более сильному преломлению, ослаблению, рассеянию и спектральным смещениям.

Использование психофизических методов исследования позволило установить способность к различению цветов у ряда видов ластоногих: капского морского котика (*Arctocephalus pusillus*), южноамериканского морского котика (*Arctocephalus australis*) [1] и калифорнийского морского льва (*Zalophus californianus*) [2], гренландского, обыкновенного и серого тюленей [3, 4].

Поведенческие реакции позволяют полностью оценить весь зрительный процесс от рецепции до изменения поведения и поэтому являются самыми информативными и объективными методами исследования таких процессов как цветовое зрение ластоногих.

В ходе ряда работ, проводимых на аквакомплексах ММБИ, была показана возможность выработки дифференцировочного условного рефлекса у кольчатых нерп, гренландских и серых тюленей [5,6]. Гренландские тюлени были способны дифференцировать только синий и красный цвета. Серые тюлени и кольчатые нерпы оказались способны отличать друг от друга пять основных спектральных цвета (красный, желтый, зеленый, голубой, синий), а также отличать эти цвета от аналогичным им по светлоте оттенков серого.

Тем не менее, результаты этих экспериментов демонстрировали только тот факт, что подопытные животные способны запомнить один цвет и выбирать объект того же цвета из двух предложенных, таким образом действуя методом исключения. В тоже время наиболее современная трактовка цветового зрения постулирует, что цветовосприятие – это способность фотоактивного излучения с определенным набором длин волн вызывать схожие реакции фотофиксирующих устройств, для биологических объектов с развитой нервной системой – ощущений [7]. Это означает, что если животное ощущает цвет, то оно способно, во-первых, запомнить это ощущение, во-вторых, сравнить это ощущение с ощущением той же модальности и, в-третьих, ассоциировать его с ощущением другой модальности. Наиболее оптимальная методика исследования такой сенсорно-когнитивной функции ластиногих, как цветовосприятие – это обучение животного по методу "Выбор по образцу", используя в качестве основного стимула цвет объекта, а в качестве ассоциативного – звук. Если исследуемый тюлень будет способен сравнить цвет демонстрируемого объекта и цвет объекта цели, а также ассоциировать цвет с определенным звуком, то можно будет заключить, что цвет объекта является для тюленя значимым стимулом, участвующем в когнитивной деятельности животного. С этой целью была проведена экспериментальная работа с группой тюленей.

Работы проводились на аквакомплексе ММБИ в г. Полярный в период с 2013 по 2015 гг. Исследуемыми животными были 4 особи гренландского тюленя (*Pagophilus groenlandicus Erxleben, 1777*) и 4 особи серого тюленя (*Halichoerus grypus Fabricius, 1791*). Животные длительное время содержались в вольерах, были доместичированы, питались размороженной рыбой. Ранее данные особи уже участвовали в работах по изучению цветового зрения, в ходе которых обучались дифференцировочному условному рефлексу, где стимулом выступал цвет объекта. К началу данных экспериментальных работ все животные были здоровы, имели стабильную "установку на обучение", в ходе ряда научно-исследовательских и научно-практических работ были обучены парадигме "выбор по образцу".

Концепция эксперимента заключалась в исследовании способности подопытных особей запомнить три цвета и при демонстрации объекта выбрать табличку того же цвета. Так же исследовалась способность подопытных особей связывать цвет с определенной голосовой командой.

Для проведения эксперимента были изготовлены три таблички из пластика, размерами 20 на 20 см. Таблички размещались на штативе на расстоянии 40 см друг от друга, штатив крепился на стенку вольера на высоту 5 см

от уровня воды. Крепление табличек позволяло быстро изменять их взаиморасположение, чтобы тюлень не ассоциировал цвет объекта или голосовую команду с местоположением таблички. Также были изготовлены три группы демонстрационных объектов: объекты с простой геометрией (кегля, цилиндр, куб, параллелепипед, шар) и объекты со сложной геометрией (макеты утюга и утенка). Таблички и демонстрационные объекты были окрашены водостойкими акриловыми красками: RAL 3001 "Сигнальный красный", RAL 6029 "Зеленый", RAL 5015 "Небесно-синий".

В качестве звуковых стимулов использовались голосовые команды "Рэд" – для красного цвета, "Грин" – для зеленого цвета и "Блю" – для синего цвета.

Работы проводили в светлое время суток при естественной дневной освещенности (прямые солнечные лучи: 1 200–1 400 Лк у поверхности воды; рассеянная освещенность при облачности: 800–1 100 Лк у поверхности воды) в отсутствии атмосферных осадков, влияющих на видимость, а также раздражающих факторов (активные работы на акватории, значительное волнение и сильный ветер).

Схема эксперимента выглядела следующим образом: в вольере закреплялся штатив с табличками; тюлень по команде тренера занимал стартовую позицию на расстоянии двух метров от табличек; тюленю в течение 5–10 секунд предъявлялся демонстрационный объект, затем подавалась команда "Ищи" (жестом) и параллельно произносилась голосовая команда ("Ищи" или одна из соответствующих цвету демонстрационного объекта команда); если тюлень касался таблички того же, что и демонстрационный объект цвета, то получал пищевое подкрепление.

Эксперимент разделялся на два этапа: этап обучения и этап тестирования. На этапе обучения тюленя тренировали, во-первых, по команде занимать стартовую позицию и по команде касаться таблички, во-вторых, рассматривать демонстрационный объект в руке тренера. Затем постепенной заменой голосового варианта команды "Ищи" вводили голосовую команду, соответствующую одному из трех цветов. На данном этапе использовались методики обучения ластоногих, разработанные в ходе научно-исследовательских работ ММБИ [8]. Тюленей последовательно обучали ассоциировать красный цвет, затем синий и зеленый. Данный этап занимал в среднем по 5 тренировок на каждый цвет у серых тюленей и по 10 тренировок на каждый цвет у гренландских тюленей.

На этапе тестирования с каждым животным было проведено три серии экспериментов по 20 тренировок. На каждой тренировке было по 15 предъ-

явлений (каждый цвет демонстрировался 5 раз за тренировку). Такое относительно небольшое количество предъявлений за тренировку было выбрано для того чтобы исключить влияние усталости и насыщения у подопытного животного. Таким образом, в каждой серии для каждого цвета была получена выборка в 300 испытаний, достаточная для оценки достоверности результатов методом биномиального распределения.

На первой серии тестовых тренировок тюленю предъявлялись и демонстрационный объект, и голосовая команда. На второй серии – только демонстрационный объект и жестовая команда "Ищи", голосовая команда не подавалась. На третьей серии тюленю подавалась только голосовая команда, без предъявления демонстрационного объекта.

Анализ результатов эксперимента показал, что все 4 особи гренландского тюленя смогли достоверно ассоциировать только красный цвет: доля верных ответов составила в среднем 83.5 % – при предъявлении демонстрационного объекта и голосовой команды (стандартное отклонение составило 1.75 %); 84.75 ± 2.25 % – при предъявлении только демонстрационного объекта; 85 ± 5.5 % – при подаче только голосовой команды. Причем ошибки распознавания разделились относительно равномерно между синим и зеленым цветом (45 % и 55 %, соответственно). При демонстрации синего и зеленого цвета доля верных ответов во всех сериях не превышала 49.25 % – для зеленого цвета и 47 % – для синего, показывая случайность выбора. В 94 % неверных ответов гренландские тюлени путали синий и зеленый цвета между собой и только в 4 % случаев путали эти цвета с красным.

В первой серии тестовых тренировок, когда предъявлялись и демонстрационный объект, и голосовая команда, серые тюлени верно распознавали красный цвет в 96 ± 1 % испытаний, зеленый цвет в 87.75 ± 0.75 % и синий цвет в 94.25 ± 0.75 %% испытаний. Во второй серии тестовых тренировок, когда тюленю демонстрировался только объект, доля верных ответов снизилась и составила: красный – 84 ± 0.5 %, зеленый – 82 ± 0.5 %, синий – 93 ± 1.5 %. В третьей серии тестовых тренировок, когда тюленю подавалась только голосовая команда, без демонстрации объекта, доля верных ответов относительно первой серии изменилась незначительно: красный – 84 ± 1 %, зеленый – 81 ± 0.5 %, синий – 81.5 ± 1 %. Ошибки распознавания распределились равномерно между всеми цветами.

Ряд исследований, представленных в научной литературе, показали отсутствие у ластоногих синечувствительных пигментов [9] и неспособность некоторых представителей дифференцировать цвет, не смотря на наличие

колбочек в сетчатке [10], что согласуется с результатами для подопытных гренландских тюленей, которых традиционно относят к монохроматам [9]. Гренландские тюлени используют колбочковый аппарат только с длинноволновыми фотопигментами, так как в данном исследовании они четко дифференцировали красный цвет от средневолнового зеленого и коротковолнового синего. Если бы подопытные тюлени ориентировались только по светлоте, то, учитывая спектр поглощения родопсина палочек ластоногих, зеленый цвет должен был отличаться от красного и синего цветов, которые являются более темными.

Результаты для серых тюленей, полученные в ходе предыдущих и данного исследования, не согласуются с литературными данными относящихся серых тюленей либо к дихроматам [11], либо к ахроматам [12]. Данные о проведении с серыми тюленями поведенческих экспериментов, изучающих их цветовое зрение, в научной литературе отсутствуют. Способность подопытных особей серого тюленя дифференцировать друг от друга объекты разных цветов и ассоциировать несколько цветов со звуковыми стимулами показывает наличие у этих животных развитого аппарата цветовосприятия. Данное явление можно объяснить популяционными различиями серых тюленей, обитающих на побережье Кольского полуострова и Норвегии, которые участвовали в данном эксперименте и серыми тюленями, обитающими на севере Британских островов и Исландии, а так же относительно обособленной группой серых тюленей обитающих близ Новой Шотландии, данные о которых присутствуют в научной литературе. Также современные теории цветовосприятия имеют массу противоречий [7], когда цитологические и иммунологические исследования показывают отсутствие у животного определенных фотопигментов в колбочках сетчатки и, следовательно, отказывая таким животным в цветовом зрении, в то время, как поведенческие эксперименты демонстрируют способность этих животных различать цвета. Так, опыты, проведенные с лошадьми [13], крысами [14], летучими мышами [15], собаками и лисами [16] показали, что эти животные, несмотря на отсутствие некоторых типов фотопигментов, были способны дифференцировать цвет объектов.

Библиографический список

1. Scholtyssek C., Dehnhardt G. Brightness discrimination in a South African fur seal (*Arctocephallus pusillus*) // *Vision Research*, 2013. Vol. 84. P. 26–32.
2. Griebel U., Schmid A. Color vision in the California sea lion (*Zalophus californianus*) // *Vision Research*, 1992. Vol. 32. Iss. 3. P. 477–482.

3. Lavigne D. M., Ronald K. Pinniped visual pigments // *Comparative Biochemistry and Physiology. Pt. B: Comparative Biochemistry*. 1975. V. 52. № 2. P. 325–329.
4. Wartzok, D., McCormick, M.G. Color discrimination by a Bering Sea spotted seal, *Phoca largha* // *Vision Research*, 1978. Vol. 18. P. 781–784.
5. Войнов В. Б., Зайцев А. А., Литвинов Ю. В., Михайлюк А. Л., Пахомов М. В. Сенсорные возможности арктических тюленей в морских биотехнических системах // *Вестник Южного научного центра*, 2013. Т. 9, № 4. С. 87–95.
6. Ишкулов Д. Г., Михайлюк А. Л., Пахомов М. В. Особенности цвето-восприятия у серых тюленей // *Вестник КНЦ РАН*, 2013, № 4. С. 88–94.
7. Исаев А. А., Теплых Д. А. *Философия Цвета. Феномен цвета в мышлении и творчестве*. – М. : Флинта, 2011. – 180 с.
8. Матишов Г. Г., Войнов В. Б., Михайлюк А. Л. *Руководство по подготовке морских млекопитающих в составе биотехнических систем в Арктике*. – Ростов н/Д : Издательство Южного научного центра РАН, 2015. – 212 с.
9. Peichl L., Behrmann G., Kroger R.H.H. For whales and seals the ocean is not blue: a visual pigment loss in marine mammals // *European Journal of Neuroscience*, 2001. Vol. 13. P. 1520–1528.
10. Peichl L, Moutairou K. Absence of shortwavelength sensitive cones in the retinae of seals (Carnivora) and African giant rats (Rodentia) // *European Journal of Neuroscience*, 1998. Vol. 10. P. 2586–2594.
11. Scholtyssek C., Kelber A., Dehnhardt G. Why do seals have cones? Behavioural evidence for colourblindness in harbour seals // *Animal cognition*, 2015. Vol. 18. Iss. 2. P. 551–560.
12. Robinson P. R., Newman L. A. An Investigation of the Color Vision of Marine Mammals // *Investigative ophthalmology & visual science*, 2002. Vol. 43. P. 4544.
13. Carroll J., Murphy C. J., Neitz M., Ver Hoeve J. N., Neitz J. Photopigment basis for dichromatic color vision in the horse // *Journal of Vision*, 2001. Vol. 1. P. 80–87.
14. Chiao C. C., Vorobyev M., Cronin T. W., Osorio D. Spectral tuning of dichromats to natural scenes // *Vision Research*, 2000. Vol. 40. P. 3257–3271.
15. Wang D., Oakley T. Molecular evolution of bat color vision genes // *Molecular Biology and Evolution*, 2004. Vol. 21. P. 295–302.
16. Jacobs G. H., Deegan J. F., Crognale M. A., Fenwick J. A. Photopigments of dogs and foxes and their implications for canid vision // *Visual Neuroscience*, 1993. Vol. 10. P. 173–180.

Видовое разнообразие макроводорослей в различных районах Баренцева моря

Малавенда С. В.¹, Шошина Е. В.², Капков В. И.³

¹ (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, лаб. альгологии, e-mail: malavenda@yandex.ru)

² (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии, e-mail: shoshinaev@gmail.ru)

³ (г. Москва, ФГБОУ ВО "Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова", кафедра биологии)

Аннотация. По собственным и литературным данным составлен список видов водорослей-макрофитов, обитающих в разных географических районах Баренцева моря. Список насчитывает на архипелаг Шпицберген (Баренцевоморское побережье) – 39 видов, Земля Франца-Иосифа – 60, Новая Земля – 41, юго-восточная часть моря – 64, Мурманское побережье – 158. Основной видовой пул сосредоточен на юго-западе.

Abstract. According to self and literary data, a list of species of macrophyte algae inhabiting different geographic regions of the Barents Sea has been compiled. The list of Spitsbergen (Barents Sea coast) includes 39 species, Franz Josef Land – 60, Novaya Zemlya – 41, south-eastern part of the sea – 64, Murmansk coast – 158. The main species pool is concentrated in the south-west.

Ключевые слова: Баренцево море, флора, водоросли макрофиты.

Key words: Barents Sea, flora, algae macrophytes.

Флора макроводорослей Баренцева моря наиболее подробно изучена по сравнению с другими морями Северного Ледовитого океана. Но за более чем столетнюю историю изучения арктических макроводорослей в систематике многих групп произошли существенные изменения, были совершены флористические находки, поэтому назрела необходимость в ревизии имеющихся списков видов. Целью настоящей работы было объединение имеющихся данных о разнообразии, распределении и обилии макроводорослей

в различных географических районах Баренцева моря в связи с арктическими условиями обитания.

В настоящей работе использованы результаты собственных исследований бентосных сообществ макроводорослей, по материалам экспедиций в различных районах Баренцева моря. Сбор проб, их обработка и анализ полученных данных выполняли по традиционным методикам. Проведен ана-

лиз имеющихся литературных данных по макроводорослям прибрежных вод арктических архипелагов и юго-восточной части Баренцева моря.

Валидность видов проверяли по международной базе AlgaeBase [1], и по ревизии ряда систематических групп макроводорослей российского сектора Арктики [6, 12 и др.].

По систематическому составу флора водорослей Баренцева моря представляет собой обедненную флору Северной Атлантики. Наиболее разнообразным по видовому составу является Мурманское побережье. При движении от Мурманского побережья на север и северо-восток Баренцева моря, а также на юг к Белому морю идет обеднение видового состава, прежде всего за счет выпадения бореальных форм, наблюдается опускание литоральных форм в сублиторальную зону, резко снижается обилие видов. По фитогеографическому составу флора водорослей Баренцева моря является высокобореальной. Наиболее многочисленную группу образуют высокобореально-арктические виды, ограниченные в своем распространении Атлантическим и Северным Ледовитым океанами.

Таблица 1 – Число видов макроводорослей, произрастающих в Баренцевом море

Группа	Мурман	Юго-Восток	ЗФИ	Новая Земля	Шпицберген	Всего
красные	66	37	17	17	10	74
бурые	60	18	26	17	17	70
зеленые	27	9	17	7	12	34
все макрофиты	153	64	60	41	39	178

1. Мурманский берег. Характерно наличие разнообразных литоральных и сублиторальных фитоценозов. Выделяют различные ассоциации макрофитов, которые можно разделить на круглогодичные – фукусовых и красных водорослей на литорали, ламинариевых и красных в сублиторали, а также сезонные – зеленых и ламинариевых на литорали. Ассоциации формируют вертикальную поясность на литорали и в сублиторали, в зависимости от прибойности, солености и грунта. Биомасса фукусовых сообществ может достигать примерно 20 кг/м², ламинариевых – 15 кг/м². Есть участки берега, перспективные для промысла водорослей. Видовой состав макрофитобентоса Мурманского побережья насчитывает не менее 153 видов.

Мурманский берег – наиболее изученная и населенная часть побережья Баренцева моря. Экосистема Кольского залива претерпела существенные изменения под воздействием гражданского и военного судоходства, бытовых

стоков городов и ферм, нефтеперевалки и прочего. Антропогенное влияние прослеживается так же в губах Печенга, Ура, Ара, Териберская.

2. Юго-восток Баренцева моря. Сведения о составе и распределении макроводорослей в юго-восточном районе Баренцева моря весьма ограничены [4, 11, 13 и др.].

В целом для юго-востока характерно слабое развитие литоральной и сублиторальной растительности в связи с преобладанием подвижных грунтов, длительным ледовым покровом и его разрушительным действием на прибрежные сообщества при таянии и образовании льда. Для этого района характерна слабая изрезанность берега, в результате прибрежные сообщества слабо защищены от прибоя. Фрагментарность поселений водорослей, в первую очередь, вызвана преобладанием тонких подвижных грунтов и отсутствием крупнообломочного материала. На распределение фитобентосных сообществ влияет и высокая мутность воды, что связано с преобладанием песчано-илистых грунтов. Из особенностей распределения отмечается отсутствие (или слабое развитие) литоральной растительности. Пояс фукоидов опускается в сублитораль на глубину от 0 до 3–4 м; глубже идет пояс ламинарий (до глубины 7–10 м); еще глубже – пояс багрянок. В целом, поясность – типичная для высокобореальных районов Северной Атлантики. Формирование пояса фукоидов в сублиторали характерно для побережья Белого моря, с пониженной соленостью и формированием ледового покрова с декабря по май в заливах. Видовой состав поселений фукусовых водорослей также близок к беломорским сообществам.

Видовой состав макроводорослей юго-восточного района отличается бедностью. Более высокое разнообразие отмечается в районах, прилегающих к проливам между Баренцевым и Карским морями. Для п-ва Канин отмечается 43 вида [9]; района м. Микулкин – м. Русский Заворот – 51 вид [10]. Всего для юго-восточного района Баренцева моря (с учетом проливов) отмечается 64 вида водорослей (9 зеленых, 17 бурых и 37 красных). Фон морской растительности, прежде всего, формируют бурые водоросли, характерны также красные водоросли, причем в сообществах преобладают многолетние формы.

3. Архипелаг Новая Земля (70–77° с. ш.)

Сведения о бентосных водорослях Новой Земли содержатся в ряде работ [13, 14 и др.].

Фукусы обитают в сублиторали, зарослей не образуют, растут небольшими группами между ламинариями на глубине от 1,5 до 9 м. Чаще других

встречается *Fucus serratus* или иногда *F. vesiculosus*, отмечен *F. inflatus*. В водах северного острова встречается только *F. distichus*. На твердых грунтах отмечается повсеместное распространение ламинариевых водорослей, с биомассой от 0,5 до 7–10 кг/м², при средней биомассе 2,6 кг/м² с проективным покрытием 40–50 %. Характерно массовое развитие красных водорослей на глубине более 6 метров. Из особенностей вертикального распространения следует отметить, что молодые растения на галечнике крутых склонов в большом количестве переносятся вниз по склону вместе с галькой, формируя местами "подвижные" заросли. При ветрах определенного направления волны выносят водоросли как на берег, образуя выбросы, так и уносят их на глубину. Торошение льдов у берега приводит к удалению водорослей на отдельных участках, влияние льдов прослеживается до глубины 6 м.

На баренцевоморском побережье Новой Земли обнаружен 41 вида водорослей [14]. Наиболее разнообразны и обильны сообщества макроводорослей в южной части в проливе Карские Ворота. В отдельно взятых губах отмечается небольшое число видов: флора бухты Логинова насчитывает 36 видов (5 зеленых, 14 бурых и 17 красных) [8].

4. Архипелаг Земля Франца-Иосифа

Сведения о сообществах макроводорослях Земли Франца-Иосифа содержится в ряде ранее опубликованных работ [5, 7 и др.].

Для данного района моря характерно прерывисто-поясное распределение морских фитосообществ, что во многом определяется ледовыми условиями и составом грунтов. В самой верхней части сублиторали развиваются сообщества нитчаток. Около уреза воды (до глубины 2–3 м) местами формируется сообщество зеленых однолетних водорослей – *Acrosiphonia* + *Ulothrix*. На глубине 1,5–3,5 м на валунно-галечных россыпях представлен фитоценоз многолетних водорослей *Halosaccion*+*Sphacelaria*. Отсутствует пояс фукусов, характерный для высокобореальных районов Баренцева моря. На глубине от 4–5 м до 8–10 м идет разреженный постепенно редящийся пояс ламинариевых водорослей *S. latissima*, *L. digitata*, *L. solidungula*, *A. esculenta*. Установлено, что в проливах со скальными выходами встречается много ламинариевых водорослей, которые буквально "забивают" проливы. Фитоценозы не образуют сплошного покрова, иомасса в среднем составляет 2,3 кг/м².

Для морской флоры архипелага Земля Франца-Иосифа известно 60 видов, из них 17 зеленых, 26 бурых и 17 красных [5, 7] (таблица). Малое количество солнечного тепла, преобладание холодных вод Арктического бассейна, распреснение поверхностного слоя при таянии снега и льда в летний

период, – определяют состав и распределение прибрежных бентосных сообществ. Наряду со световыми условиями и грунтами значительное воздействие на состав и структуру морских растительных сообществ оказывают также ледовые условия.

5. Баренцевоморские берега архипелага Шпицберген

Сведений о фитоценозах восточного побережья архипелага Шпицберген крайне мало [2, 3 и др.]. В условиях круглогодичного ледового покрова и движения льдов макрофиты произрастают главным образом в сублиторали. Свободные ото льда берега по большей части лишены растительности, особенно на северо-востоке. Иногда в солонатоводных гляциальных лагунах на илисто-песчаном с валунами дне литорали формируются разреженные фитоценозы однолетних нитчатых водорослей, главным образом, *Pylaiella littoralis*, *Ulothrix* sp., *Chordaria* sp., *Navicula* sp., с биомассой несколько грамм на м², покрытие дна водорослями 1–10 %. Наибольшего развития, в виде разреженных фукусовых сообществ, литоральная растительность на Шпицбергене достигает только на ряде участков западного и южного побережья. На баренцевоморском берегу архипелага фукусы выявлены на южной оконечности Западного Шпицбергена (Соркаппленд), на некоторых мысах, локально, в промываемых скальных ваннах с биомассой около 0,7 кг/м². В сублиторали Шпицбергена обычны разреженные сообщества *S. latissima*, плотность сообществ и глубина произрастания изменчивы. Флора бентосных водорослей баренцевоморского побережья архипелага насчитывает 39 видов (таблица).

Заключение

В результате исследований бентосных фитоценозов в акватории Баренцева моря выделяется две фитогеографические зоны: Мурманское побережье входит в состав высокобореальной подзоны (северная часть бореальной зоны), а арктические архипелаги – Шпицберген (баренцевоморское побережье), Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и юго-восточное побережье относятся к арктической зоне.

Библиографический список

1. Guiry, M. D. & Guiry, G. M. 2017. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 20.03.2017.
2. Gulliksen B., Palerud R., Brattegard T., Sneli J. (Eds) Distribution of marine benthic macro-organisms at Svalbard (including Bear Island) and Jan

Mayen // Research Report for DN 1999-4. Directorate for Nature Management. 1999. 143 p.

3. Weslawski J. M., Wiktor J., Zajaczkowski M., Swerpel S. Intertidal zone of Svalbard. 1. Macroorganism distribution and biomass // Polar Biol. 1993. V. 13. P. 73–79.

4. Аверинцева С. Г. Видовой состав и пространственное распределение макрофитов // Экосистемы, биоресурсы и антропогенное загрязнение Печорского моря. – Апатиты : КНЦ РАН, 1996. С. 79–88.

5. Виноградова К. Л. Видовой состав морских водорослей архипелага Земля Франца-Иосифа // Новости систематики низших растений. 1986. Т. 23. С. 27–37.

6. Виноградова К. Л. Порядок Ceramiales (Rhodophyta) во флоре Северного ледовитого океана // Ботанический журнал. 2011. Т. 96. № 6. С. 681–695.

7. Виноградова К. Л., Шошина Е. В. Водоросли // Окружающая среда и экосистемы Земли Франца Иосифа (архипелаг и шельф). – Апатиты : КНЦ РАН, 1994. С. 109–116.

8. Гемп К. П., Бызова Л. Н. Водоросли пролива Карские Ворота (южное побережье Новой Земли) // Материалы рыбохозяйственных исследований Северного бассейна. 1976. Вып. 12. С. 102–110.

9. Коренников С. П., Гемп К. П. О видовом составе сублиторальных водорослей в районе полуострова Канин // Ботан. ж. 1976. Т. 61. № 4. С. 561–566.

10. Коренников С. П., Шошина Е. В. Состав и распределение водорослей в юго-восточной части Баренцева моря от мыса Микулкин до мыса Русский Заворот // Ботан. ж. 1980. Т. 65. N 56. С. 855–859.

11. Метельский А. А. К флоре макроводорослей Печорского моря // Вестник ЮНЦ. 2014. Т. 10. № 1. С. 50–54.

12. Михайлова Т. А. Ассоциация *Laminaria hyperborea* на Мурманском побережье Баренцева моря // Ботан. журн. 2012. Т. 97. № 6. С. 712–728.

13. Пельтихина Т. С. Ламинариевые водоросли Баренцева моря и их рациональное использование. – Мурманск : ПИНРО, 2005. 122 с.

14. Штрик В. А., Возжинская В. Б., Вехов Н. В. Морские водоросли побережья Новой Земли и пролива Югорский Шар // Морские гидробиологические исследования: сборник научных трудов. 2000. С. 88–98.

Изменение активности каталазы у бурой водоросли *Fucus distichus* L. при воздействии нефтетоксиканта

Малавенда С. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)

Аннотация. В результате проведения эксперимента выявлено, что после контакта водорослей *Fucus distichus* L с пленкой отработанного машинного масла не менее 4,5 ч наблюдается повышение активности каталазы в связи с нарушением процессов окисления.

Abstract. As a result of the experiment, it was found that after contact of algae *Fucus distichus* L with a film of spent engine oil, an increase in catalase activity is caused by disturbance of oxidation processes for at least 4.5 hours.

Ключевые слова: бурая водоросль *Fucus distichus*, активность каталазы, отработанное машинное масло.

Key words: brown alga *Fucus distichus*, activity of catalase, used engine oil.

Каталаза является железосодержащим ферментом, локализованным у водных растений преимущественно в пероксисомах. Известно, что этот фермент имеет низкое сродство к субстрату (H_2O_2) и начинает работать только при достаточно высоком содержании перекиси [1].

Активность каталазы может служить показателем состояния макрофитов. Увеличение ферментативной активности каталазы является защитной реакцией, которая предотвращает возникновение окислительного стресса и способствует поддержанию жизнеспособности организма [2].

Наиболее частым отрицательным антропогенным фактором является отработанное машинное масло, попадающее в прибрежную акваторию в результате не контролируемого сброса с морских судов в процессе его смены. Фукусовые водоросли, обитая на литорали, в большей степени могут быть подвержены влиянию поллютантов в том числе нефтепродуктов, поскольку они оседают непосредственно на талломы водорослей во время отлива. Это может вызывать изменения в антиоксидантной системе клеток водорослей [3].

Цель данной работы выявить изменения ферментативной активности каталазы при контакте с отработанным машинным маслом и длительном осушении.

Материалы и методы

Для проведения работы с литорали Кольского залива (бухты Белокаменной) отобрали молодые растения *Fucus distichus* (1–3 ветвления). Затем их культивировали при постоянном освещении (50 ват/м), солености (30 промилле) и температуре (8 °С) в течении 4 недель. Затем измерили ферментную

активность каталазы (фоновый показатель) и сразу поместили по четыре растения в 8 прозрачных емкостей без морской воды, в четыре из них налили 10 мл отработанного машинного масла от дизельных двигателей (эксперимент), а четыре оставили без контакта с нефтепродуктом (контроль).

Через каждые 1,5 у водорослей измеряли ферментативную активности каталазы модифицированным спектрометрическим метод, в котором измерение активности каталазы основано на способности пероксида водорода образовывать с солями молибдена стойкий окрашенный комплекс [4]. Эксперимент продолжали в течении 6 ч. Все исследования проводили в четырехкратной биологической и двукратной технической повторности.

Обработку данных проводили в пакете Excel 2010. Рассчитывали среднее арифметическое активности каталазы. В качестве показателя погрешности использовался доверительный интервал с уровнем значимости 95 %. Оценку значимости изменений выполняли методом двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями с уровнем значимости 95 %. Степень влияния фактора рассчитывали как отношение суммарной дисперсии по фактору к итоговой дисперсии [5].

Результаты и обсуждение

Уровень активности каталазы в талломах *F. distichus*, находившихся без контакта с машинным маслом (контроль), через 1,5 ч экспонирования уменьшился на треть, а через 3 ч – в 7 раз по сравнению с начальными показателями, с последующим незначительным возрастанием. У водорослей, которые подверглись воздействию машинного масла, через 1,5 ч экспонирования активность каталазы была в 5 раз меньше чем у контрольных образцов. Однако затем она увеличивалась быстрее, чем у контрольных образцов: через 4,5 ч экспонирования была в 1,5 раза выше, чем у контрольных образцов, через 6 ч – в 2,5 раза (рис. 1).

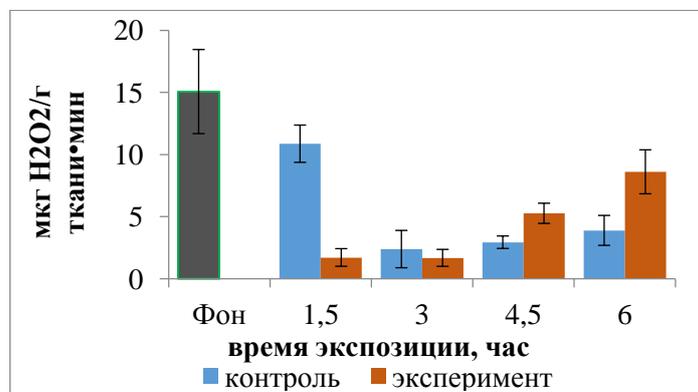


Рисунок 1 – Активность каталазы у *F. distichus* при осушении и контакте с машинным маслом

Результаты дисперсионного анализа показали, что $F > F_{кр}$ для обоих факторов (машинное масло и высушивание) и их взаимодействия (табл. 1). Степень влияния была наибольшей у фактора высушивание, у фактора масло взаимодействия факторов – примерно одинаковая (табл. 1).

Полученные данные показали, что именно воздушная экспозиция (высушивание) оказывает наибольшее влияние на активность каталазы. Влияние машинного масла усугубляет воздействие высушивания, но его влияние тоже хорошо прослеживается.

Таблица 1 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа с повторениями

Источник вариации	SS	df	MS	F	P	$F_{кр}$	Степень влияния фактора, %
Машинное масло	33,44	1	33,44	18,78	0,0003	4,26	16,6
Высушивание	88,78	2	44,39	24,92	0,0001	3,40	44,0
Взаимодействие	36,87	2	18,43	10,35	0,0006	3,40	18,3
Внутри	42,75	24	1,78				
Итого	201,84	29					

Результаты эксперимента показывают, что машинное масло воздействует на антиоксидантные системы *F. distichus*, но только при длительном контакте с таллом (не менее 4,5 ч). В связи с нарушением процессов окисления, в клетках растений увеличивается количество перекиси водорода, что требует повышения активности соответствующего фермента. Полученная закономерность согласуется с более ранними исследованиями, в которых отмечено, что при длительном контакте с плёнками нефтепродуктов у фукусовых водорослей усиливаются процессы дыхания [6, 7]. Повышение деструктивных процессов в клетках водорослей приводит к изменению антиоксидантной системы, что сопровождается увеличением ферментативной активности каталазы [3].

В естественных условиях обитания Баренцева моря *F. distichus* экспонируется на воздухе не более 3–4 ч во время отлива, поскольку обитает в среднем горизонте литорали [8], и возможно используемая в эксперименте концентрация машинного масла не окажет значительного влияния на физиологию водорослей. А к хроническим воздействиям незначительных концентраций нефтепродуктов фукусовые водоросли достаточно легко адаптируются [7]. Однако результаты данного исследования показывают, что масляная пленка ускоряет процессы, связанные с высушиванием водорослей.

Заключение

В результате исследования было установлено, что контакт *F. distichus* с отработанным машинным маслом более 4,5 ч вызывает повышение активности каталазы в связи с нарушением процессов окисления.

Библиографический список

1. Рогожин В. В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 240 с.
2. Шахматова О. А. Отклик гидробионтов на стрессовые факторы морских экосистем // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2012. – № 7. – С. 98–113.
3. Мильчакова Н. А., Шахматова О. А. Каталазная активность массовых видов черноморских водорослей в градиенте хозяйственно-бытового загрязнения // Мор. эколог. журн. – 2007. – Т. 4, № 2. – С. 44–57.
4. Королук М. А. и др. Метод определения активности каталазы // Лаб. дело. – 1988. – Т. 1. – С. 16–19.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия. – М. : Высшая школа, 1980. – 293 с.
6. Хромов В. М., Прохорова С. А. Влияние машинного масла и дизельного топлива на фотосинтез водорослей-макрофитов Баренцева моря // Экспериментальные исследования влияния загрязнителей на водные организмы. – Апатиты : КФ АН СССР. 1979. С. 41–43.
7. Степаньян О. В., Воскобойников Г. М. Влияние нефти и нефтепродуктов на морфофункциональные особенности морских макроводорослей // Биология моря – 2006. – Т. 32, № 4. – С. 241–248.
8. Малавенда С. С. Морфофизиологические особенности бурой водоросли *Fucus distichus* L. в экосистемах Баренцева моря : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук // Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (МГУ). – М., 2009. 152 с.

Комплексная оценка рыбоводного качества посадочного материала *Parasalmo mykiss irideus* для культивирования в водоемах Кольского полуострова

Кравец П. П., Анохина В. С., Неженец С. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет, кафедра биологии)

Аннотация. Изучены рыбоводно-биологические показатели посадочного материала форели, доставляемой на рыбоводные хозяйства Мурманской области разными поставщиками. Рассмотрены особенности роста форели за период зимнего выращивания в теплых водах Кольской АЭС (озеро Имандра). Показано, что посадочный материал требует повышенного внимания к содержанию в зимний период.

Abstract. Fish breeding and biological parameters trout planting material delivered to the fish farms of the Murmansk region by different suppliers was studied. The features of growth during the winter growing in warm waters of the Kola NPP (Lake Imandra) was considered. It has been shown planting material requires more attention to the content in winter.

Ключевые слова: аквакультура, форель, качество, посадочный материал.

Key words: aquaculture, trout, quality, planting material.

Основными объектами культивирования в водоемах Кольского полуострова являются лососевые рыбы. Культивирование разных форм лососей в холодных пресных и морских водоемах Мурманской области осуществляется с 70-х гг. прошлого века и становится традиционной для заполярного региона формой хозяйствования.

Parasalmo mykiss irideus (Walbaum, 1792) является более технологичным видом, чем атлантический лосось. Благодаря непродолжительному пресноводному циклу и высокому темпу роста возможно получать годовиков форели массой более 100 г для использования в качестве посадочного материала при морском выращивании [5].

Морское садковое выращивание форели – перспективное направление в рыбоводстве, так как позволяет значительно концентрировать производство на небольших площадях, является мобильным по дислокации, не требует больших капитальных вложений в основные средства производства и высоких энергозатрат, при сравнительно объемном производстве может обслуживаться небольшим коллективом [2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 13, 14]. Благодаря

этому морские товарные фермы имеют небольшой срок окупаемости – менее трех лет и становятся основой фермерского рыбоводства в России [15].

В связи с интенсивным развитием садкового рыбоводства возникает ряд проблем, связанных с выращиванием качественной рыбной продукции. Недостаток местных ресурсов посадочной форели вынуждает фермеров закупать молодь в других регионах. В последние годы на территорию Мурманской области посадочный материал доставляется из рыбоводных хозяйств Карелии и Ленинградской области. Для оценки эффективности выращивания форели определяют рыбоводное качество посадочного материала, закупленного в различных рыбоводных хозяйствах, по его стартовым биологическим характеристикам [10].

С этой целью выполнены исследования по предварительной оценке рыбоводно-биологических показателей посадочного материала форели от различных поставщиков и за период зимнего выращивания.

В процессе исследований решались следующие задачи:

1. Определяли размерно-массовые и физиологические показатели посадочного материала из различных мест предварительного содержания.
2. Сравнивали физиологические показатели и изучали особенности роста форели за сезон выращивания.

Материал и методы

Исследования выполнены в осенний (сентябрь) и весенний (март) периоды 2015–2016 гг.

Объект исследования – доместичированные формы форели *P. m. irideus*. Посадочный материал был доставлен осенью 2015 г. из двух рыбоводных хозяйств на озере Имандра (85 экз.) и Ладога (14 экз.) и Верхнетуломского рыбоводного завода (31 экз.). Весной 2016 г. отобрали биологическую пробу *P. m. irideus* с Верхнетуломского Рыбзавода в размере 27 экз., перезимовавшую в теплых водах Кольской АЭС (губа Молочная, озеро Имандра).

При визуальном осмотре оценивали состояние молоди форели по целостности плавников, жаберных крышек и состоянию кожного покрова.

Определяли индивидуальные показатели длины тела (зоологическую, по Смитту, длину тела) и массу молоди (общую и без внутренностей).

При анатомическом вскрытии оценивали расположение и форму внутренних органов, количество жировых отложений (по пятибалльной шкале). Определяли показатели массы внутренних органов (сердца, печени, селезенки, гонад) каждого экземпляра в пробе и рассчитывали их физиологические ин-

дексы. Определяли стадию зрелости гонад по Киселевичу [11] и коэффициент упитанности по Кларк [16], вычисляемый по массе рыбы без внутренностей.

Результаты и обсуждение

Молодь форели из различных мест предварительного содержания различалась по показателям длины и массы рыб (табл. 1).

Таблица 1 – Размерно-массовые показатели (средние значения) посадочного материала форели из трех мест предварительного содержания за 2015 г.

Поставщик	Длина общая, см	Длина по Смигу, см	Длина тела, см	Масса, см
Рыбоводное хозяйство на оз. Ладога	36,7	35,8	33,7	689,3
Рыбоводное хозяйство на оз. Имандра	25,6	24,9	23,2	231,6
Верхнетуломский Рыбзавод	14,3	13,9	12,6	34,4

Посадочный материал, доставленный с оз. Ладога, был самым крупным (табл. 1): его максимальная длина более 36 см, масса более 600 г. Жирность форели с Ладожского озера была максимальной и составляла 4–5 баллов (табл. 2), текстура её мышечной ткани рыхлая. Индекс печени был максимально приближен к двум, селезёнка увеличена и у отдельных особей её индекс превышал 0,3. Упитанность рыб на устойчиво высоком уровне (1,5). Одной из причин повышенной жирности форели может быть её перекорм, однако данный вывод является предварительным, так как нет точных данных по расходу кормов для каждого из садков. Необходимо отметить, что рыба с таким качеством мяса не рекомендуется к длительному хранению из-за быстрой порчи жиров в составе ткани.

Состояние гонад форели этой группы соответствовало начальному периоду 3-й стадии созревания, все вскрытые рыбы были самками. У 72 % молоди были поражены плавники, особенно грудные и брюшные, отмечено слабое ерошение чешуи. В целом, если не считать качества мяса, физиологическое состояние рыб ладожской группы в конце сезона 2015 г. оценивается как "удовлетворительное".

Форель с рыбоводного хозяйства на оз. Имандра отличалась значительно меньшими размерами (табл. 1), её средняя длина составляла 24,9 см, масса – 231,6 г. Этот посадочный материал был самым разнородным, двукратное различие между минимальными и максимальными значениями по-

казателей длины в размерном вариационном ряду считается неблагоприятным рыбоводным признаком, так как будет усложнять осуществление биотехнологических процессов при последующем выращивании. Визуальный осмотр посадочного материала с озера Имандра не выявил внешних признаков патологии, а также нарушения целостности покровов. По упругости мышечной ткани, двигательной активности, чешуйчатого покрова и невысокой жирности (табл. 2) молодь форели с оз. Имандра положительно отличалась от посадочного материала, доставленного с Ладожского озера.

Таблица 2 – Физиологические показатели посадочного материала форели из трех мест предварительного содержания за 2015 г.

Поставщик	Физиологические индексы					
	печень	сердце	селезенка	гонады	упитанность	жирность
Рыбоводное хозяйство на оз. Ладога	1,98	0,25	0,26	1,11	1,50	4–5
Рыбоводное хозяйство на оз. Имандра	1,17	0,20	0,12	0,04	1,54	1
Верхнетуломский Рыбзавод	1,46	0,18	0,20	0,07	1,10	1

Молодь с Верхнетуломского рыбоводного завода была самой мелкой (табл. 1), но отличалась морфологической однородностью. Разброс индивидуальных значений по массе составил 22,1 %, по длине рыб коэффициент вариации незначительный и не превысил 8 %.

За период зимнего выращивания увеличились как размерные, так и весовые показатели посадочного материала форели. Средняя зоологическая длина посадочного материала возросла в 1,3 раза, а масса – в 2 раза, что отражено в табл. 3.

Таблица 3 – Размерно-массовые показатели (средние значения) посадочного материала форели с Верхнетуломского Рыбзавода до и после периода зимнего выращивания

Дата	Длина общая, см	Длина по Смигу, см	Длина тела, см	Масса, г	Жирность, баллы
25.09.15	14,3	13,9	12,6	34,5	1,0
28.03.16	18,8	18,1	17,0	73,3	0,3

Вариабельность размерно-массовых показателей рыб за период зимнего выращивания увеличилась несущественно, что свидетельствует о достаточно равномерном их росте.

В материале присутствовали и самки, и самцы. Осенью 2015 г. посадочный материал имел неразвитые гонады I и II стадии зрелости. У самок преимущественную долю (63 %) составляли особи с яичниками II стадии развития гонад. 90 % самцов имели семенники на стадии зрелости I. После зимнего сезона выращивания в пробе из 27 экз. присутствовали самцы в основном I и II стадии развития гонад, 14 % самцов были представлены дозревающими и зрелыми текучими особями с семенниками на III стадии. У 67 % самок была идентифицирована III стадия созревания.

В целом, течение генеративных процессов в зимний период было замедленным, гонадосоматический индекс молоди форели увеличился незначительно и составил для незрелых рыб 0,1 (табл. 4).

Таблица 4 – Физиологические показатели посадочного материала форели до и после периода зимнего выращивания

Дата	Физиологические индексы				
	печень	сердце	селезенка	гонады	упитанность
25.09.15	1,46	0,18	0,20	0,07	1,10
28.03.16	1,95	0,19	0,15	0,10	0,94

Увеличение гонадосоматического индекса сопровождалось ухудшением общего физиологического состояния форели. К негативным оценочным показателям следует отнести низкую упитанность (1,1) молоди в и показатели жирности на уровне 0-1 балл практически у всех особей перед зимним выращиванием. Средняя упитанность молоди снизилась за зимний период в 1,2 раза (табл. 3), показатели жирности рыб за тот же период уменьшились в 3,3 раза. Выборка была представлена преимущественно тощими особями, у редких экземпляров жирность оценивалась в 1-2 балла. Полученные результаты хорошо соотносятся с известным положением об уменьшении показателей упитанности и жирности рыб при увеличении стадий их зрелости [12].

В целом, увеличение гепатосоматического индекса до 1,95 при одновременном снижении индекса селезенки и упитанности рыб до отмеченных низких значений (табл. 4), а также активизация процессов созревания молоди, свидетельствуют об отрицательном давлении среды на жизнеспособность рыб в зимний период [1]. Ухудшение их общего состояния по сравнению с осен-

ним периодом подтверждают результаты визуального обследования покровов тела и плавников перезимовавшей молодежи форели. Отмечено, что у 46 % рыб были оплавлены грудные, брюшные, анальные или спинные плавники. Многие рыбы имели отекший анус, у одного экземпляра было обнаружено локальное грибковое заболевание. При осмотре внутренних органов у многих представителей установлена гиперемия кишечника, отек каудального отдела почек и другие нарушения. У отдельных рыб отмечена гиперемия печени, что могло быть следствием их стресса при проведении рыбоводных операций по сортировке и перевозке.

Выводы

1. На хозяйствах Кольского полуострова используют разновозрастной посадочный материал форели неоднородного качественного состава с неблагоприятными для культивирования биологическими характеристиками.

2. Содержание посадочного материала в садках в зимний период нецелесообразно и требует повышенного внимания, так как неблагоприятные условия приводят к нарушению обменных процессов и физиологическому сбою важнейших функциональных систем форели, ухудшая рыбоводное качество посадочного материала.

Библиографический список

1. Анохина, В. С. Итоги зимнего содержания молодежи *Parasalmo mykiss* в отепленных водах озера Имандра / В. С. Анохина, П. П. Кравец, С. С. Неженец // Наука и образование – 2016 : мат. всероссийской научно-практ. конф. Мурманск, 1 ноября 2016 г. : Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2016. – С. 9-14.

2. Воробьева Н. К. Фермерские лососевые хозяйства в прибрежной зоне Белого моря // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря: Тез. докл. С.-Пб, 1995. – С. 147–148.

3. Воробьева Н. К. Производство посадочного материала форели для культивирования в прибрежной зоне Белого моря // Мат. международного симп. "Ресурсосберегающие технологии в аквакультуре". Краснодар, 1996. – С. 113–114.

4. Воробьева Н. К., Альтов А. В. Радужная форель на Белом море // Природа и хозяйство Севера. 1989. – вып. 17. – С. 46–53.

5. Воробьева Н. К., Зубченко А. В. Товарное рыбоводство в Заполярье // Рыбное хозяйство. – 1991. № 12. – С. 10–12.
6. Воробьева Н. К., Плотичина Н. Ф. Экологические аспекты товарного лососеводства в прибрежной зоне северных морей // Промышленная экология 97 / Докл. научно-практ. конф. – СПб., 1997. – С. 433.
7. Душкина Л. А. Возможные пути развития аквакультуры в северном бассейне // Тр. ПИНРО. Вып. 45. – Мурманск, 1981. – С. 3–13.
8. Душкина Л. А. Проблемы и перспективы марикультуры в СССР. – М. : Изд-во ВНИ-РО, 1985. – 17 с.
9. Кангур М. Л., Сирак В. А., Лейно О. О. О выращивании радужной форели в бухтах Эстонской ССР // Тр. ВНИРО. 1977. – Т. 126. – С. 62–66.
10. К вопросу о качестве посадочного материала форели для культивирования в Мурманской области / В. С. Анохина [и др.] // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : мат. междунар. научно-практ. конф., Мурманск, 8 апреля 2016 г. : в 2 ч. : ч. 1 / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2016. – С. 95–98.
11. Киселевич К. А. Годовой отчет Астраханской ихтиологической лаборатории за 1923 г. – Тр. Астрах. ихтиол. лабор., 1924, т.б, вып. I, – 162 с.
12. Рабазанов Н. И., Шихшабеков М. М., Основные этапы размножения рыб, Материалы Международной научно-практической конференции "Аридное землепользование-способы и технологии интенсификации", Москва, 2009, С. 204–206.
13. Романычева О. Д. Морское садковое форелеводство и перспективы его развития // Тр. ВНИРО. 1977. – Т. 126. – С. 9–12.
14. Спешиллов Л. И. Биологические основы выращивания стальноголового лосося и радужной форели в морской воде : Автореф. дис. канд. биол. наук. М., 1977. – 24 с.
15. Титарев Е. Ф. Фермерское форелевое хозяйство // Обзорная информация ВНИЭРХ / Сер. Аквакультура. М., 1994. – Вып. 2. – 62 с.
16. Clark F. N. The weight-length relationship of the california sardine (*Sardina caerulea*) at San Pedro // Fish. Bull. U. S. N 12. 1928. P. 5–59.

Атлас видовой идентификации рыб (АВИР 1.0) Баренцева и Норвежского морей по гидроакустическим данным

Носов М. А., Лютый С. Г., Харлин С. Н., Игнашкин В. А. (г. Мурманск, Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича)

Аннотация. Накопленные за многие годы гидроакустические данные объединены в одну программу – атлас, позволяющую увидеть основные промысловые виды Баренцева и Норвежского морей в виде характерных эхограмм, разделённых по годам и сезонам, с краткими пояснениями.

Abstract. The hydroacoustic data accumulated over many years is combined into one program allowing to see the main commercial species of the Barents and Norwegian Seas in the form of characteristic echograms separated by years and seasons with brief explanations.

Ключевые слова: Баренцево море, Норвежское море, тралово-акустическая съёмка, эхограмма, программа, атлас

Key words: Barents sea, Norwegian sea, trawl-acoustic survey, echogram, program, atlas

Корректное распознавание акустических изображений гидробионтов на эхограммах и их видовой идентификация являются одной из важнейших задач при выполнении тралово-акустических съёмок. Ошибки и неточности в идентификации объектов служат причиной неправильного определения видового состава и размера рыбного скопления и соответственно становятся источником погрешности оценки запаса при проведении тралово-акустической съёмки. Ошибка оценки, связанная с неправильной идентификацией эхозаписей, в отдельных случаях может достигать 60–80 % [1]. Неправильная идентификация объектов, их размерного состава и плотности могут приводить к неэффективным тралениям и наносить прямой ущерб численности пополнения (например, при постановке трала на скопления молоди). В настоящее время на судах рыбодобывающего флота практически не имеется иллюстративного и справочного материала о характере эхозаписей скоплений рыб Баренцева и Норвежского морей.

Современные методы хранения информации позволили накопить собиравшиеся десятилетиями гидроакустические данные со съёмок, выполненных ПИНРО. Создание атласа стало одним из вариантов применения накопленных данных, позволяющим пользователю увидеть эхограммы основных промысловых видов рыб.

Данный атлас предназначен для гидроакустиков и других специалистов, участвующих в тралово-акустических съемках, а также специалистов рыбодобывающих флотов и других заинтересованных в этом лиц.

Материал и методика

При создании электронного гидроакустического атласа была разработана концепция и сформулированы основные требования. В соответствии с ними алгоритм программы в общих чертах должен состоять из шагов, представленных на рис. 1.

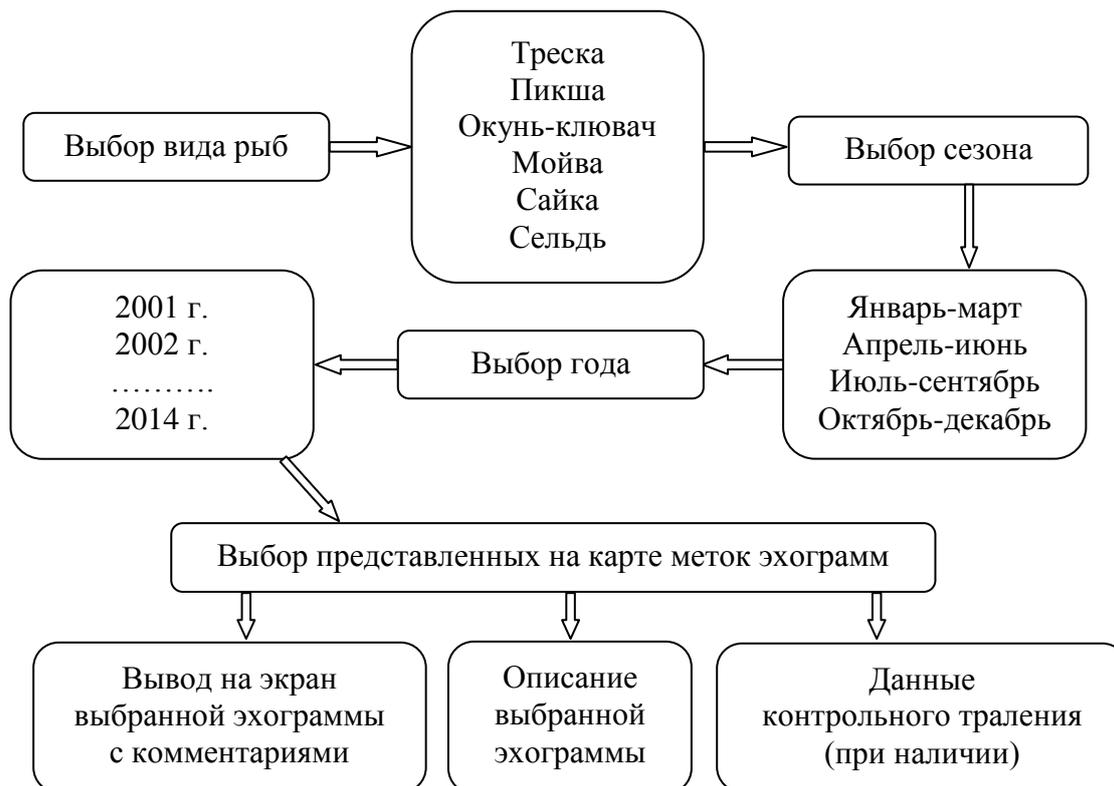


Рисунок 1 – Схема программы

Важно то, что во время проведения съёмок при обработке эхозаписей идентифицировались все основные виды гидробионтов. Это позволило увеличить объем необходимого для атласа материала.

Точкой отсчёта был выбран 2001 г., именно с этого момента есть полные сохранившиеся данные по всем сезонам. Сезоны соответствуют временам года в море и срокам проведения основных многолетних тралово-акустических съёмок. Как известно, времена года в море сдвинуты примерно на месяц [2].

Для выбора эхограмм использовались вспомогательные файлы, содержащие информацию о месте, времени, глубине, контрольных тралениях и значения s_A донной и пелагической составляющей исследуемых объектов для

каждого интервала интегрирования. Эхограммы атласа соответствует масштабу изображений, выводимых эхолотом в режиме реального времени [3].

Результаты исследований

Работа по созданию атласа состояла из двух этапов. Первый, это написание программы, позволяющей выводить на экран выбранные изображения и комментарии к ним. Второй – в формирование архива данных для атласа.

Программа разрабатывалась в IDE-среде с помощью объектно-ориентированного языка высокого уровня Microsoft Visual Basic 6.0 for 32-bit Windows Development под управлением операционной системы Windows XP Service Pack 3. Также применялись дополнительные компоненты: Gif89 1.0, Microsoft Common Dialog Control 6.0 (SP6), Microsoft Windows Common Controls 6.0 (SP6), Microsoft Windows Common Controls-3 6.0 (SP5). Дистрибутив программы компоновался в приложении "Setup Factory 9" фирмы Indigo Rose Software Corporation. Набор эхограмм и дополнительных файлов, необходимых для работы программы, скомпонован в отдельном дистрибутиве.

Программа обладает следующим набором свойств: поддерживается работоспособность в операционных системах семейства Windows; необходимые для работы программы jpg-файлы, txt-файлы, xls-файлы хранятся в отдельном каталоге; пользовательский интерфейс программы многооконный и обладает интерактивностью; содержит "ToolTips"-подсказки.

В состав архива данных входят файлы четырёх типов: all.xls, №.jpg, №.txt, №tr.jpg. В файле all.xls находятся сведения об акустических изображениях выбранного объекта: сезон, год, координаты, одновидовые или смешанные скопления, название научно-исследовательского судна (НИС), отсчёт лага, номер эхограммы. Файл №tr.jpg содержит данные контрольного траления, при наличии трала на выбранном участке.

Файл №.jpg содержит выбранное акустическое изображение с краткими комментариями. Пример файла из базы представлен на рис. 2.

Файл №.txt содержит описание выбранного акустического изображения, которое включает в себя дату, глубину места, характер скопления, номер контрольного траления (при наличии), показан на рис. 3.

Ниже, на рис. 4, приведена карта с расположением гидроакустических изображений для трески в июле-сентябре 2001–2003 гг.

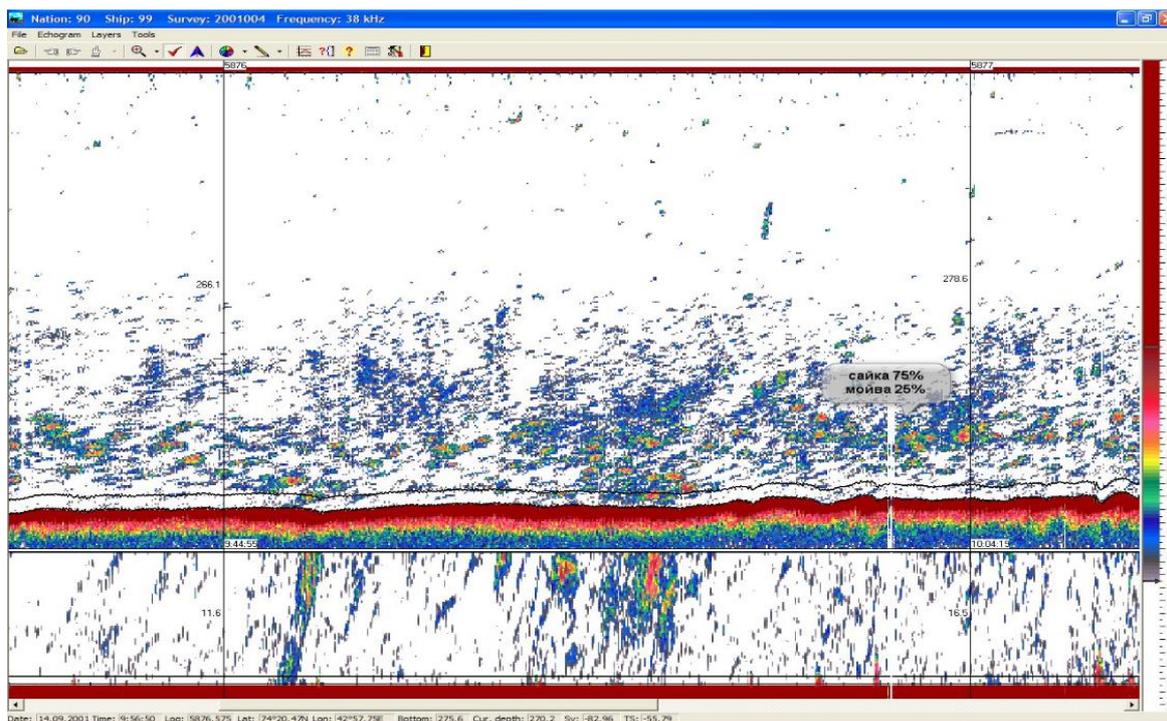


Рисунок 2 – Файл 9.jpg

14.09.2001
глубина 275 м
смешанные скопления сайки (9-24 см)
и мойвы (7-17 см) в соотношении 75%/25%
110 трал "АтлантНИРО"

Рисунок 3 – Файл 9.txt

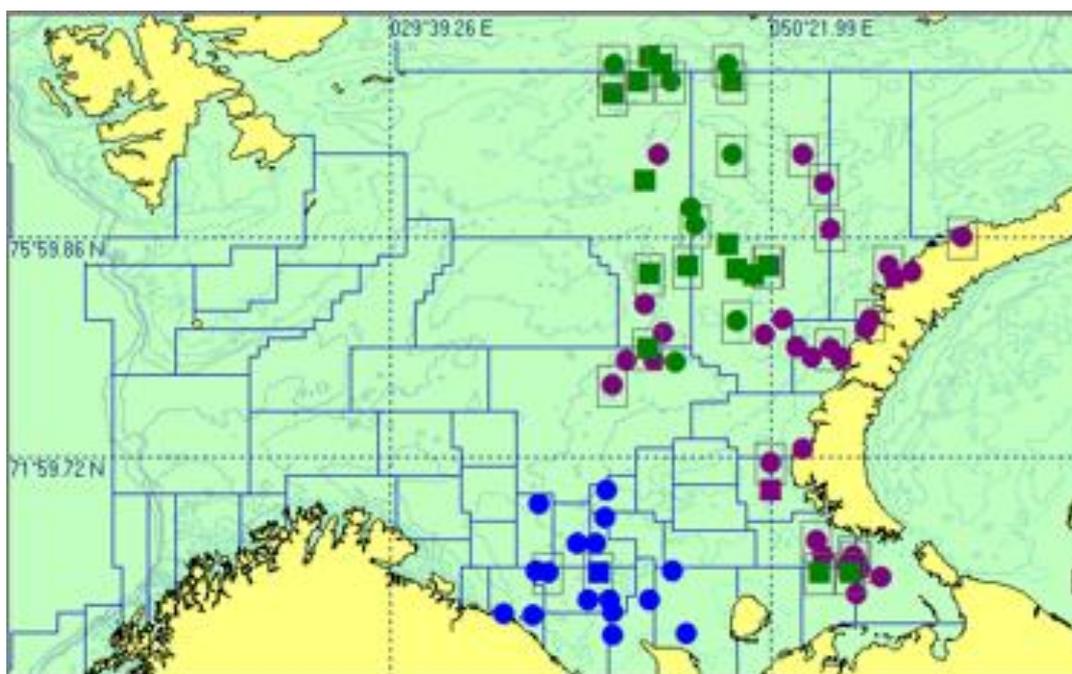


Рисунок 4 – Карта расположения гидроакустических изображений

Географическое положение эхограмм объекта в выбранный сезон отображается на карте (разным цветом выделяются года исследований). Метки эхограмм представлены в четырёх видах:

- – эхограмма "чистых" скоплений;
- – эхограмма многовидовых скоплений;
- – эхограмма "чистых" скоплений с данными контрольного траления;
- – эхограмма многовидовых скоплений с данными контрольного траления.

Заключение

Использование атласа позволит уменьшить ошибки, возникающие при идентификации эхозаписей, особенно при расшифровке многовидовых скоплений, что положительно скажется на общей оценке запаса по гидроакустическим данным. Поможет рыбакам быстрее и легче определить объект на экране эхолота, а также избежать ошибочных тралений при поиске промысловых скоплений.

На данный момент в архиве атласа насчитывается 1 212 изображений. Пользовательский интерфейс программы представлен на рис. 5.

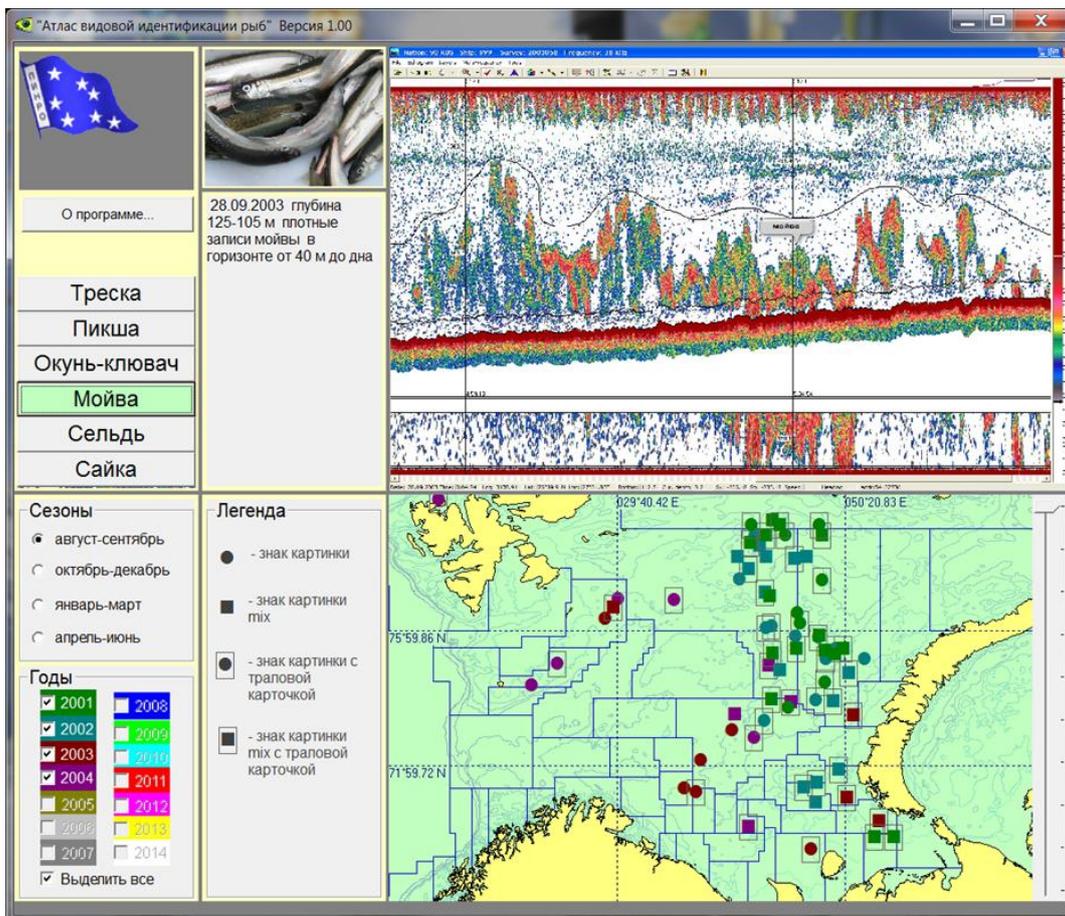


Рисунок 5 – Пользовательский интерфейс программы АВИАР 1.0

В результате обработки многолетних данных и создания интерфейса ФГБНУ "ПИНРО" получено Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ "АВИР 1.0" (Атлас Видовой Идентификации Рыб (рис. 6).



Рисунок 6 – Свидетельство о регистрации программы

Библиографический список

1. MacLennan, D. N. Fisheries Acoustics / D. N. MacLennan, E. J. Simmonds. – London: Chapman & Hall, 1992. – 325 p. – (Fish and Fisheries Series ; No. 5).
2. Методическое пособие по проведению инструментальных съёмок запасов промысловых гидробионтов в районах исследований ПИНРО / С. В. Баканев, С. В. Беликов, Б. И. Беренбойм [и др.] ; отв. ред. М. С. Шевелев ; ПИНРО. – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2006. – 163 с.
3. Гаврилов, Е. Н. Методическое пособие по использованию научного эхолота ЕК500 / Е. Н. Гаврилов, В. А. Игнашкин, С. В. Ратушный. – Мурманск : Изд-во ПИНРО, 2003. – 134 с.

Возрастной состав *Plantago maritima* и *Plantago schrenkii* в сообществах галофитных растений на побережье Баренцева и Белого моря

Приймак Е. В., Приймак П. Г. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)

Введение

Видовое разнообразие северных фитоценозов невелико, в связи с этим возрастает роль каждого вида в отдельности, особенно это касается северных приморских экосистем. В береговой зоне растения находятся в экстремальных природных условиях: прибрежно-морской климат, физико-химическое влияние морских вод, морфо-литодинамические процессы геоструктур берега (оползни, абразия, аккумуляция и другие) (Киселёва, 2011), а также негативные воздействия со стороны штормов. Если добавить возрастающий прессинг хозяйственной деятельности человека в арктическом регионе, все это вызывает серьезные угрозы в сохранения приморских фитоценозов (Сергиенко, 2007).

Подорожник – самый большой род (260 видов) семейства Подорожниковые. Виды этого рода распространены в умеренных областях обоих полушарий, и лишь отдельные виды встречаются в тропиках. Морской подорожник – вариабельный вид, на севере представлен гибридной формой (между подорожником морским и подорожником Шренка) *Plantago maritima subsp. subpolaris* L. (Шипунов, 1997). На территории Европейской части России встречается 18 видов рода *Pantago* (Арктическая флора СССР, 1983). Семейство Plantaginaceae (Подорожниковые) Мурманской области включают следующие виды (Раменская, Андреева, 1982):

Littorella uniflora (L.) Aschers. – Прибрежница озёрная (прибрежно-водное растение);

Plantago lanceolata L. – Подорожник ланцетный;

Plantago major L. – Подорожник большой;

Plantago maritima L. – Подорожник морской;

Plantago media L. – Подорожник средний;

Plantago scabra Moench (= *P. indica* L.) – Подорожник индийский;

Plantago schrenkii C. Koch – Подорожник Шренка.

Материалы и методы

Отбор проб на Мурманском побережье проводился в п. Териберка и Кольском заливе (м. Притыка, ЗАТО Сафоново, губа Пала). Пробы на беломорском побережье собраны в средней части губы Палкина.

Результаты и обсуждения

Галофитная растительность распространена по побережью Кольского полуострова неравномерно, так как тяготеет к защищенным от воздействия штормов местам, песчано-илистым грунтам и пологим склонам (Королева и др., 2011).

Согласно нашим наблюдениям подорожники на побережье могут как доминировать в сообществах на внешних маршах совместно с *Triglochin maritimum* и даже представлять монодоминатные заросли, так и присутствовать в единичных экземплярах на внутренних маршах с доминированием гликофитной растительности.

Характер экотопов, в которых встречаются подорожники, типичен для приморской растительности. На скалистых берегах (например, в районе п. Териберка или вдоль Кольского залива) подорожники селятся в трещинах скал (рис. 1), забрызгиваемых морской водой во время штормов или подтапливаются во время прилива, на моховых подушках и остатках органики, выносимой морем.



А



Б

Рисунок 1 – Скалистое побережье в районе п. Териберка:
А – открытое побережье, Б – *Plantago schrenkii* в расщелинах скал

Подорожники поселяются и на песчаных участках береговой полосы или каменистых насыпях (например, в районе Кольского моста) и илисто-каменистой литорали (рис. 2).



Рисунок – 2 *Plantago maritima* и *Honckenya reploides* на песчаном берегу

Как замечено в процессе исследований, песчаные участки менее благоприятны для развития подорожников, имеющих стержневую корневую систему. Так например, в 2014 г. в кутовой части Кольского залива на правом берегу массово произрастал *Plantago maritima* и был представлен в основном генеративными особями (рис. 2). Но уже в 2015 г. на участке в 612 м² остались только единичные экземпляры с почти полностью обнаженной корневой системой. Остальные растения, засыпанные песком, не проросли и через несколько месяцев. Хотя в литературе имеются данные об адаптации *Plantago maritima* к периодическому засыпанию песком и формированию удлиненных побегов (Османова, 2007).

Плотность подорожников в фитоценозах на побережье Баренцева и Белого морей различна.

В возрастном спектре ценопопуляций подорожника морского *Plantago maritima* отмечены проростки, имматурные, виргинильные и генеративные растения. В целом, наблюдается преобладание особей виргинильной возрастной категории (рис. 3). При этом субсенильных особей не отмечено, вероятно, вследствие сильной партикуляции и омоложения популяции. Соотношение растений разных возрастных групп в ценопопуляциях в губе Палкина (Белое море) и Пала губа (Кольский залив) близкое. И оно существенно иное в Сафоново (Кольский залив, среднее колено), где количество виргинильных и генеративных растений примерно равное – около 45 %.

Возрастной спектр *Plantago schrenkii* – полночленный, с преобладанием молодых вегетирующих особей (рис.4). На всех исследованных участках доминирующими возрастными группами были виргинильные и генеративные особи. В Кольском заливе (м. Притыка) и в районе п. Териберка значительное место (30 %) в возрастном спектре подорожников занимали проростки и имматурные растения. Сенильные особи были обнаружены только в районе п. Териберка.

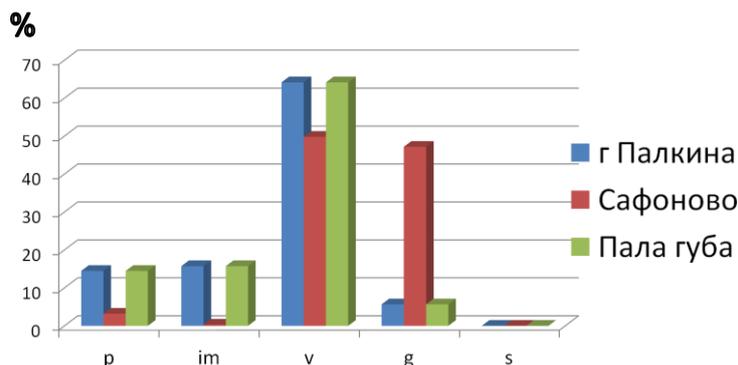


Рисунок 3 – Возрастной спектр подорожника морского *Plantago maritima*. Возрастные группы: p – проростки, im – имматурные, v – виргинильные, g – генеративные, s – сенильные

При сравнении возрастного спектра *Plantago schrenkii* в ценопопуляциях в двух экотопах показано, что на приморском лугу (зона заплеска) генеративных особей больше, чем на литорали. Видимо, растения срезаются льдами и во время штормов.

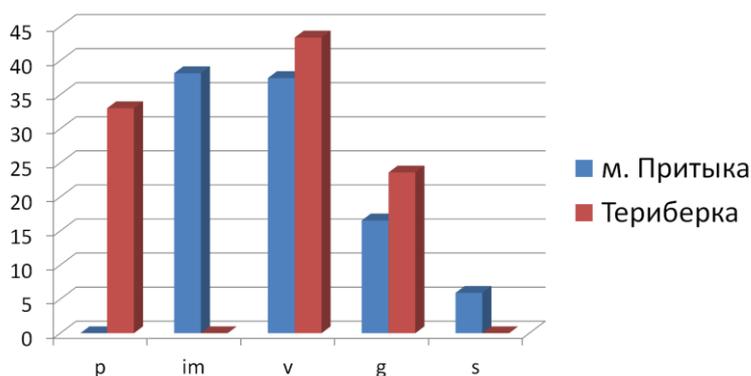


Рисунок 4 – Возрастной спектр *Plantago schrenkii* (в %)

Возрастные группы: p – проростки, im – имматурные, v – виргинильные, g – генеративные, s – сенильные.

Таким образом, присутствие в возрастном спектре ценопопуляций виргинильных и генеративных особей свидетельствуют об устойчивости популяции подорожников в исследуемом районе арктического побережья с достаточно суровыми условиями обитания.

Многолетние колебания численности популяции усоногих раков *Semibalanus balanoides* (L.) (Crustacea) на эстуарной литорали кута Кольского залива

Свитина В. С.¹, Гудимов А. В.²

¹ (г. Мурманск, Министерство рыбного и сельского хозяйства Мурманской области, управление организации рыболовства, аквакультуры и береговой переработки)

² (г. Мурманск, Мурманский морской биологический институт, лаборатория зообентоса)

Аннотация. Работа посвящена исследованию литоральной популяции усоногих раков *Semibalanus balanoides* в условиях эстуария кута Кольского залива. Показано закономерное увеличение плотности поселений взрослых особей *Semibalanus balanoides* вдоль градиента солености воды от р. Тулома к морю. Установлены основные экологические факторы, определяющие обилие и специфическое распределение баянусов на эстуарной литорали. Обнаружены многолетние колебания численности баянусов связанные, очевидно, с изменениями климата.

Abstract. This article is concerned with the research of population of *S. balanoides* in the intertidal zone at the end of the Kola Bay. The density of barnacles increased along the salinity gradient in the direction from mouth of the Tuloma river to the sea. The basic environmental factors affecting the specific distribution of barnacles in the estuarine population were estimated. The multi-year fluctuations (2003–2014) in the abundance of barnacle *S. balanoides* were revealed with the assumption of that they were affected by the climate change in the Arctic.

Ключевые слова: Кольский залив, эстуарий, литораль, усоногие раки, *Semibalanus balanoides*, градиент солености, изменения климата.

Key words: Kola Bay, estuary, intertidal zone, barnacle, *Semibalanus balanoides*, salinity gradient, climate change.

Исследования фауны Кольского залива, в том числе работы, посвященные изучению бентоса, проводятся с начала прошлого века. Первое фаунистическое, описательно-биоценотическое и экологическое изучение литоральной фауны Мурманска, в том числе, в куте Кольского залива, проводилось в 1915–1930 гг. К. М. Дерюгиным и его учениками – Е. Ф. Гурьяновой, И. Г. Заксом и П. В. Ушаковым. Учеными была отмечена значительная бедность видового состава сообществ эстуария р. Тулома и, в частности, отсутствие типичного для морской литорали усоногого рака *S. balanoides* [1, 2].

По литературным данным в эстуарной части кута Кольского залива балянусы этого вида не встречались, по крайней мере, до зарегулирования стока р. Тулома плотиной ГЭС (1934–1937 гг.) [3].

Поселения усонюгих раков *S. balanoides* на литорали эстуария р. Тулома были обнаружены нами впервые в 2003 г. Однако есть сведения, что здесь он присутствовал по крайней мере с конца 1980-х гг. (Фролов А. А., устное сообщение).

Материалом для исследований в период 2003–2014 гг. послужили регулярные наблюдения и измерения: подсчеты численности усонюгих раков *S. balanoides*, измерения солёности воды в местах скоплений балянусов и вдоль всего участка, полученные в разные фазы приливного цикла и сезоны, а также сопутствующие измерения температуры воды и воздуха.

Исследования проводились на литорали западного (левого) берега южного колена Кольского залива – эстуарном участке от Туломского моста до м. Еловый. Все подсчеты и измерения проводились вдоль всего участка литорали в местах поселений (скоплений) балянусов по 7 условным разрезам, каждый из которых образован литоральной ванной и вытекающим из нее литоральным ручьем. Подробно материалы и методы проведения исследования были описаны нами ранее [4].

Первые обследования эстуарного участка литорали в 2003–2004 гг. и измерения солёности показали, что балянусы способны жить в условиях очень низкой солёности воды, на грани или ниже критической. На литорали эстуария р. Тулома балянусы образуют узколокальные скопления высокой плотности при среднегодовой солёности воды (на поверхности) около 5 ‰ и при амплитуде ее колебаний от 2,2–12 ‰ летом до 17–20 ‰ зимой. Однако в условиях сильного опреснения их домики мельчают, становятся хрупкими, а распределение их поселений изменяется радикально.

Проводимые нами обследования эстуарного участка в период 2003–2014 гг. показали, что в верхнем горизонте литорали балянусы отсутствуют, в среднем и нижнем они обнаружены только в пределах русел литоральных ручьев (представлены редкими небольшими группами по 3–20 экз. на отдельных камнях). Наибольшая плотность рачков отмечена в нижнем горизонте литорали.

Уже первые полученные данные свидетельствовали о крайней неравномерности распределения рачков *S. balanoides* на каждом разрезе. Было

установлено, что численность и биомасса рачков значительно изменяются не только в вертикальном направлении (по горизонтам) в пределах любого разреза, но и в горизонтальном направлении в пределах участка. Вдоль среднего и нижнего горизонтов литорали наблюдался хорошо выраженный тренд увеличения численности балянусов от устья р. Тулома в сторону Кольского залива (рис. 1).

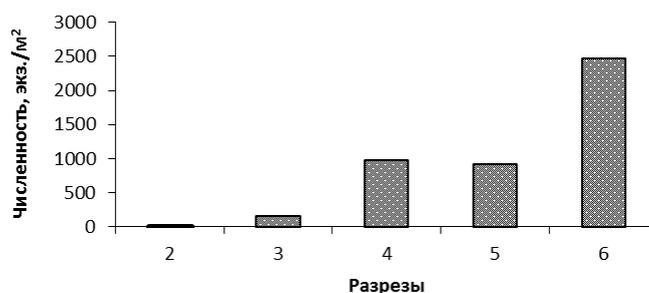


Рисунок 1 – Численность балянусов по разрезам литорали (нижний горизонт) по объединенным данным за 2003–2014 гг.

Обнаружено, что распределение рачков *S. balanoides* на эстуарной литорали принципиально отличается от типично морской, где балянусы образуют вдоль берега сплошные пояса в верхнем и среднем горизонтах [2, 5, 6, 7, 8]. Несомненно, что особенности эстуарной популяции балянусов определяются комплексным давлением лимитирующих факторов.

Известно, что к наиболее важным факторам, определяющим распределение и обилие балянусов на эстуарной литорали, относятся осушение (особенно его продолжительность), соленость воды (опреснение) и истирающее действие льда. На исследуемом участке совокупное действие всех этих факторов было особенно выражено в верхнем горизонте литорали, где не было найдено ни одного рачка.

Очевидно, на всем участке в пределах одного (нижнего или среднего) горизонта литорали влияние лимитирующих факторов, за исключением солености воды, может быть одинаковым. Исследование показало, что зимой и весной лед распределен вдоль литорали, как правило, достаточно равномерно, температура и время осушения на всех разрезах также отличались незначительно. В то же время, влияние осушения на поселения балянусов было не одинаковым для всего участка и определялось локальным микрорельефом. В понижениях литоральных ручьев с примыкающими ваннами вода аккумулировалась, ее сток задерживался и растягивался на всю фазу отлива.

Соответственно, время осушения в ручьях было минимальным и поселения баянусов, обнаруженные только в ручьях, находились на воздухе очень короткое время или вообще экспонировались редко, или были почти всегда покрыты водой литорального ручья.

Таким образом, для баянусов, обитающих в ручьях [3] в пределах одного горизонта влияние всех лимитирующих факторов, было действительно на всех разрезах практически одинаковым, за исключением солёности. Только градиент увеличения солёности воды по направлению от устья р. Тулома к морю сохранялся в любое время года.

Кроме того, проводимые нами измерения солёности воды показали, что в литоральных ручьях значения солёности воды выше (5–12 ‰, лето 2004 г.), чем на урезе (2–5 ‰) для каждого разреза. Следовательно, несмотря на интенсивное движение вод в эстуариях и действие приливной волны, плотностное расслоение воды сохраняется, и солёность придонной воды всегда выше, чем у поверхности. В результате баянусы в ручьях способны выжить даже при критически низких значениях солёности, так как во время отлива они находятся в условиях более высокой солёности воды и могут не только избегать осушения, но и дольше питаться. Это обстоятельство является жизненно важным для существования популяции рачков, так как в условиях солёности воды ниже критической (2–5 ‰ на урезе воды, лето 2004 г.) [9] шансы на выживание у морских организмов, в частности баянусов, значительно снижаются.

Таким образом, повышенная солёность придонных литоральных вод объясняет картину распределения баянусов по разрезам, – их локализацию только в пределах русел литоральных ручьев нижнего горизонта литорали.

Среднемноголетние данные, полученные в ходе проведенных в 2003–2014 гг. исследований, подтверждают сохранение градиентного (клинального) распределения баянусов вдоль участка. В тоже время зафиксировано увеличение средней солёности воды в ручьях и на урезе воды, а также снижение обилия рачков на всех разрезах литорали (рис. 2) до их полного исчезновения на краевом, ближнем к реке, втором разрезе.

Поскольку зависимость обилия баянусов от величины солёности воды в эстуарии была нами доказана [3], предполагалось, что постепенное повышение солёности воды создаст для рачков более благоприятные условия обитания и будет способствовать увеличению их численности. Однако ожидае-

мого увеличения обилия баянусов за весь период исследований не произошло (рис. 2).

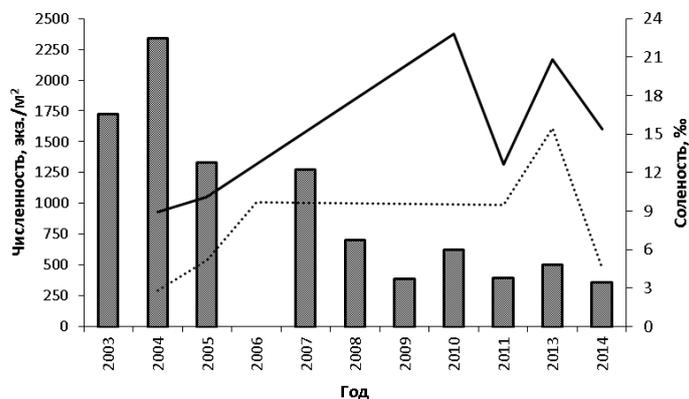


Рисунок 2 – Средняя плотность поселений усоногих раков *S. balanoides* (столбцы) и средняя соленость воды в литоральных ручьях (сплошная линия) и на урезе воды (пунктирная линия) в 2003–2014 гг.

Данное обстоятельство побудило нас исследовать зависимость многолетней динамики популяции баянусов *S. balanoides* от ряда других природных факторов, таких как параметры колебаний (амплитуда, частота, длительность фаз, экстремумы) солености воды на поверхности и в литоральных ручьях, а также колебаний температуры воды и воздуха (включая сезонные средние, минимальные и максимальные). Анализировалось влияние годового объема речного стока, а также термического фактора. Последний представляет собой обобщенные эффекты температуры и прямого нагрева домиков рачков от Солнца, и потому тесно связан с величиной солнечной активности (число Вольфа). Его влияние на баянусов может быть выраженным, конечно, только в летние месяцы (июнь-август, рис. 3).

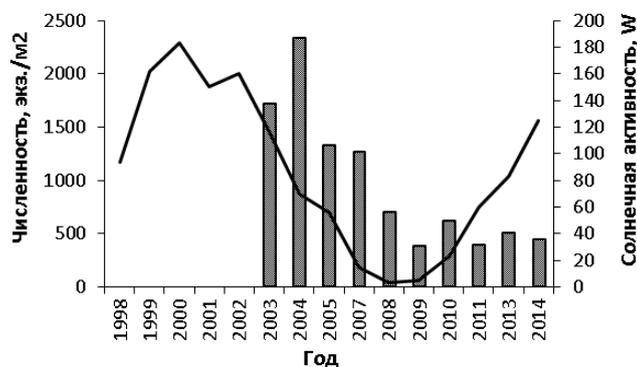


Рисунок 3 – Численность баянусов в нижнем горизонте литорали в 2003–2014 гг. и изменение солнечной активности (число Вольфа), W, средние значения за июнь-август в 1998–2014 гг.

Среди исследованных параметров внешней среды наиболее заметны зависимости только между основным трендом убывания численности и трендом уменьшения солнечной активности (рис. 3), а также между среднесезонной тенденцией убывания численности рачков и увеличением амплитуды колебаний температуры и солености воды в данном районе (рис. 4).

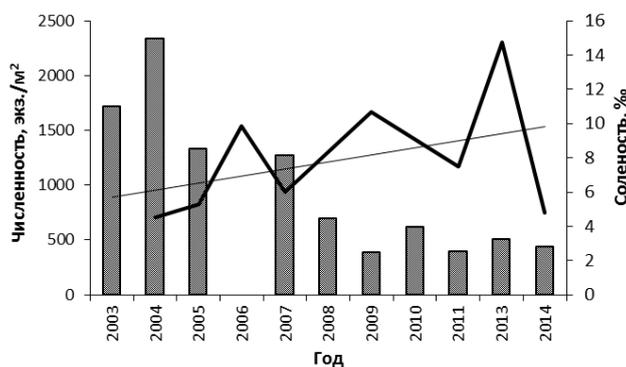


Рисунок 4 – Численность баянусов в нижнем горизонте литорали и колебания солености воды (ручей, лето) в 2003–2014 гг.

Действительно, повышение средней солености воды с 2003 по 2014 гг. происходило на фоне увеличения амплитуды ее колебаний. При этом, в годы относительно низкой солености воды воздействие опреснения было более значительным как по величине, так и по продолжительности и не только в период весеннего паводка, но и летом (4,5 ‰ на урезе воды, июль 2014 г.).

Для выживания баянусов (как и других организмов) на литорали важно время их пребывания (экспозиция) в условиях критической солености. Длительное и непрерывное воздействие воды пониженной солености в течение нескольких суток может оказать сильное негативное влияние на выживание даже взрослых усоногих раков.

Следовательно, зависимость многолетних изменений эстуарной популяции баянусов связана с колебаниями климата через увеличение амплитуды колебаний факторов среды, неизбежное при климатических изменениях.

Таким образом, общее снижение обилия баянусов на всех разрезах литорали за весь период исследований (в том числе полное исчезновение баянусов на втором разрезе) происходит под влиянием не одного, а нескольких экологических факторов. Прежде всего, это длительность экспозиций в критической солености (весенне-летнее опреснение), увеличение амплитуды колебаний солености и температуры воды и воздуха, степени прямого нагрева или охлаждения баянусов в период осушения. Все эти факторы связаны

с периодическими колебаниями солнечной активности и изменениями климата в Арктике.

Важно отметить, что если в условиях нормальной солености комплексное влияние факторов не столь заметно, то в экстремальных условиях эстуарной литорали, в условиях критической солености эстуария рачки, находясь на грани выживания, реагируют на изменения климата намного быстрее, чем в морских популяциях.

Библиографический список

1. Гурьянова Е. Ф., Закс И. Г., Ушаков П. В. К фауне эстуарий Мурманского побережья // Тр. Лен. общества естествоиспытателей, отд. Зоологии. Т. 56 (2), 1926. С. 79–96, 133–147.
2. Гурьянова Е. Ф., Закс И. Г., Ушаков П. В. Литораль Кольского залива. Сравнительное описание литорали Кольского залива на всем его протяжении // Тр. Лен. общества естествоиспытателей. Т. LIX. Вып. 2. Ч. II. Ленинград, 1929. С. 133–147.
3. Гудимов А. В., Свитина В. С. Популяция усоногих раков *Semibalanus balanoides* в градиенте солености эстуарной зоны кута Кольского залива // Доклады академии наук, 2007. Т. 412. №. 1. С.132–133.
4. Гудимов А. В., Свитина В. С. Экология и распределение усоногих раков *Semibalanus balanoides* (L.) (Crustacea) в южном колене Кольского залива. Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. – М. : Наука, 2009. С. 202–220.
5. Кузнецов В. В. Популяция некоторых массовых видов морских беспозвоночных Восточного Мурмана // Зоологический журнал, 1947а. Т. XXVI. Вып. 2. С. 109–120.
6. Кузнецов В. В. Биология массовых и наиболее обычных видов ракообразных Баренцева и Белого морей. – М.-Л., 1964. С. 218–225.
7. Ржепишевский И. К. К вопросу о распространении баянусов в юго-восточной части Баренцева моря // Тр. ММБИ. Вып. 11 (15), 1966. С. 50–57.
8. Зенкевич Л. А. Избранные труды. Т. I: Биология северных и южных морей СССР. – М. : Наука, 1977. С. 49, 127–129.
9. Хлебович В. В. Критическая соленость биологических процессов. – Л. : Наука, 1974. 236 с.

Эстуарные экосистемы: разнообразие и нарушение структуры бентосных сообществ (Кандалакшский залив, Белое море)

Столяров А. П. (г. Москва, ФГБОУ ВО "Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова", кафедра гидробиологии, e-mail: *macrobenthos@mail.ru*)

Аннотация. Изучены видовое разнообразие, пространственные изменения и нарушения структуры бентосных сообществ в нескольких эстуарных экосистемах (Кандалакшский залив, Белое море). Показано, что в эстуарных экосистемах вдоль продольной оси по мере увеличения солености воды наблюдается увеличение ABC-индексов от кутовых районов эстуариев с низкими показателями и нарушенной структурой сообщества к мористым с высокими значениями и ненарушенными нормальными сообществами.

Abstract. The species diversity, spatial changes and disturbances in the structure of benthic communities in several estuarine ecosystems (Kandalaksha bay, White Sea) have been studied. It is shown that in estuarine ecosystems along the longitudinal axis of estuary with increasing salinity of the water, ABC-indexes increased from internal brakish areas of estuaries with low values of indexes and the disturbed community structure to marine areas with high values of indexes and undisturbed normal communities.

Ключевые слова: эстуарные экосистемы, макробентос, структура, нарушение, Белое море.

Key words: estuarine ecosystems, macrobenthos, the structure, disruption, White sea.

Эстуарные экосистемы относятся к неустойчивым и динамичным системам. Они характеризуются значительными изменениями абиотических факторов среды (солености, характера грунта, органического вещества, pH и Eh среды и др.), что отражается на видовом составе, разнообразии и структуре, обитающих здесь сообществ живых организмов [1–6, 8]. Очень часто эстуарные сообщества относят к низкообразным, олигомиксным и "сильно нарушенным" образованиям [7, 10]. Оценить степень нарушенности структуры бентосных сообществ можно с помощью различных методов, в частности ABC-метода, который часто используется для тестирования экологического состояния донных сообществ. Этот метод основан на сравнении куммулятивных кривых численности и биомассы и исходит из того, что число видов и индивидуальная масса организмов увеличиваются с уменьшением стрессовой нагрузки, в то время как их численность уменьшается [10]. В стрессовых же условиях преобладают олигомиксные сообщества мелких оппортунистов (главным образом полихет и олигохет).

В своем исследовании мы попытались проанализировать структурные изменения макробентосного сообщества (литорального и сублиторального) и степень его нарушенности в нескольких эстуарных экосистемах Белого моря (Кандалакшский залив) разной размерности (масштаба) вдоль их продольной оси от кутовых опресненных районов к морским по мере увеличения солености воды.

Исследование проводили летом в 2014–2016 гг. в кутовой области Кислой губе и в 2013, 2014 гг. в Ермолинской губе. Дополнительно использовали материал, полученный ранее в 2009 г. по Ругозерской губе, в 2006 г. по Лапшагиной губе, в 2001, 2002 гг. по эстуарию р. Черной, а также в 1997–1999 гг. по губе Грязной.

Видовое разнообразие исследованных эстуарных систем оставалось примерно одинаковым и варьировало от 25 до 36 видов в зависимости от сезона и объема выборки. Однако надо отметить, что чем больше была связь эстуарной экосистемы с морем и чем мористее она была расположена, тем больше наблюдалось морских менее эвригалинных видов (в основном моллюсков, полихет, иглокожих, асцидий). С другой стороны, чем сильнее была зарегулирована экосистема и чем меньше была ее связь с морем и, соответственно, чем больше она была распресненена и заилена – тем больше было встречено солоноватоводных и морских эвригалинных видов (в основном мелких моллюсков *Hydrobia ulvae*, солоноватоводных полихет, олигохет и хирономид). В эстуарии р. Черная вследствие значительных изменений солености воды образуется несколько зон, заселенных различными комплексами пресноводных, солоновато-водных и морских разной степени эвригалинности видов (Столяров, 2012).

Интегральные показатели сообщества макробентоса (видовое разнообразие, общая плотность и общая биомасса) в основном увеличивались от кутовых районов эстуарных экосистем к мористым и от верхней литорали к нижней и сублиторали. Продольный градиент структуры сообщества хорошо выражен в экосистемах, где наблюдается значительный градиент факторов среды (солености, характера грунта, количества в нем органического вещества и т. д. (эстуарий р. Черной, губа Лапшагина). Там где соленость варьирует не так сильно, а характер грунта меняется только в самом куту (и/или на выходе из) губы, продольные изменения структуры сообщества менее выражены, а основной градиент структуры сообщества наблюдается главным образом относительно мареографического уровня (губы Кислая, Грязная, Ругозерская). Промежуточное положение занимает Ермолинская губа.

В качестве меры нарушений в структуре бентосных сообществ использовался ABC-индекс [7, 9, 10]. Значения ABC-индекса могут принимать как отрицательные, так и положительные значения. Положительные значения индексов соответствуют нормальным, а отрицательные – нарушенным сообществам. Высокие положительные значения индексов в данном случае означают, что доминирование по биомассе выражено значительно сильнее, чем по плотности видовых популяций, а отрицательные значения ABC-индекса, – что кривая рангового распределения "вид – обилие" убывает более резко для плотности популяций, чем для биомасс.

В эстуарии р. Черной в сублиторали средние показатели индексов были отрицательными для опресненного района эстуария, включая олигогалинный (-1), хорогалинный (-7.1) районы и участок верхних порогов (-11.3), и положительными для мористой области: солоновато-морской зоны (+11.03), мидиевой банки (+4.02), и морской зоны (+1.85). В нижнем горизонте литорали в солоноватой и солоноватоморской зонах эстуария значения были или отрицательными, или приближались к +1. А на порогах (верхних и особенно нижних) были существенно выше 0 (около +10). В среднем горизонте литорали показатели индексов в основном принимали положительные значения, меняясь от 0 – +4 в опресненной части эстуария, и до +5 – +7 в районе мидиевой банки. И, наконец, в верхней литорали средние показатели данного индекса в основном принимали отрицательные значения, что связано с преобладанием там мелких олигохет и хирономид с низкой индивидуальной массой. В то же время такие значения индексов в верхней литорали наблюдались на мягких грунтах, там же, где осадки были песчаными или твердыми, ABC-индекс принимал положительные значения из-за преобладания крупных улиток литторин.

В Лапшагиной губе в конце сезонной сукцессии в сентябре в нижней литорали показатели ABC-индексов были отрицательными в куту эстуария и положительными в мористой части эстуария. В средней и верхней литорали индексы в основном принимали отрицательные значения, что связано с значительным заилением биотопа и, как следствие, преобладанием там более мелких животных (олигохет, полихет, гидробии).

В губе Грязной значения ABC-индексов в июне-июле месяце, когда в верхних горизонтах литорали и по плотности и по биомассе преобладали мелкие виды олигохет, хирономид и гидробий, а в средних и нижних – более крупные макома, мия и пескожил (по биомассе видовых популяций), значения индексов в верхних горизонтах были отрицательными (соленый марш –

(-2.67); верхняя и часть средней – (-4)), а в нижних – положительными (нижняя и часть средней – +7– +9; нижняя – +7.5). Исключение представлял биотоп так называемой няши, находящийся на границе нижней литорали и сублиторали, где преобладали мелкие формы беспозвоночных (олигохеты, хирономиды и гидробии) и где значения АВС-индексов были отрицательными (-4.9). В течение летнего сезона популяции макомы и мии постепенно осваивают пространство верхнего горизонта литорали, а популяции мелких гидробий, олигохет и хирономид (особенно гидробий) – нижнего. В результате в течение летнего сезона показатели АВС-индексов в верхней и нижней литорали постепенно выравниваются и приближаются к нулю.

В литоральном ручье губы Грязной отрицательные значения наблюдались в верхней литорали вместе с соленым маршем, где условия жизни были неблагоприятными для большинства морских беспозвоночных животных, а осадки были сильно заилены. Здесь преобладали мелкие хирономиды, гидробии и личинки насекомых. На средней литорали и частично в нижней литорали сообщества беспозвоночных были нормальными, а индексы АВС положительными. В нижней литорали и на границе нижней литорали и сублиторали, биотопы которых были представлены илистыми осадками, значения АВС-индексов принимали отрицательные значения (высокая плотность мелкого морского эвригалинного моллюска *Hydrobia ulvae*), а структура сообщества была нарушенной.

В Ермолинской губе, бенталь которой очень сильно заилена за исключением района мидиевой банки, расположенной на выходе из нее, показатели АВС-индексов во всей литоральной зоне были отрицательными и только в районе мидиевой банки в нижней и средней литорали принимали положительные значения. В сублиторали, где доминировали более крупные животные – моллюски *Macoma balthica*, *Littorina littorea*, полихеты *Arenicola marina*, индексы в основном принимали положительные значения. Исключение представляет кутовой район, где индексы были отрицательными или приближались к нулю, что объясняется преобладанием там более мелких *H. ulvae* и *Tubificoides benedeni*. Отрицательные значения АВС-индексов на литорали и в куту сублиторали свидетельствуют о нарушении структуры сообществ макробентоса Ермолинской губы и преобладании там мелких форм организмов.

В Ругозерской губе (средняя и нижняя литораль) показатели АВС-индексов были положительными и варьировали от +0.08 до +10.5. Причем

в биотопах твердых осадков значения индексов были существенно выше, т. е. доминирование по биомассе было выражено сильнее. В верхней литорали индексы не рассчитывались из-за низкого видового разнообразия сообщества беспозвоночных, что может свидетельствовать о значительной нарушенности их структуры, крайней олигомиксности и неблагоприятных условиях жизни для большинства организмов макробентоса.

В районе кутовой области Кислой губы (2 небольшие губки-лагуны) показатели АВС-индексов в приливно-отливной полосе были отрицательными и только на выходе из этих небольших лагун в области нижней литорали, где преобладали популяции *Mytilus edulis* принимали положительные значения. В сублиторали сообщества макробентоса были более разнообразными с менее нарушенной структурой при доминировании более крупных беспозвоночных животных – моллюсков *M.balthica*, *L.littorea*, *Nicania montagui* полихет *Terebelides stroemi*, *Scoloplos armiger*, *Pectinaria koreni*, морских звезд *Asterias rubens* и характеризовались в основном положительными значениями АВС-индексов.

Из вышеизложенного следует, что губа Ермолинская, губа Грязная, Лапшагина губа, кутовой район Кислой губы, опресненный район эстуария р. Черной расположены в районах пониженной гидродинамики и повышенного осадконакопления и значительного влияния как солености, так и углеродной нагрузки. Сообщества макробентоса Ругозерской губы (исследованный район), где соленость воды была более высокой и стабильной, были представлены в основном нормальными сообществами с ненарушенной структурой (за исключением самого верхнего горизонта приливно-отливной полосы).

Заключение

В эстуарных экосистемах вдоль продольной оси по мере увеличения солености воды наблюдается увеличение АВС-индексов от кутовых районов эстуариев с низкими показателями и нарушенной структурой сообщества к мористым с высокими значениями и ненарушенными нормальными сообществами. Соответственно можно различать зоны с низкими и высокими значениями АВС-индексов или явным преобладанием доминирования по плотности над доминированием по биомассам. Пространственно границы этих зон практически совпадают с границами опресненной и морской областей. Отрицательные значения АВС – индексов в опресненных областях эстуариев (кутовой район и верхняя литораль с соленым маршем) указывают, что эти районы находятся в зоне значительного влияния не только солености воды, но и

углеродной нагрузки. Повышенное содержание органического вещества в осадках опресненных кутовых районов эстуарных экосистем способствует формированию здесь олигомиксных сообществ мелких детритофагов (преимущественно гидробии, олигохеты и хирономиды). В мористых же районах формируются многовидовые полимиксные сообщества макробентоса чаще с доминированием крупных сестонофагов *Mytilus edulis*, *Semibalanus balanoides* и др. Также следует отметить, что верхние горизонты литорали в эстуариях, в основном представленные мягкими грунтами, характеризуются в целом низкими показателями ABC – индексов, а нижние – более высокими.

Библиографический список

1. Бергер В. Я. Продукционный потенциал Белого моря // Исследования фауны морей. Т. 60 (68). СПб. : Изд-во ЗИН РАН. 2007. 292 с.
2. Бурковский И. В. Морская биогеоценология. Организация сообществ и экосистем. – М. : Изд-во Тов-во науч. изданий КМК. 2006. 285 с.
3. Столяров А. П. Структурно-функциональная организация эстуарных экосистем Белого моря: прототипическая модель // Успехи соврем. биол. 2012. Т. 132. № 4. С. 354–369.
4. Столяров А. П. Эстуарные экосистемы Белого моря. – Владимир : Изд-во Калейдоскоп. 2017. 360 с. ISBN 978-5-88636-183-4.
5. Хлебович В. В. Критическая соленость биологических процессов. – Л. : Наука. 1974. 236 с.
6. Хлебович В. В. Экология особи (очерки фенотипических адаптаций животных). Санкт-Петербург : ЗИН РАН. 2012. 143 с.
7. Craeymeersch J. A. Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effect on intertidal macrobenthic communities // Hydrobiological Bulletin. 1991. V. 24. P. 133–140.
8. De Wit R. Biodiversity of Coastal Lagoon Ecosystems and Their Vulnerability to Global Change. Ecosystems Biodiversity. Grillo O., Venore G. (Ed.). Chapter 2. Published by In Tech. Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. 2011. P. 29–40.
9. Meire P. M., Dereu J. Use of the abundance/biomass comparison method for detecting environmental stress: some considerations based on intertidal macrozoobenthos and bird communities // J. Appl. Ecol. 1990. V. 27. P. 703–717.
10. Warwick R. M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities // Marine Biology. 1986. V. 92. P. 557–562.

Влияние искусственных электромагнитных полей в диапазоне частот шумановских резонансов на двигательную активность серого тюленя

Яковлев А. П.¹, Зайцев А. А.^{1,2}

¹ (г. Мурманск, ММБИ КНЦ РАН, лаборатория БТС)

² (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии, e-mail: yanmos@yandex.ru)

Аннотация. В работе представлены результаты исследований влияния электромагнитного поля с частотой 8 Гц на двигательную активность серого тюленя. Показано, что при воздействии магнитного поля в диапазоне частот шумановских резонансов на тюленя, резко возрастает его двигательная активность, что объясняется повышением "тревожности" или "возбужденности" животного.

Abstract. The article presents the results of researches of influence of electromagnetic field with 8 Hz frequency on the motor activity of the grey seal. It is shown that when exposed to magnetic fields at frequencies of Schumann resonance in the seal is significantly increased his motor activity due to increased "anxiety" or "excitement" of the animal.

Ключевые слова: серый тюлень, магнитное поле, поведение, воздействие, двигательная активность.

Key words: grey seal, magnetic field, behavior, influence, physical activity.

Введение

Изучение поведения животных с очевидностью показало, что некоторые из них воспринимают весьма слабые магнитные поля (такие, например, как магнитное поле Земли). В тоже время, наличие органа ответственного за магниторецепцию, доказано лишь у некоторых видов [1]. Способность воспринимать магнитное поле и отсутствие четко выраженного органа магниторецепции ставит перед учеными единственную в своем роде проблему. Магниторецепция характерна для столь большого числа видов, что она, по видимому, представляет собой достаточно общее явление [1].

В настоящее время стало ясно, что независимо от того, каким именно образом осуществляется магниторецепция, геомагнитное поле следует рассматривать как фактор окружающей среды, имеющий потенциальную значимость для различных таксономических групп [2]. В научной литературе было обосновано предположение о том, что наиболее вероятным из внешних источников синхронизации со средой обитания для гидробионтов является ЭМ-поле резонатора Земля – ионосфера преимущественно в области частот 6–8 Гц. Электромагнитное поле резонатора Земля – ионосфера су-

шествует с древнейших времен и настройка гидробионтов на это поле представляется вполне естественной [3].

Большинство эффективных для воздействия на живой организм частот магнитного поля (МП) находятся в интервале 0,01–60 Гц, поскольку совпадают с собственными ритмами функционирования головного мозга, нервной системы, сердца и других систем организма [4].

Арктические ластоногие подвержены воздействию мощных магнитных полей с различными пространственно-временными и частотно-амплитудными характеристиками, из-за близости их мест обитания к северному магнитному полюсу. Интенсивность глобальных магнитных бурь и естественных колебаний геомагнитного поля в этом регионе на порядок превосходит показатели экваториальных областей [5].

Одной из первых ответных реакций организма животного на возникающие изменения параметров абиотических факторов, в том числе и электромагнитного поля, является изменение в его поведение [6].

Совместно со специалистами Полярного геофизического института было создано устройство для исследования влияния искусственного магнитного поля на водные биологические объекты, с целью изучения влияния магнитных полей на поведение настоящих тюленей [7].

Цель исследований – получение данных о влиянии искусственных электромагнитных полей в диапазоне частот шумановских резонансов на двигательную активность серого тюленя.

Объект и методы исследования

Объект исследования – половозрелая самка серого тюленя (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791), в возрасте 11 лет. Животное было отловлено в 2005 г., содержалось на аквакомплексе ММБИ в Кольском заливе, в условиях открытого вольерного комплекса.

Искусственное магнитное поле генерировалось с помощью экспериментального источника МП, с напряженностью поля синусоидальной формы, превышающую напряженность геомагнитного поля (45–50 А/м). В состав источника магнитного поля входят: задающий генератор с перестраиваемой несущей частотой в диапазоне от 0,01 Гц до 36 Гц и излучающая антенна, огибающая бассейн по периметру, образуя горизонтальную рамку.

Наблюдение за испытуемым животным осуществлялось по средствам камеры наружного наблюдения. Видеоматериал записывался с помощью TV-тюнер kWorld установленного на персональный компьютер. Видеонаблюдение велось в течение 4–7 ч (с 10:00 до 17:00) на протяжении 11 дней.

Задающий МП генератор, система видеонаблюдения и другое исследовательское оборудование располагалось в отдельном помещении, контакт животного с человеком во время проведения экспериментов был исключен.

Экспериментальные данные получены с использованием следующих методов: "метод сплошного протоколирования" – непрерывная и максимально полная запись всех действий животного и "метод регистрации отдельных поведенческих проявлений" – во время наблюдения фиксируются все случаи проявления изучаемых действий [8]. При обработке видеоматериала учитывались следующие поведенческие проявления: нахождение животного под водой, нахождение животного на поверхности, выход на помост, нехарактерные поведенческие проявления, позы и движения (при наличии). Для оценки степени изменений двигательной активности животного записывались фоновые наблюдения. Так же были проведены эксперименты с "мнимым воздействием", во время проведения которых задающий генератор и вспомогательное оборудование было включено, при этом МП не генерировалось. В качестве оценочного параметра двигательной активности тюленя был выбран расчётный показатель – всплытий за 1 минуту.

Проведенные нами ранее исследования по кратковременному воздействию ЭМП, показали, что двигательная активность серого тюленя значительно изменяется при его экспозиции в ЭМП с частотами 2–8 Гц [9]. Была проведена серия из 5 экспериментов по воздействию ЭМП с частотой 8 Гц на серого тюленя, длительностью 7 ч каждый. Фоновые наблюдения и эксперимент с мнимым воздействием продолжались по 4 ч, в трехкратной повторности.

Результаты и обсуждение

Рассчитанный показатель – всплытий в минуту, является средним значением всплытий, совершаемых животным за определенный промежуток времени наблюдения. Всплытие тюленя связано с физиологически закрепленным актом дыхания, что делает регистрацию подобных поведенческих проявлений наиболее стабильной и наиболее полно отражающей двигательную активность особи в данный промежуток времени, поскольку, чем больше двигательная активность животного, тем больше требуется кислорода организму, для поддержания гомеостаза. Другими словами, существует прямая зависимость необходимости потребления кислорода с ростом интенсивности протекания физиологических процессов в организме животного [10].

На гистограмме приведено усредненное количество всплытий за минуту, в экспериментах с генерируемым магнитным полем с частотой 8 Гц. Двига-

тельная активность тюленя начала расти сразу после включения МП в течение первого часа наблюдений, достигая 1,86 всплытий в минуту. На протяжении последующих двух часов воздействия, активность животного продолжила расти, достигнув к третьему часу экспозиции 2,35 всплытий за 1 минуту. Животное активно плавало по периметру бассейна, совершая кратковременные всплытия для дыхания продолжительностью 1-2 с. На 4 часу экспозиции, по причине практически безостановочного, активного плавания, животное стало совершать более длительные всплытия, находясь на поверхности 7–10 с, интервал между всплытиями сократился. Однако начиная с пятого часа экспозиции и до конца воздействия МП, активность продолжила расти, достигнув 2,30 всплытий в минуту к концу 7-го часа (рис. 1).

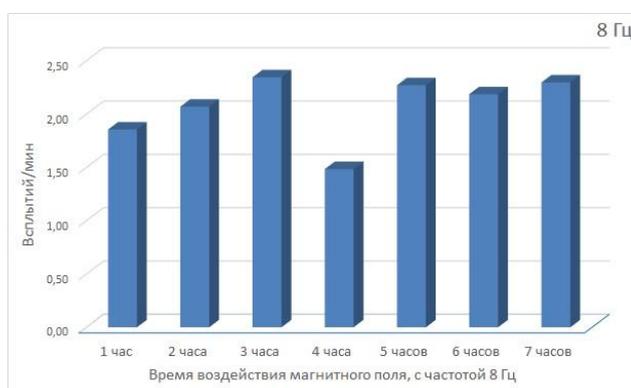


Рисунок 1 – Усредненное количество всплытий за минуту, совершаемых животным, в экспериментах с генерируемым МП частотой 8 Гц

Для подтверждения достоверности полученных данных были проведены эксперименты с "мнимым воздействием", которые показали, что при отсутствии генерации магнитного поля, тюлень находится в спокойном состоянии, его двигательная активность незначительно колеблется, при этом находится на низком уровне (0,22–0,30 всплытий в минуту) (рис. 2).

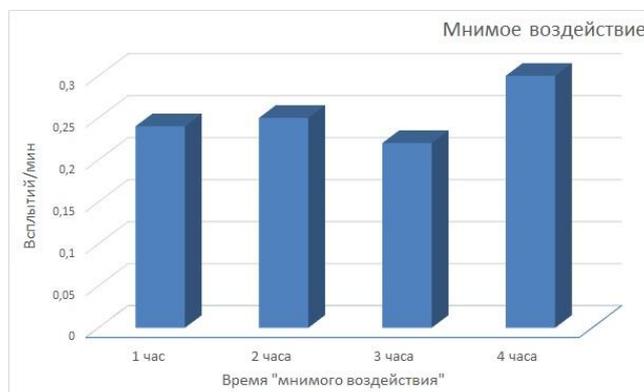


Рисунок 2 – Усредненное количество всплытий за минуту, совершаемых животным, в экспериментах с "мнимым воздействием"

Фоновые наблюдения, проведенные нами, показали, что двигательная активность серого тюленя в спокойном состоянии находится на стабильно низком уровне, количество всплытий незначительно варьирует и находится в интервале от 0,27 до 0,31 всплытий за 1 минуту (рис. 3).

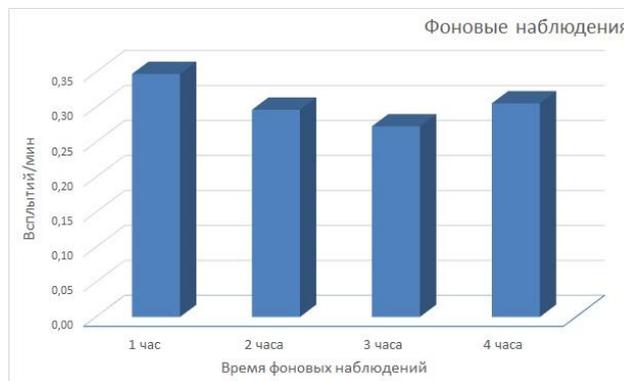


Рисунок 3 – Усредненное количество всплытий за минуту, совершаемых животным, во время проведения фоновых наблюдений

Выводы

1. Проведенные эксперименты убедительно показали, что при воздействии на серого тюленя магнитного поля на частотах шумановских резонансов резко возрастает его двигательная активность, количество всплытий в 5–6 раз выше, чем при фоновых наблюдениях и при опытах с "мнимым воздействием". Подобное поведение можно объяснить повышением "тревожности" животного, или другими словами его крайней возбужденностью.

2. Анализ полученных результатов может свидетельствовать о том, что естественные электромагнитные поля в области частот "шумановских резонансов", возбуждаемые при многих опасных гидрометеорологических процессах, способны восприниматься серыми тюленями. Это позволяет им заблаговременно получать информацию о приближении опасных процессов, способных влиять на их жизнедеятельность, а также регулировать свою биоритмику.

Библиографический список

1. Jungerman R. L., Rosenblum B. (1980). Magnetic induction for the sensing of magnetic fields An analysis, J. Theor. Biol., 87, 25.

2. Биогенный магнетит и магниторецепция. Новое о биомагнетизме : В 2 т. Пер. с англ. / Под ред. Дж. Киршвинка, Д. Джонса, Б. Мак-Фаддена. М. : Мир, 1989.

3. А. В. Муравейко, И. А. Степанюк, В. М. Муравейко, Н. С. Фролова
Эффекты влияния электромагнитных полей в области "шумановских резонансов" на активность гидробионтов // Вестник МГТУ. 2013. Т. 16, № 4. С. 764–770.

4. Хабарова О. В. Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2002. № 5. С. 56–66.

5. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. М. : Мир, 1986. 525 с.

6. Дьюсбери Д. Поведение животных: Сравнительные аспекты. Пер. с англ. / Перевод Полетаевой И. И. М. : Мир, 1981. 480 с.

7. Устройство для исследования влияния искусственного электромагнитного поля на водные биологические объекты: Патент на полезную модель № 166414 Рос. Федерация, МПК51 G 01 R 1/00 (2006/01) / Е. Д. Терещенко, В. Ф. Григорьев – Заявка № 2016125093; приоритет изобретения 22.06.2016; Срок действия патента 22.06.2016, опубл. 27.11.2016, Бюл. № 33.

8. Попов С. В., Ильченко О. Г. Методические рекомендации по этологическим наблюдениям за млекопитающими в неволе. М. : Изд. Моск. Зоопарк : 1990. 77 с.

9. Яковлев А. П., Михайлюк А. Л., Григорьев В. Ф. Оценка изменений параметров поведения серого тюленя при воздействии на него электромагнитных полей экстремально низких частот в диапазоне 0.01–36 Гц // Вестник МГТУ. 2016. Т. 19, № 1/2. С. 345–352.

10. Начала физиологии : учебник для вузов / Под ред. акад. А. Д. Ноздрачева. – СПб. : Лань, 2001. – 1088 с. ; 2-е изд., испр. – СПб. : Лань, 2002.

**ЭКОЛОГИЯ, ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ**

Результаты изучения межгодовой динамики инвазии личинками нематоды *Anisakis simplex* атлантической трески (*Gadus morhua*) в Баренцевом море

Бессонов А. А. (г. Мурманск, Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии имени Н. М. Книповича)

Аннотация. Изучена межгодовая (2003–2015 гг.) динамика инвазии личинками нематоды *Anisakis simplex* – важного промыслового объекта Баренцева моря – атлантической трески. Установлено, что экстенсивность заражения в период 2003–2015 гг. варьировалась незначительно от 96,6 до 100 %, индекс обилия изменялся в большей степени от 20,4 до 39,3. Выявлена тенденция увеличения численности личинок нематоды *A. simplex* в атлантической треске Баренцева моря.

Abstract. The interannual (2003–2015) invasion dynamics with larvae of the *Anisakis simplex* nematode in the important commercial object of the Barents Sea – Atlantic cod, was studied. It is established that the prevalence in 2003–2015 varied insignificantly from 96.6 to 100 %, the abundance varied with in a greater range from 20.4 to 39.3. The tendency of an increase in the number of the larvae of the *A. simplex* nematode in the Atlantic cod of the Barents Sea was revealed.

Ключевые слова: атлантическая треска, экстенсивность заражения, индекс обилия, нематоды, *Anisakis simplex*, инвазия.

Key words: Atlantic cod, prevalence, abundance, nematodes, *Anisakis simplex*, infestation.

Введение

Нематоды семейства Anisakidae относятся к числу наиболее распространенных паразитов в Мировом океане [1]. Взрослые особи нематоды *Anisakis simplex* живут в желудочно-кишечном тракте морских млекопитающих, а личинки – в рыбах и беспозвоночных. Основным местом паразитирования этих червей в рыбе служит полость тела. Они локализуются на поверхности печени, гонад, пилорических придатков, мезентерии. Большинство личинок неподвижны, но некоторые паразиты могут мигрировать по различным органам в полости тела рыбы, а также проникать в мышечные ткани и гонады. Анизакидные личинки патогенны для человека, они вызывают инвазионную болезнь – анизакидоз [2, 3].

Треска, важный промысловый объект в Баренцевом море, востребованный в охлажденном, мороженом, сушеном и соленом виде, характеризуется высокими показателями инвазии личинками нематоды *A. simplex*. В среднем объем ее годовой добычи составляет около 500 тыс. т.

В связи с этим ФГБНУ "ПИНРО" с 2000 г проводится мониторинг зараженности промысловых видов рыб нематодой *A. simplex* L., целью которого являлась оценка качества и паразитарной безопасности водных биологических ресурсов [4, 5].

Задачей настоящей работы являлось изучение межгодовой динамики инвазии трески личинками нематоды *A. simplex* в 2003–2015 гг.

Материал и методика

При выполнении этого исследования использованы данные, полученные в ходе экспедиций на научно-исследовательских судах ФГБНУ "ПИНРО" в 2003–2015 гг. в промысловых районах Баренцева моря. Исследование проб рыбы проводили методом неполного паразитологического вскрытия непосредственно на борту судна [6].

Для характеристики степени инвазии рыб личинками нематоды *A. simplex* в работе использованы общепринятые количественные показатели: экстенсивность заражения и индекс обилия [7, 8].

Объем исследованного материала составил 2 845 экз. рыб. Статистическая обработка результатов исследований выполнена с использованием программного обеспечения Microsoft Office и Quantitative Parasitology 3.0 [9, 10].

Результаты и обсуждение

Исследованию подвергалась преимущественно половозрелые рыбы. Средняя длина рыб, проанализированных в разные годы, составляла от 52,7 до 68,3 см. Минимальные и максимальные размеры исследованной трески, а также объем собранного материала по годам представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Количество и длина исследований трески в 2003–2015 гг.

Год	Количество исследованной рыбы, экз.	Длина, см		
		Мин.	Макс.	Средняя
2003	200	38	139	68,3
2004	155	35	128	63,1
2005	125	24	88	55,5
2006	177	23	87	53,3
2007	51	32	86	56,8
2008	179	21	96	54,1
2009	208	16	80	52,7
2010	221	31	91	60,7
2011	329	20	90	61,9
2012	325	24	93	64,5
2013	325	30	97	64,7
2014	275	25	96	62,4
2015	275	30	103	64,4

Установлено, что в течение всего периода наблюдений экстенсивность заражения была высокой и варьировала незначительно – от 96,6 % в 2006 г. до 100 % в 2013 г. (рис. 1).

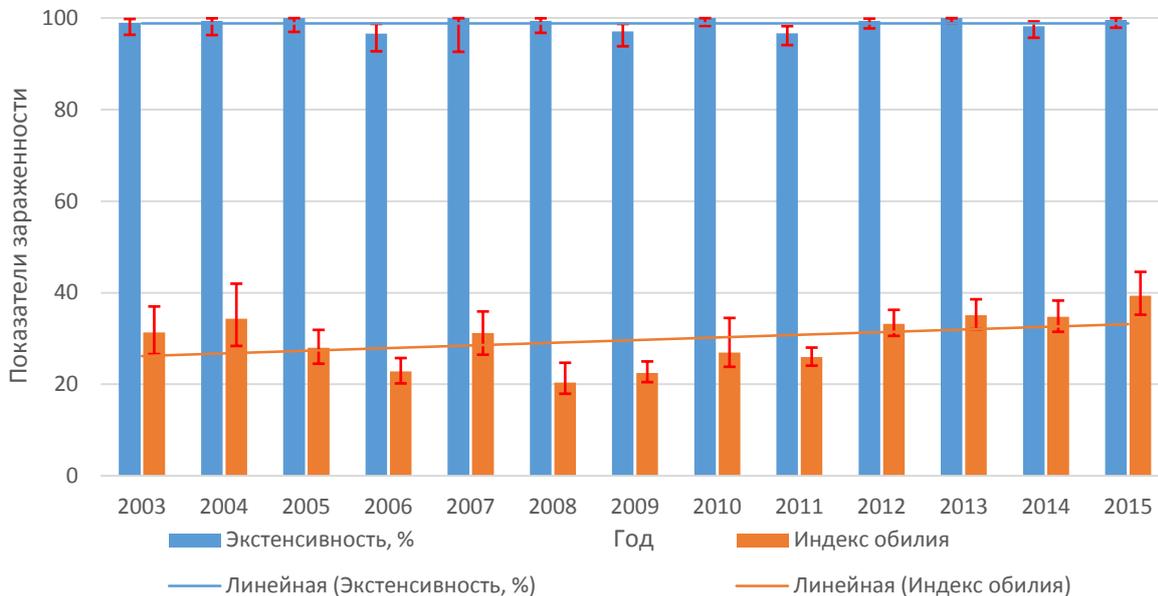


Рисунок 1 – Межгодовая динамика экстенсивности и индекса обилия инвазии трески нематодой *A. simplex* 1

По сравнению с экстенсивностью, индекс обилия изменялся в более широких пределах. В динамике этого показателя можно выделить два периода изменений.

В течение 2004–2006 гг. наблюдалось снижение индекса обилия с 34,4 до 22,8.

Следует подчеркнуть, что в 2007 г. произошел резкий скачок индекса обилия до 31,2. Возможно, это объясняется тем, что была исследована рыба больших размеров, чем в предыдущие годы.

В течение 2008–2015 гг. индекс обилия увеличивался с 20,5 до 39,3 и превысил уровень 2004–2006 гг.

Как видно из рис. 1, несмотря на флуктуацию индекса обилия, прослеживается тенденция в сторону увеличения численности личинок нематоды в промысловой треске Баренцева моря.

Атлантическая треска – активный хищник, к числу ее пищевых объектов относятся такие виды, как мойва и сайка, которые в то же время являются важными промежуточными хозяевами нематоды *A. simplex*. Это в значительной степени обуславливает высокие показатели зараженности крупной трески нематодой *A. simplex* 1.

Выводы

Таким образом, анализ межгодовой динамика инвазии личинками нематоды *A. simplex* атлантической трески Баренцева моря в период 2003–2015 гг. выявил тренд увеличения численности личинок нематоды в баренцевоморской треске.

Библиографический список

1. Гаевская А. В. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика. 2005. 223 с.
2. Сердюков А. М. Проблема анизакидоза // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. 1993. № 2. С. 50–54.
3. Audicana M. T., Ansotegui, I. J., de Corres, L. F., Kennedy, M. W., *Anisakis simplex*: dangerous – dead and alive? // Trends Parasitol. 18(1). 2002. P. 20–24.
4. Карасев А. Б., Бакай Ю. И. Оценка зараженности трески и окуня-клювача в Баренцевом море личинками анизакидных нематод // Материалы отчетной сессии по итогам НИР ПИНРО в 1992 г. Мурманск : ПИНРО. 1993. С. 220–231.
5. Карасев А. Б., Бакай Ю. И., Калашникова М. Ю., Бессонов А. А. Государственный мониторинг водных биологических ресурсов: паразитологические показатели безопасности промысловых рыб Северного бассейна // XII межд. науч.-практ. конф. “Балтийский форум ветеринарной медицины и продовольственной безопасности” (28-30 сент. 2016 г., СПб). URL:<http://baltvetforum.ru.swtest.ru/> (дата обращения 23.03.2017).
6. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. – Л. : Наука. 1985. 121 с.
7. Гаевская А. В. Паразитология и патология рыб : энциклопедический словарь-справочник (издание второе, дополненное и переработанное). – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика. 2006. 396 с.
8. Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. and Shostak, A. W. Parasitology Meets Ecology on Its Own Terms: Margolis et al. Revisited // Journal of Parasitology, 1997. 83 P. 575–583.
9. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. Практика. Москва. 1998. 459 с.
10. Reiczigel J, Rózsa L Quantitative Parasitology 3.0. Budapest. Distributed by the authors. 2005.

Влияние загрязнения окружающей среды на иммунитет человека

Троценко А. А. (*г. Мурманск, Мурманский филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России*)

Аннотация. Широкий спектр экологических факторов как естественного, так и искусственного происхождения в значительной мере влияет на уровень защитных сил организма человека. Одной из функций организма, обеспечивающей способность противостоять инфекционной нагрузке, является неспецифический иммунитет.

Abstract. A wide range of ecological factors of both natural and artificial origin extensively influence the level of host defenses of human's organism. One of the organism functions is nonspecific immunity providing the ability to oppose the infection load.

Ключевые слова: иммунитет, загрязнения окружающей среды.

Key words: immunity, environmental pollution.

Изучением экологически неблагоприятных воздействий на здоровье популяции занимается раздел медицины "environmental epidemiology", т. е. эпидемиология заболеваний, развивающихся вследствие негативного воздействия окружающей среды.

Организм, как живая система, характеризуется способностью через механизмы саморегуляции активно приспосабливаться к условиям внешней среды. Важным является выделение критериев начальных изменений, при которых реализуется вся дальнейшая программа функциональных расстройств.

Известно, что процессы эндокринного аппарата и центральной нервной системы обладают значительной компенсаторной способностью и активно участвуют в приспособлении организма к разнообразным факторам внешней и внутренней среды. Но основное условие, которое определяет сохранение гомеостаза, заключается в том, чтобы возникающие при действии неблагоприятных факторов среды адаптационные сдвиги не выходили за пределы резервных возможностей организма.

Загрязнение окружающей среды приводит к изменению биохимического гомеостаза, а, значит, и иммунитета человека. Компенсаторные механизмы, действующие в пределах клетки, могут иметь самостоятельное значение до тех пор, пока функциональная система в целом сохраняет относительное постоянство своих основных констант (рН, ферментативный и гормональный баланс и др.). Очевидно, устойчивость основных констант определяется тем,

что защитно-приспособительные (компенсаторные) реакции опережают в своем развитии нарастание эффекта иммунотропных экофакторов. Научные публикации, касающиеся исследований компенсаторных механизмов иммунитета у здоровых людей в условиях экологического неблагополучия, немногочисленны и часто носят предположительный характер.

В последние годы повсеместно ухудшается качество питьевой воды. Наиболее распространенными загрязняющими веществами являются: нефтепродукты, фенолы, соединения железа, отходы черной и цветной металлургии, отходы газовой, угольной и лесной промышленности; сельского и коммунального хозяйства, поверхностных стоков. Ухудшение качества воды не только ведет к увеличению вспышек кишечных инфекций, восприимчивости к респираторным инфекциям, но существенно влияет на микрофлору в организме вообще, что при определенных обстоятельствах может привести к хроническим патологическим процессам. Десятки видов микроорганизмов микрофлоры человека выполняют антагонистическую, витаминообразующую, ферментообразующую, бактерицидную, барьерную и другие функции. А в условиях повышенного промышленного загрязнения снижение функций анатомо-физиологического барьера приводит к развитию дисбактериоза.

На основании проведенных исследований экологии человека установлена связь между показателями суммарного загрязнения атмосферного воздуха и заболеваниями инфекционного характера у жителей различных городов Иркутской области. [1] Процент жителей, часто болеющих острыми инфекционными заболеваниями, более высок в загрязненных районах по сравнению с менее загрязненными. Воздействие качества окружающей среды подтверждают данные Иванова А. В.: распространенность гастродуоденальной патологии среди детей г.Казани, употребляющих питьевую воду низкого качества, составляет 60 %, что в 3 раза превышает аналогичный показатель в контрольной группе [2].

Существует тесная взаимосвязь микробиоза кожи, слизистых оболочек и клеток крови в ответ на неблагоприятные факторы окружающей среды. В коже был обнаружен целый ряд пептидов, предохраняющих кожу от вторжения патогенных агентов. Повреждение кожи, или появление патогенного агента приводит к резкому усилению синтеза этих пептидов кератиноцитами и высвобождению их из гранул нейтрофилов, мигрирующих на это место. Синтезируемые кератиноцитами, нейтрофилами и тучными клетками пеп-

тиды – кателицидины (cathelicidins) превращаются в нейтрофилах в активные антимикробные пептиды, способные уничтожить бактерии, грибы и вирусы. Кроме того, эти пептиды способствуют утилизации токсичных веществ из кровеносного русла, чем значительно усиливают неспецифический иммунный ответ организма в условиях промышленного загрязнения.

Результаты исследований Сулейманова Р. А. свидетельствуют о неблагоприятном влиянии выбросов биохимкомбината г. Благовещенска на иммунный статус детей в возрасте от 6 месяцев до 15 лет: повышается содержание иммуноглобулинов и лимфоцитов в периферической крови, снижается фагоцитарная активность клеток крови. При наличии хронической патологии у детей промышленных городов на фоне сниженного фагоцитарного показателя уровень иммуноглобулинов, наоборот, снижается [3].

В качестве примера воздействия на иммунную систему производственных факторов можно привести результаты обследования рабочих двух нефтепромыслов (Осинского и Гежского), добывающих нефть в зоне проведения подземных атомных взрывов [4]. У обследованных нефтяников по сравнению с группой здоровых взрослых мужчин, проживающих в экологически благополучном районе г. Перми, было обнаружено тотальное снижение численности лимфоцитов и угнетение активности фагоцитоза. Есть результаты десятилетних исследований иммунной системы детей, проживающих в районах экологического неблагополучия в Пермской области. Было установлено, что в этой группе обследованных к 5-летнему возрасту снижается численность лимфоцитов и активизируется фагоцитоз (по сравнению с показателями детей того же возраста, проживающих в экологически благоприятном районе). Следует отметить, что к 9-летнему возрасту повышение активности сменялось угнетением фагоцитоза, а к пубертатному периоду данный показатель вновь превышал уровень поглотительной способности фагоцитов по сравнению с детьми, проживающими в благоприятном районе.

В условиях промышленного загрязнения бактерицидная активность моноцитов и нейтрофилов периферической крови активизируется на фоне сниженной функции анатомио-физиологического барьера. Например, у 85 % жителей п. Надвоицы, Сегежского района Республики Карелия в периферической крови выявлен моноцитоз (увеличение содержания моноцитов), что объясняется повышенным содержанием в окружающей среде (почве, воде, воздухе) промышленных отходов от Надвоицкого алюминиевого завода [5, 6].

В научных источниках обращают на себя внимание результаты высоких показателей неспецифической резистентности детей всех возрастных групп в промышленных регионах Республики Карелия, в частности, лизоцима слюны, на фоне сниженного количества лимфоцитов и фагоцитарной активности клеток крови. Это говорит о достаточно высоких компенсаторных реакциях детского организма в эти возрастные периоды. Данные результаты связывают с несколько повышенным уровнем естественного гамма-фона в этой местности, оказывающим стимулирующее действие на иммунную систему. Предполагается, что механизм защитного действия малых доз радиации включает повышение иммунной компетенции.

Первичный иммунный ответ на промышленное загрязнение сопровождается дисбактериозом – снижением бактерицидной активности кожи и процентного содержания стрептококков в составе микрофлоры полости рта. В сочетании с нарушением красного кроветворения и недостатком витаминов дисбактериоз является общим фоном для течения всех физиологических и патологических процессов в организме. При длительном воздействии неблагоприятных условий среды дисбиотическое состояние может стать основой для возникновения хронической патологии.

Рост и развитие организма обусловлены действием генетических (наследственных, внутренних – эндогенных) факторов. Проведенные исследования в непромышленных районах позволили выдвинуть предположение о существенном влиянии иммунного резерва родителей на формирование иммунитета детей. Частота регистрации дефектов неспецифической иммунной защиты у детей коррелирует с низким общим иммунным статусом матери. Указанная закономерность определяет, в большей степени, влияние генетики и значимость условий жизни в формировании неспецифической резистентности, когда речь идет об экологически зависимых нарушениях в организме.

Цитохимическая регистрация параметров периферической крови человека отражает иммунный статус на определенный момент времени, а стабильное отклонение в исследуемой биологической жидкости может служить индикатором начинающихся изменений гомеостаза и развития патологических состояний вследствие воздействия иммунотропных экофакторов [7, 8]. Например, углеводный обмен в клетках крови является неспецифической ответной реакцией. Как было сказано выше, у жителей промышленных населённых пунктов регистрируется частая хроническая заболеваемость. Это со-

провождается уменьшением гликогенового показателя в лейкоцитах на фоне сниженной функции анатомо-физиологического барьера. Число гликогенсодержащих лейкоцитов может уменьшиться из-за реакции крови на недостаточность обсемененности кожи и слизистых нормальной микрофлорой, и что, в свою очередь, способствует проникновению патогенных форм микрофлоры в организм человека. Также содержание гликогена в клетках, возможно, уменьшается за счет потери энергии в ходе фагоцитоза. Сниженное количество гликогена может быть и из-за затрат энергии на противостояние болезни, либо сама болезнь прогрессировала за счет нехватки в клетках энергетического базиса изначально.

Есть данные о нарушении функций гуморального иммунитета у лиц, проживающих на загрязненных радионуклидами (преимущественно стронцием и цезием) территориях Гомельской и Могилевской областей Беларуси [9]. В частности, показано, что у людей, проживающих в условиях промышленного загрязнения, резко снижается уровень лизоцима в биологических жидкостях.

Таким образом, в ходе формирования иммунного ответа на факторы окружающей среды происходят изменения и на уровне анатомо-физиологического барьера, и в составе крови. Стойкое изменение показателей периферической крови может служить индикатором изменения резистентности организма и развития патологических состояний в ответ на промышленное загрязнение.

Общий результат клинических и экспериментальных исследований позволяет сделать вывод, что промышленный фактор влияет на функционирование иммунной системы и может приводить к развитию экологически обусловленного вторичного иммунодефицитного состояния.

Библиографический список

1. Савилов, Е. Д. Особенности инфекционной патологии у детей в условиях техногенного загрязнения атмосферного воздуха / Е. Д. Савилов // Гигиена и санитария. – 2002. – № 1. – С. 31–33.
2. Иванов, В. Д. Оценка местного иммунитета слизистых оболочек дыхательного тракта в диагностике донозологических состояний / В. Д. Иванов, А. К. Маковецкая, Е. А. Смагина // Гигиена и санитария. – 2004. – № 6. – С. 54–56.

3. Сулейманов, Р. А. Особенности здоровья детского контингента, проживающего в районе размещения Башкирского биохимкомбината / Р. А. Сулейманов // Гигиена и санитария. – 2005. – № 3. – С. 17–19.

4. Черешнев, В. А. Экология, иммунитет, здоровье [Электронный ресурс] : (по материалам лекции, прочитанной на конференции Соровских учителей Свердловской области 3–4 ноября 1999 г.) / В. А. Черешнев // Фундаментальная экология : научно-образовательный портал / Каф. общей экологии Биолог. фак. МГУ им. М. В. Ломоносова, Ин-т проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://www.sevin.ru/fundecology/humanecology/Chereshnev.html>, свободный. – Загл. с экрана.

5. Троценко А. А., Будилова Е. В., Журавлева Н. Г. Методика оценки экологического состояния городской среды на основе характеристик неспецифической резистентности организма человека // Руководство по изучению городской среды. Экологические и социально-психологические аспекты. Науч. Ред. Проф. Д. Н. Кавтарадзе. – М., 2015.

6. Троценко А. А., Будилова Е. В., Журавлёва Н. Г. Показатели резистентности организма человека как биоиндикатор качества окружающей среды // Доклады по экологическому почвоведению. 2013. Вып. 18, № 1. – С. 99–113.

7. Троценко А. А., Влияние окружающей среды на неспецифический иммунитет жителей Республики Карелия и Мурманской области / Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (МГУ). Москва, 2011. – 266 с.

8. Троценко А. А., Чувствительность показателей крови к региональному фактору / Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств материалы междунар. науч.- практ. конф., Мурманск, 17 апреля, 2015 г.: в 2 ч.: ч.1 / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. Образования "Мурм. гос. техн. ун-т". – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. 296 с. С. 231–237.

9. Галицкая, Н. Н. Состояние гуморального иммунитета у детей, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях / Н. Н. Галицкая // Здравоохранение Беларуси. – 1992. – № 6. – С. 7–9.

Непрерывный экологический контроль водной среды

Гудимов А. В. (*г. Мурманск, Мурманский морской биологический институт, лаборатория зообентоса*)

Аннотация. Современный подход к экологическому биомониторингу основан на непрерывном контроле экологической безопасности среды. До настоящего времени нет ни одной постоянно действующей системы оперативного контроля экологической ситуации в море. Разработка новой биотехнической системы оперативного (он-лайн) мониторинга с применением двустворчатых моллюсков (БСМол) была основной целью данного исследования.

Abstract. Contemporary approach to ecological biomonitoring is based on the on-line control of environmental safety. There is not any system of online ecological monitoring in the sea under operating, so far. The main aim of the research is the development of online biomonitoring system with bivalves.

Ключевые слова: оперативный биомониторинг, двустворчатые моллюски, поведение, биосенсоры, экологическая безопасность.

Key words: online biomonitoring, bivalve, behavior, biosensors, environmental safety.

До настоящего времени нет ни одной постоянно действующей системы оперативного контроля экологической ситуации в море. За рубежом такая система есть только на реках Германии.

Экологический контроль морских вод все еще сводится к традиционному мониторингу, т. е. отбору проб, по результатам которого мы с определенной долей вероятности узнаем о возможной экологической ситуации в море... в прошлом, т. е. неизбежно с большим опозданием – до нескольких лет. Поэтому всегда остается неизвестным – испытывают ли в настоящее время конкретные сообщества и экосистемы какую-то экологически опасную антропогенную нагрузку (загрязнение, токсиканты и др.) или вредного воздействия нет.

В современных условиях автоматизации и роботизации всех видов рутинной деятельности, применение информационных и компьютерных технологий в экологическом мониторинге – веление времени. Фактически, это единственная перспектива развития экологического биомониторинга

Новейшие технологии экологического контроля водной среды лежат в области автоматического непрерывного (он-лайн) биомониторинга и опе-

ративной биоиндикации с использованием систем "раннего предупреждения" (biological early warning systems, – BEWS) и организмов-биосенсоров (их можно назвать *оперативными биоиндикаторами* -online bioindicators).

Использование оперативных биоиндикаторов, в частности, параметров физиологических и поведенческих реакций организмов, позволяет выявить степень опасности загрязнения на очень ранних стадиях воздействия, когда оно еще не проявляется биохимическими, морфологическими или структурными изменениями биосистем разного уровня.

Фактически, любая непрерывная регистрация функционального состояния организма-биосенсора в зависимости от изменений среды обитания, является предметом *оперативного биомониторинга*. В то время как оперативная, т. е. быстрая и достоверная оценка экологических изменений природной среды по биологическим показателям – предмет *оперативной биоиндикации*.

Современные технологии биосенсорного автоматического мониторинга и оперативной биоиндикации основаны, главным образом, на поведенческих реакциях водных животных, часто, двустворчатых моллюсков (беззубка, дрейссена, мидия, гребешок и др.).

Поведение мидий и других моллюсков, ведущих прикрепленный образ жизни, выражается, преимущественно, в движениях их створок. Известны и другие формы поведения мидий, такие как прикрепление биссусом, перемещение по субстрату и даже под пленкой поверхностного натяжения при помощи ноги, а также открепление и плавание – перенос течением в другие местообитания, но доля этих форм поведения незначительна.

В отличие от пресноводных моллюсков, как отдельные поведенческие реакции, так и общие закономерности поведения морских двустворчатых моллюсков слабо изучены. Не установлены количественные зависимости поведения моллюсков от основных экологических факторов и их природных колебаний.

Основным классическим методическим подходом к изучению поведения является регистрация поведенческих реакций в виде этограммы, представляющей собой запись последовательности и длительности поведенческих актов животного (хронометраж наблюдений). Этот подход оказался плодотворным как в общей этологии и хронобиологии, так и в токсикологии.

Записи поведенческих реакций двустворчатых моллюсков называются актограммами, изначально получаемыми в лабораторных условиях с по-

мощью механических кимографов и актографов-самописцев (рис. 1). В частности, для исследования поведения мидий Баренцева, Белого, Балтийского и Черного морей нами сначала использовались оригинальные механические актографы-самописцы как в аквариальных, так и в природных условиях (1985–2008).



Рисунок 1 – Пример суточной актограммы баренцевоморской мидии *Mytilus edulis*

По их записям были получены первые результаты исследования диапазона поведенческих реакций моллюсков в норме, в различных экспериментальных условиях и под воздействием различных токсикантов, а также, обязательно, в природных условиях.

Аналоговые записи давали моментальное и полное представление об изменении поведения за прошедший период времени, но требовали весьма трудоемкой мануальной обработки полученных кривых для "перевода в цифру", т. е. оцифровке данных и их математического анализа.

Переход к электронно-компьютерным комплексам упростил процедуру регистрации поведенческих реакций и сделал исследование поведенческих актов движений створок более оперативным и удобным благодаря непрерывности и изначально цифровой кодировке актограмм (рис. 2).

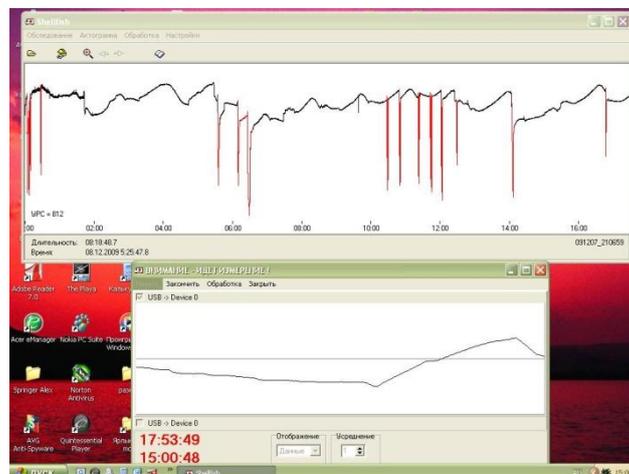


Рисунок 2 – Электронно-компьютерная регистрация поведенческих реакций мидий (цифровые актограммы)

Прежде чем выявлять наличие тех или иных элементарных поведенческих актов у мидий, необходимо было установить, какие типы поведенческих актов известны у других двустворчатых моллюсков-сестонофагов, каковы их названия и классификация. Оказалось, что классификация поведенческих актов двустворчатых моллюсков не разработана, а их названия могут отличаться по смыслу и не всегда являются терминологически однозначными, едиными.

Поэтому, на примере мидий была составлена первая классификация поведенческих актов двустворчатых моллюсков.

Следует отметить, что в исследованиях поведенческих реакция двустворчатых моллюсков Россия всегда находилась в авангарде. Первые эксперименты по изучению поведенческих реакций пресноводных моллюсков – беззубок были проведены лауреатом Нобелевской премии академиком И. П. Павловым в конце XIX в.

В дальнейшем в СССР эти работы были продолжены в 1950-х гг., но были ограничены областью исследования физиологии организмов. С 1970-х начинается применение поведения моллюсков в биотестировании.

Непрерывный или оперативный (он-лайн) биомониторинг и оперативная биоиндикация выросли из биотестирования проточной воды, прежде всего, сточных вод.

Первые прикладные работы по использованию поведенческих реакция моллюсков для контроля токсичности водной среды относятся к 1984 г. Разработанный во Всесоюзном научно-исследовательском институте по охране вод (ВНИИВО, г. Харьков) "Биологический сигнализатор токсичности сточных вод по реакции закрывания створок раковины моллюсков СБ-2" эксплуатировался в составе автоматизированной системы контроля сброса сточных вод двух производств на р. Сев. Донец с 1984 г. СБ-2 был самым передовым устройством такого типа, так как первые европейские аналоги биосигнализатора как *biological early warning system (BEWS)* появились на 3–5 лет позже.

Установки непрерывного биотестирования вод с использованием моллюсков также были разработаны и применены в нашей стране в числе первых в мире.

Первые разработки в данном направлении иллюстрируют техническую основу непрерывного мониторинга.

А. В. Рязанов, А. Н. Крайнюкова и А. Г. Васенко в 1986 г. получили авторское свидетельство №2929006/28-13 "Устройство для биологической оценки токсичности вод". Цель изобретения – автоматизация процесса оценки токсичности воды и обеспечения ее достоверности и оперативности.

Для достижения поставленной цели в данном устройстве для биологической оценки токсичности воды, имелся резервуар для размещения моллюсков, заполняемый исследуемой водой, и прибор, регистрирующий движение створок моллюсков с сигнальным реле и резисторами, число которых было равно количеству моллюсков, размещенных в резервуаре (рис. 3).

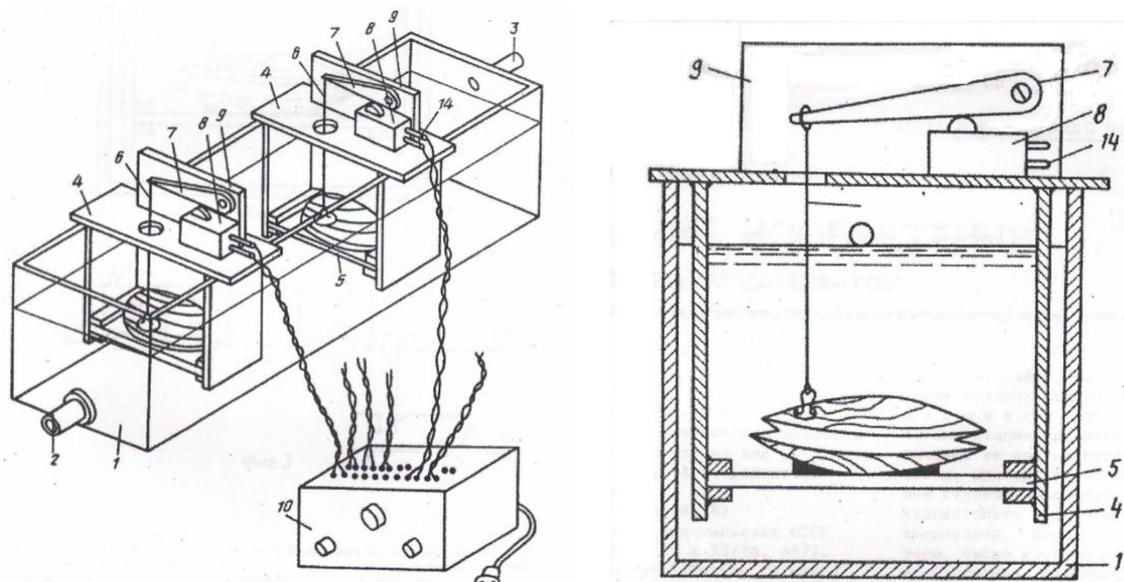


Рисунок 3 – Элементы устройства биологической оценки токсичности воды:
1 – резервуар; 4 – кассеты; 5 – съемная полка, для закрепления моллюска; 7 – рычаг;
8 – замыкатель; 14 – вывод к сигнальному реле

Через резервуар 1 протекает постоянно контролируемая вода. Если вода нетоксична, то большинство моллюсков держат свои створки приоткрытыми, и для обеспечения дыхания пропускают воду через себя. Если в контролируемой воде поступающей в резервуар 1 появятся какие – либо токсичные вещества, воздействующие на организм моллюска, последний прикрывает свои створки, изолируясь от неблагоприятных для него условий. При закрытии створок развивается значительное усилие, которого вполне достаточно для поворота рычага 7 посредством тяги 6 и срабатывания замыкателя. При срабатывании большинства или всех замыкателей ток через обмотку реле достигает тока срабатывания. Это в свою очередь приводит к замыканию контактов реле и включению, например, сигнальной лампы, которая сигнализирует о повышении токсичности контролируемой воды.

При замене моллюсков вместе с полками 5 вставляют в кассеты 4 и присоединяют от верхних створок через тягу 6 к рычагу 7.

Такие первые системы оперативного контроля токсичности еще не были системами оперативного биомониторинга, так как относились к искусственным условиям (работа на станциях) и лабораторным экспериментам.

Для превращения биотестирования на станциях в полноценную оперативную биоиндикацию на базе он-лайн биомониторинга одних лабораторных биотестов недостаточно, нужны полевые исследования и испытания приборов и методов в природной среде.

Дело в том, что реакции организмов в лаборатории и природе неодинаковы и могут значительно отличаться не только по чувствительности, но и даже по направлению ответа на изменения факторов среды.

Основу современного он-лайн биомониторинга положила биологическая система оповещения под названием Musselmonitor (Mosselmonitor) разработанная в Нидерландах в 1995 и применяемая по настоящее время в ряде европейских стран. Данная установка может быть использована уже не только в контролируемых, но и в природных условиях. Musselmonitor по структуре напоминает установку СБ-2 и представляет собой коробчатый корпус, в котором размещены моллюски. Организмом-биосенсором в этом приборе является, например, мидия, которая реагирует на изменения в среде. Поведение каждой мидии измеряется и оценивается по отдельности. На каждую из створок моллюска устанавливают по электромагнитному датчику так, чтобы они были расположены строго навстречу друг другу. Сигналы от датчиков поступают в компьютер и с помощью специального программного обеспечения анализируются и визуализируются в виде графиков. При достижении порогового значения определенных параметров, таких как величина открытия створок, продолжительность времени закрытия и открытия в минуту или других, определяемых экспертом, выводится сигнальное сообщение о том, какое отклонение параметра вызвало тревогу. До настоящего времени система использовалась широко, но только в ограниченных условиях, достаточно выровненных (таких, как питьевая вода; отводы речных вод и стоков по специальным лоткам-желобам) и спокойных (в тихих прибрежных местах, на специальных станциях).

Наша установка БСМол разработки 2016 г. относится к системам он-лайн биомониторинга последнего поколения (рис. 4).

Общим структурным прототипом биотехнического комплекса БСМол, как и других известных систем, послужили BEWS типа – Musselmonitor, Dreissenamonitor.

Как Musselmonitor и многие BEWS, система БСМол использует поведенческие реакции двустворчатых моллюсков и магнитоэлектрические датчики движений створок. Вместе с тем, БСМол имеет ряд принципиальных технических, методических отличий и ноу-хау, она намного дешевле и проще в эксплуатации, является беспроводной и удаленно соединена с Интернет.

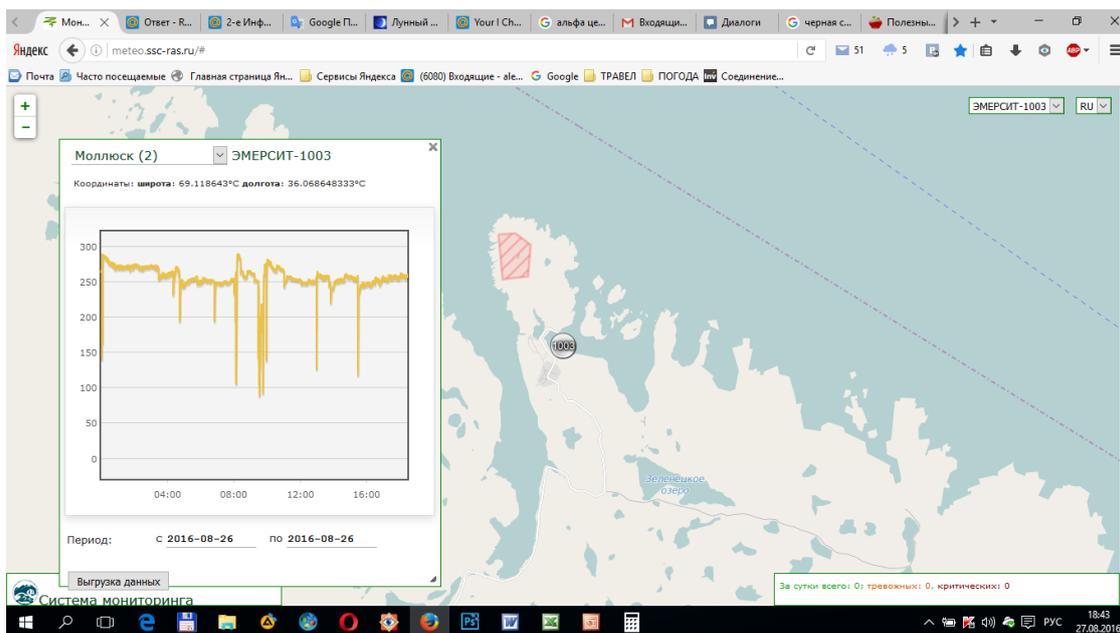


Рисунок 4 – Дистанционная он-лайн регистрация поведенческих реакций мидий (цифровая актограмма), находящихся на глубине 10 м губы Дальняя Зеленецкая, 2016-2017 гг; сайт ЮНЦ РАН

Поэтому БСМол, вслед за разработанной в ММБИ технологией оперативного экологического биомониторинга и биоиндикации в режиме реального времени, не имеют на сегодня альтернативы для морских экосистем.

Morphological traits of the structure of the digestive tract in *Cyclopterus lumpus*

Жомова А. И.¹, Журавлева Н. Г.², Oddvar Ottesen³

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии, e-mail: stasiazh@mail.ru)

² (г. Мурманск, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН)

³ (г. Будё (Норвегия), Норд университет)

Аннотация. В целях усовершенствования биотехнологии выращивания пинагора, необходимо изучение особенностей онтегенетического развития.

Процесс перехода от эндогенного к экзогенному питанию является одним из главных периодов в развитии личинок.

Abstract. In order to improve the biotechnology of growing *Cyclopterus lumpus*, it is necessary to study the features of ontogenetic development.

The process of transition from endogenous to exogenous nutrition is one of the main periods in the development of larvae.

Ключевые слова: пинагор (*Cyclopterus lumpus*), "морская вошь" (*Lepeophtheirus salmonis*), марикультура лосося.

Key words: lumpfish (*Cyclopterus lumpus*), salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*), salmon mariculture.

Infestations by the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, is a major fish health problem facing the Atlantic salmon industry. This ectoparasitic copepod has a large impact on the economy of fish farmers due to costly treatment procedures, reduced growth, increased feed wastage and reduced market quality of the final product (Fig. 1).



Figure1 – Damage to the skin of the salmon by a crustacean *Lepeophtheirus salmonis*

The aquaculture industry has relied heavily upon the use of chemotherapeutic treatments either as bath treatments (such as hydrogen peroxide and organophosphates) or, more recently synthetic pyrethroids (cypermethrin and deltamethrin) or using an in-feed treatment with emamectin benzoate [1].

Accordingly, a cost-effective and environmentally sustainable alternative to chemotherapeutic treatments is an urgent priority for the aquaculture industry.

One of the main alternative to pharmaceutical methods and therefore ecological way of sea lice control is the use of cleaner fishes, which form a symbiotic relationship with salmon by removing the sea lice attached to salmon skin [2]. Currently, goldsinny wrasse (*Ctenolabrus rupestris*), corkwing wrasse (*Symphodus melops*), rock cook (*Centrolabrus exoletus*) and juvenile ballan wrasse (*Labrus bergylta*) are four wrasse species used as cleaner fish in Norway [3]. Among them, ballan wrasse (*Labrus bergylta*) is more popular and high effective on fish farms. This species is most suitable in biological delousing on larger salmon production due its largest size. However, the wrasses are very sensitive to the low temperatures ($< 6\text{ }^{\circ}\text{C}$) that lead to inability of feeding for winter and ultimately to mortality. This a serious limitation for use in many farms of northern regions [2, 4].

Another species that is preferable as a cold-water alternative to wrasses is lumpfish for environmental and economical reasons is the lumpfish or lump-sucker (see section 1.1). As H. Chilvers (2013) reported, lumpsuckers have several main advantages over wrasses: they are more robust, hardy with faster growth rate (5–6 cm for 4–5 months compared to 1.5 years), greater temperature range tolerance (from 4–7°C and lower) with ability to feed all year round, easier to farm and less susceptible to vibrio infection. Furthermore, lumpfish can be used at a greater density than wrasse (10 % compared to 4 %) [2].

In view of this, the use of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) as a form of biological pest control represents a viable alternative to the use of chemicals.

The main obstacle to large-scale use of *Cyclopterus lumpus* for aquaculture is the limitations of their population in the wild, and the fact that the hatchery produced lumpsucker are few in numbers.

To do this, it is important to develop their biotechnology breeding. Development of biotechnology of growing of lumpfish in a great deal depends on determination of optimal terms growing of larvae and young with the purpose of receipt of viable posterity of *Cyclopterus lumpus* (Fig. 2).

The larval stage is a key period in the ontogeny of the fish, when there are significant changes in the structure, physiology, size and morphology. Thus, over the last twenty years numerous studies are devoted to investigations of fish larvae development, namely ontogeny and functioning of the digestive tract.



Figure 2 – *Cyclopterus lumpus* smolt

The body of fish is constantly spending energy and therefore it must constantly replenish it by exogenous feeding [5]. From the opening of the mouth (day 5), fish progressively combines exogenous feeding with endogenous and completely converted to exogenous feeding when yolk and oil globule are totally depleted (day 15).

It is well known that the nutritional requirements of larval fish are different from juveniles and adult fish [6, 7; 8]. The successful artificial larval feed or diet preparation must satisfy essential species-specific requirements for amino and fatty acids, vitamins, minerals and macronutrients (protein, lipid, carbohydrate) to ensure proper development and high survival rates during the early life stages [9; 6].

For optimal selection of feeds, you need to study the digestive system. Histological studies show the structure and state of the digestive tract during development of the larvae.

Normally, the digestive tract of larvae of lumpfish is represented by oral cavity, esophagus, stomach, midgut and hindgut (Fig 3, 4, 5).

The digestive tract is wide with a sphincter dividing the mid- and hind-gut. Esophagus and hindgut of the intestine there are longitudinal folds of the mucosa, in the middle section of the intestine transverse folds, which leads to an increase in the suction surface. The middle section of the intestine is surrounded by columnar epithelial cells with branched microvilli on the apical surface. Feed objects passing through the esophagus accumulate in the middle part of the intestine. In the basal part of the folds there are "lacunae" containing blood cells that transport nutrients. Overflow of the intestine with food and inadequately selected food can cause mucosal damage.

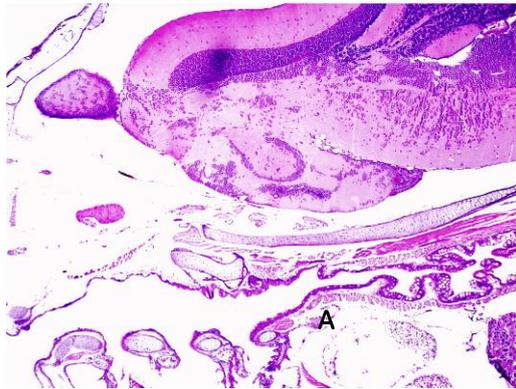


Figure 3 – A – pharynx; B – esophagus

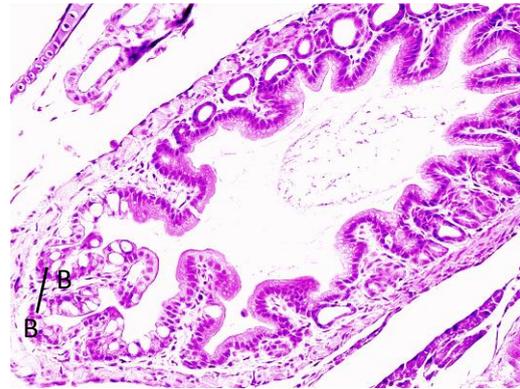


Figure 4 – Stomach

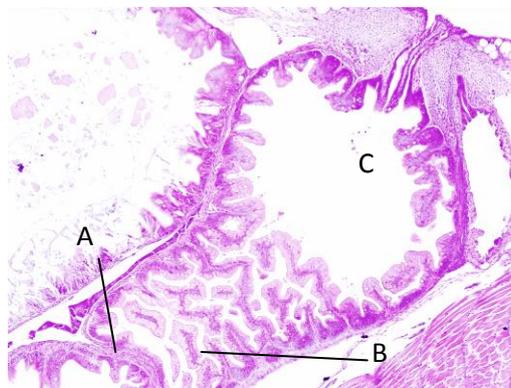


Figure 5 – A – midgut; B – sphincter; C – hindgut

The use of solid and dry forages leads to damage to the intestinal epithelium, the onset of inflammatory processes and the death of larvae.

References

1. Denholm, I., Devine, G. J., Horsberg, T. E., Sevatdal, S., Fallang, A., Nolan, D. V., Powell, R., 2002. Analysis and management of resistance to chemotherapeutants in salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) (Copepoda: Caligidae). *Pest Manag. Sci* 58, 528536.

2. Chilvers, H. S. (2013). Lumpfish: The latest weapon in the battle against sea lice? Available from: <http://www.thefishsite.com/articles/1787/lumpfish-the-latest-weapon-in-the-battleagainst-sea-lice/> (accessed 02.12.2013).

3. Skiftesvik, A. B., Blom, G., Agnalt, A. L., Durif, C. M. F., Browman, H. I., Bjelland, R. M., Harkestad, L. S., Farestveit, E., Paulsen, O. I., Fauske, M., Havelin, T., Johnsen, K., Mortensen, S. (2014). Wrasse (Labridae) as cleaner fish in salmonid aquaculture – the Hardangerfjord as a case study. *Marine Biology Research* 10(3): 289–300.

4. Imsland, A. K., Reynolds, P., Eliassen G., Hangstad, T. A., Foss, A., Vikingstad, E., Elvegård, T. A. (2014). The use of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) to control sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestations in intensively farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 424–425: 18–23.

5. Stroganov N. S. (1962). *Ekologicheskaja fiziologija ryb* [Ecological physiology of fish]. Moscow, MGU 1: 444.

6. RCN (2009). The fish larva: a transitional life form, the foundation for aquaculture and fisheries. Report on research on early life stages of fish. The Research Council of Norway, Oslo.

7. Zambonino- Infante, J. L., Cahu, C. L. (2010). Effect of nutrition on marine fish development and quality. In: *Recent advances in aquaculture research*: 103–124.

8. Piccinetti, C. C., Tulli, F., Tokle, N. E., Cardinaletti, G., Olivotto, I. (2013). The use of preserved copepods in sea bream small-scale culture: biometrical and molecular implications. *Aquaculture Nutrition* 20: 90–100.

9. Leaver, M. J., Bautista, J. M., Björnsson, T. B., Jönsson, E., Krey, G., Tocher, D. R., Torstensen, B. E. (2008). Towards fish lipid nutrigenomics: current state and prospects for fin-fish aquaculture. *Reviews in Fisheries Science* 16: 73–94.

Экологические и этологические особенности арктического гольца

Журавлева Н. Г. (г. Мурманск, Мурманский морской биологический институт, лаборатория ихтиологии, e-mail: NonnaZh@yandex.ru)

Аннотация. Анализ экологических и этологических особенностей арктического гольца связан с практикой рыборазведения ценных видов рыб. Изучение литературы касающейся особенностей морфологических и экологических изменений арктического гольца в сезонном и возрастном аспектах показало, что он имеет ограниченную толерантность к высокой солености, а также к сочетанию низкой температуры и солености. В настоящее время арктического гольца рассматривают как потенциальный объект аквакультуры.

Abstract. Analysis of ecological and ethological features of arctic char is associated with the practice of fish farming of valuable fish species. A study of the morphological and ecological changes in the seasonal and age-related aspects of arctic char has shown that it has limitations on tolerance to high salinity, and also to a combination of low temperature and salinity. At present, arctic char is considered a potential aquaculture object.

Ключевые слова: аквакультура, арктический голец, солоноватая вода, океаническая соленость, темпы роста, анорексия, гиперфагия, компенсаторный рост.

Key words: aquaculture, arctic char, brackish water, oceanic salinity, rate of growth, anorexia, hiperphagia, compensatory growth.

Арктический голец принадлежит к семейству лососевых, роду *Salvelinus*, имеет самое северное распространение из всех пресноводных и анадромных видов рыб, и, согласно некоторым оценкам, в мире насчитывается более 50 000 популяций гольцов, большинство из которых населяет озера Скандинавских стран [1]. Арктический голец чрезвычайно полиморфен с точки зрения экологической и фенотипической изменчивости с большой диверсификацией в характеристиках жизненного цикла между и внутри разных штаммов. Анадромные арктические гольцы обычно остаются в соленой воде только в летние месяцы, где они быстро растут и достигают значительной степени жирности за относительно короткое время [2]. Затем они проводят остаток года в пресной воде, либо нерестятся поздней осенью, либо живут осенью и зимой в бедной пищевыми ресурсами и холодной окружающей среде пресных вод.

Развитие методов выращивания арктического гольца началось в скандинавских странах и Канаде в 70-х гг. прошлого века. С тех пор производство арктического гольца в мире медленно, но неуклонно растет и достигает в настоящее время 6 000 т. Исландия является ведущим производителем арктического гольца с годовым объемом производства около 3 500 т в 2012 г.

Арктический голец имеет несколько особенностей, которые делают его перспективным видом для товарного выращивания. Он имеет относительно хорошие темпы роста при низких температурах, его можно выращивать при высокой плотности посадки и имеет хорошее качество мяса. Причина того, что мировое производство арктического гольца оставалось низким, связана с такими факторами, как ограниченная температурная толерантность, ограниченная переносимость морской воды океанической солености, переменный рост и ограниченность рынков сбыта для продукции. Усилия и успехи в области исследований, разработок и маркетинга в течение последних 30 лет позволили решить некоторые проблемы и обеспечить медленное, но стабильное развитие.

Способ выращивания арктического гольца сходен с таковым для атлантического лосося, за исключением того, что фаза выращивания арктического гольца не происходит в морской воде океанической солености из-за ограниченной толерантности к солености морской воды. В Исландии основная часть производства выращиваемого арктического гольца находится в прибрежных фермах в солоноватой воде со стабильными температурами выращивания за счет использования геотермальных источников. Сначала выращивание молоди (до 50–70 г) происходит в наземных пресноводных хозяйствах, затем следует выращивание в наземных хозяйствах или в садках, предлагающих различную степень контроля факторов окружающей среды, таких как температура выращивания, соленость и фотопериод.

В Швеции арктического гольца выращивают, главным образом, в садках, расположенных в бедных трофическими ресурсами пресноводных реках, деградировавших в результате производства гидроэлектроэнергии. В этих случаях имеются ограниченные возможности для контроля факторов окружающей среды, но издержки производства ниже по сравнению с наземными фермами. И в Швеции и в Исландии имеются современные селекционные станции, где проводят работы по выведению пород гольца с заданными параметрами и свойствами.

Фермы, применяющие технологию выращивания в рециркуляционных системах (УЗВ), имеют возможность регулировать абиотические факторы, влияющие на рост и питание. Температуру выращивания можно регулировать и в наземных хозяйствах, имеющих доступ к геотермальному теплу, или горячим сточным водам промышленных предприятий.

В экспериментах нижний и верхний температурные пределы для роста семи популяций арктического гольца изменяли от 1,7 до 5,3 и от 20,8 до 23,2 °С,

причем максимальный темп роста наблюдали в диапазоне от 14,4 до 17,2 °С [4]. В этом же исследовании было продемонстрировано, что арктический голец из популяций, питающихся рыбой, показал более высокие темпы роста, чем из популяций, питающихся зообентосом или зоопланктоном в дикой природе. Это согласуется с наблюдаемым потенциалом роста у различных штаммов, используемых для селективного разведения в Швеции [3] и Исландии [5], где штаммы piscivore (ихтиофаги) обладают наибольшим потенциалом роста. Эффективность роста арктического гольца максимальна при температурах ниже 10 °С.

Основным достоинством арктического гольца как объекта аквакультуры в северных регионах считается его устойчивость к низким температурам, но при этом в таких условиях он растет крайне медленно, его линейные размеры и прирост массы тела увеличиваются незначительно в течение года. Арктический голец за три года выращивания (от вылупления из икры) при низкой температуре достигает массы всего 100 г (личные коммуникации).

Все анадромные лососевые рыбы мигрируют между пресной и морской водой. Виды рода *Salvelinus* обычно "менее проходные", чем их родственные виды, принадлежащие к разновидностям рода *Salmo* [6]. Большое отличие арктического гольца от остальных лососевых и, в частности, от семги в том, что последняя настоящая анадромная рыба, а арктический голец, на наш взгляд, "факультативно" анадромная, а вернее факультативно-анадромная рыба. Семга после ската может жить постоянно в море при океанической солености 33–36 ‰ в течение 4–5 лет в зависимости от степени созревания половых продуктов, т. е. до нереста. Гольцы же заходят в эстуарии в основном для откорма самое большее на два месяца и снова возвращаются в озеро на зимовку. Последние изыскания показали, что в некоторых случаях гольцы возвращаются из эстуария в реку каждые 9 дней. Таким образом, степень устойчивости к солености у них низкая, возможно, она увеличивается с возрастом. Однако, этот вопрос пока остается открытым. Выявлены генетические типы вариации гольца по отношению к солености.

Арктический голец остается в морской среде 5–6 недель в течение весны или лета, а затем возвращается на зимовку в пресную воду. Однако имеется одно сообщение, что проходной штамм арктического гольца провел в среднем в течение 40 дней в лимане и 25 дней в море в зимние месяцы. Следует также иметь в виду, что имеются различия в осморегулирующей способности между пресноводными и анадромными штаммами арктического гольца [7] и между различными анадромными штаммами [8].

Соленость, при которой выращивают рыб, влияет на рост и потребление пищи у различных видов рыб. Для арктического гольца (масса 200–300 г) Мортенсен и Лунд [9] сообщали о наилучшем росте при выращивании при солености 20‰.

Из-за ограниченной и сезонной толерантности к морской воде арктического гольца основную часть продукции выращиваемой рыбы (при товарном выращивании) получают в пресной воде, либо в солоноватой воде. Взрослый половозрелый арктический голец (крупные особи) толерантен к океанической солености морской воды (33–‰) в течение 2-месячного периода после периода миграции в сторону моря в середине лета, но с уменьшением фотопериода в конце лета / осенью арктический голец подвергается десмолтификации [10]. По-видимому, арктический голец может жить в любое время года в солоноватой воде менее 20 ‰, но только с уменьшенными темпом роста и эффективностью конверсии корма при увеличении солености [10], [11]. В Исландии успешно используют при выращивании арктического гольца солоноватую воду в диапазоне от 15 до 26 ‰, но при этом осуществляется её подогрев геотермальными источниками. Молодые половозрелые гольцы погибают при одновременном воздействии низкой температуры и океанической солености.

В период подготовки к нересту у арктического гольца снижается потребление пищи, как только они съедают 1,4–1,5 % от массы тела и достигают необходимых запасов энергии для перезимовки и / или созревания, после этого рыба становится анорексичной.

Негативное влияние солености на степень питания свидетельствует о том, что более высокая соленость вызывает значительный стресс у арктического гольца. Перенос арктического гольца весом 150 г в апреле из пресной воды в соленую в пределах от 10 до 35 ‰ не влиял на рост или потребление корма в течение 30-дневного экспериментального периода. Арктического гольца (размер 20–27 см) выращивали при трех различных соленостях (0, 20 и 35 ‰) в зимний период (декабрь-январь, 59 дней) и наблюдали более высокие темпы роста и потребления корма в пресной воде и при 20 ‰ солености [12]. Отличия не были обнаружены, когда эксперимент повторяли в течение лета (июнь-июль). Было показано также, что гиперфагия является одним из основных механизмов, при которых у рыб отмечается компенсаторный рост [13]. Гиперфагический ответ был зарегистрирован и для атлантического лосося, когда кормление было восстановлено после периода ограничения корма [14]. Арктический голец в гиперфагическом состоянии потреблял 1,5–2,0 % от массы

тела в день, в то время как у контрольных животных потребление корма составляло 1,0–1,4 % от массы тела в день. (Miglav, Jobling, 1989).

Выращивание диких арктических гольцов, выловленных из природных популяций, весьма сложно. Самцы гольцов крайне агрессивны, на свою территорию других рыб и даже особей своего вида никогда не пускают, в виде исключения только самку в период нереста. В другое время они ведут жестокие бои за свою территорию. Среди самок наблюдается иерархия, доминирующая особь в иерархии не подпускает к корму других рыб. Отмечены жестокие бои за корм, даже при изобилии его на дне всего бассейна. Ранжирование по размеру рыб не помогает, поскольку место агрессивной доминантной особи тотчас занимает наиболее агрессивная особь из оставшихся. Она, как правило, более агрессивна, чем предыдущая.

Участие ММБИ в развитии аквакультуры гольца связано с экспериментальными работами по изучению процессов роста гольца, режимов питания в условиях содержания в бассейнах, подбора оптимальных кормов и рационов, оценкой и разработкой методик по снижению затрат на культивирование за счет подбора оптимальных условий содержания или сокращения периода роста гольца до товарного размера.

Исследования проведены в рамках: ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг." проекта "Разработка технических средств, биотехнологий выращивания нетрадиционных видов рыб и беспозвоночных для прогресса аквакультуры Южного и Северо-Западных федеральных округов России", соглашение № 14.607.21.0163 от 03.10.2016 г., уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI60716X0163.

Библиографический список

1. Klemetsen, A., Amundsen, P. A., Dempson, J. B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M. F. and Mortensen, E. (2003). Atlantic *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish*. 12 (1), 1–59.
2. Rikardsen, A. H., Amundsen, P. A., Bjørn, P. A. and Johansen, M. (2000). Comparison of growth, diet and food consumption of sea-run and lake-dwelling Arctic charr. *Journal of Fish Biology*. 57, 1172–1188.

3. Eriksson, L-O., Anders, A., Nilsson, J. and Brannas, E. (2010). The Arctic charr story: development of subarctic freshwater fish farming in Sweden. *Hydrobiologia*, 650, 265–274.
4. Larson, S. (2005). Thermal preference of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, and brown trout, *Salmo trutta* – implications for their niche segregation. *Environmental Biology of Fishes*. 73 (1), 89–96.
5. Eypórsdóttir, E., Pétursdóttir, Þ. and Svavarsson, E. (1993). Samanburður á bleikjustofnum. Ráðunautafundur. 1993, 243–260 (In Icelandic).
6. Hoar, W. (1988). The physiology of smolting salmonids. In: *Fish Physiology*. Ed. Hoar, W. Randall, D. New York: Academic Press; 1988. pp. 275–343.
7. Eliassen, R. A., Johnsen, H. K., Mayer, I. and Jobling, M. (1998). Contrasts in osmoregulatory capacity of two Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), strains from northern Norway. *Aquaculture*. 168, 255–269.
8. Jørgensen, E. H. and Arnesen (2002). Seasonal changes in osmotic and ionic regulation in Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from a high- and a sub-arctic anadromous population. *Environmental Biology of Fishes*. 64, 185–193.
9. Mortensen, A., Lund, F.R. (1991). Bruk av sjøvann ved oppdrett av røye. *Norsk Fiskeoppdrett*. 16, 10–11.
10. Finstad, B., Nilssen, K. J. and Arnesen, A. M. (1989). Seasonal changes in sea-water tolerance of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Journal of Comparative Physiology B- biochemical Systemic and Environmental Physiology*. 159, 371–378.
11. Arnesen, A. M., Jørgensen, E. H. and Jobling, M. (1994). Feed-growth relationships of Arctic charr transferred from freshwater to saltwater at different seasons. *Aquaculture International*. 2, 114–122.
12. Arnesen, A. M., Jørgensen, E. H. and Jobling, M. (1993). Feed intake growth and osmoregulation in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), transferred from freshwater to saltwater at 8°C during summer and winter. *Fish Physiology and Biochemistry*. 12, 281–292.
13. Ali, M., Nicieza, A. and Wootton, R.J. (2003). Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*. 4, 147–190.
14. Bull, C. D. and Metcalfe, N.B. (1997). Regulation of hyperphagia in response to varying energy deficits in overwintering juvenile Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*. 50, 498–510.
15. Miglavs, I. and Jobling, M. (1989). Effects of feeding regime on food-consumption, growth-rates and tissue nucleic-acids in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, with particular respect to compensatory growth. *Journal of Fish Biology*. 34, 947–957.

Морфологическое строение тимуса позвоночных животных в филогенезе

Кабанова Н. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)

Изучение особенностей иммунологической реактивности рыб на разных стадиях развития важно для углубления существующих представлений о воспалении и эволюции защитных свойств организмов, а также в связи с мероприятиями по искусственному воспроизводству рыб и их акклиматизации [8 с. 390]. Рыборазведение, профилактика и лечение заболеваний рыб не возможны без понимания механизмов иммунологической реактивности организма [1, с. 35; 10, с. 150].

Повсеместно нарастающий интерес исследователей к проблемам инфекционной и неинфекционной иммунологии рыб продиктован насущными запросами рыбоводной практики и промысловой ихтиологии. Интенсификация прудового рыбоводства, основными элементами которой являются сверхплотные посадки и кормление рыб, приводит к значительному ухудшению экологических условий в интенсивно эксплуатируемых прудах и, как следствие этого, к снижению резистентности рыб, возникновению инфекционных и инвазионных заболеваний [1, с. 178]. Ущерб, наносимый при этом прудовым хозяйствам, столь велик, что приходится подчас, закрывать рыбхозы или выращивать "убыточную" рыбу. Именно поэтому особую актуальность приобретают поиски путей повышения устойчивости объектов рыбоводства к инфекционным заболеваниям, в том числе в условиях Крайнего Севера.

Вилочковая железа закладывается в раннем онтогенезе как эпителиальный вырост жаберных карманов и представляет собой дольчатое образование, постепенно усложняющееся в ходе эволюции.

Впервые в филогенезе ткань тимуса обнаруживается у рыбообразных и наиболее примитивных из костистых рыб. У взрослых рыб тимус расположен под жабрами в месте крепления верхнего конца жаберных дуг, на медиальной стенке жаберной полости. В эмбриогенезе тимус возникает из экто- и энтодермальных зачатков жаберных мешков, позднее в него проникают мезодермальные клетки. Большинство рыб имеют наружный тимус, располагающийся под эпителием жаберной крышки. Некоторые рыбы имеют крупный внутренний тимус, наряду со слабо развитым наружным. В хорошо раз-

витом наружном тимусе различают 3 зоны: периферический слой, корковое и мозговое вещество. Мозговая или базальная зона может выглядеть как истинное мозговое вещество тимуса или как субкапсулярная зона. Во внутреннем тимусе субкапсулярная зона и центральный участок (инвертированное корковое вещество) обнаруживают структурные признаки медуллярной и субкортикальной зоны наружного тимуса. В области тимуса отмечена также инфильтрация лимфомиелоидными клетками, которая распространяется на соединительнотканную перегородку, достигающую периваскулярного пространства. Меланомакрофаговые центры с пигментными клетками, являются, по-видимому, примитивными пролиферативными центрами и представляют специальную лимфоидную структуру у рыб [2, с. 143]. Идентифицированы ретикулярные эпителиальные и мезенхимные клетки. Найдены также эритроциты, гранулоциты и моноцитоподобные клетки. Во время метаморфоза железа сильно увеличивается; в неё врастает соединительная ткань и кровеносный сосуд, железа разделяется на две лопасти. Позже железа делится на части и обрастает жировой тканью. Первоначально железа складывается из двух составных частей – эпителиальных и мелких железистых клеток, по-видимому, происходящих за счёт тех же эпителиальных. В таком виде – из двух сортов клеток, одетых капсулой тимус представлен у угря на стадии *Leptocephalus*.

У представителей различных классов позвоночных сильно варьируют размеры и число долек тимуса [5, с. 136]. У птиц он представляет собой набор семи пар желез, расположенных на правой и левой сторонах шеи от нижней челюсти до грудной клетки. Нижние доли могут быть погружены в ткань щитовидной железы. В отдельно взятой доле различают кортикальную и медуллярную зоны. У рептилий в зависимости от систематической принадлежности наблюдаются анатомические вариации органа, как по локализации, так и по числу сформированных долей. У сумчатых также есть несколько пар долей тимуса – шейных и загрудных. У носорога препарированный тимус похож на куст чабреца, что, очевидно, и послужило основой для его названия, данного Галеном (*thymus* – чабрец, тимьян). В эмбриогенезе млекопитающих вилочковая железа закладывается раньше других лимфоидных органов (у человека зачаток вилочковой железы впервые обнаруживается на 6-й неделе эмбрионального развития). У взрослых млекопитающих тимус является непарным органом, состоящим из двух долей, расположенным посередине грудной клетки поблизости от сердца.

Существует связь между возрастом и размером тимуса: у молодых животных тимус гораздо больше, чем у взрослых и может соприкасаться со щитовидной железой. Несмотря на атрофию тимуса, которая наблюдается у животных с возрастом, существуют свидетельства того, что у человека тимус остаётся активным всю жизнь [6, p. 32]. Активность вилочковой железы у молодых животных и отсутствие выводных протоков, дало повод многим ученым считать вилочковую железу эндокринным органом.

Из всех органов лимфопоэза только тимус содержит истинно лимфоидную ткань, причем пролиферация лимфоцитов происходит исключительно в корковом веществе. Кроме лимфоидных клеток, в тимусе встречаются тельца Гассалья и тучные клетки, локализованные обычно вокруг кровеносных сосудов. В капсуле и септах описаны гранулоциты, макрофаги и полиморфноядерные клетки [3, с. 16].

При работе с мечеными ^3H -тимидином *in situ* тимоцитами стальноголового лосося (*Salmo gairdneri*) установлено, что покидающие тимус клетки в наибольшем количестве поступают в селезенку. В почки и печень их мигрирует в 2 раза меньше. В тканях кишечника и мышцах увеличение метки не зафиксировано. Выселяющиеся из тимуса клетки создают потенциал долгоживущих Т-лимфоцитов, продолжительность жизни которых более 5 мес. Такое заключение следует из опытов М. Ф. Tatner [9, p. 10] по анализу продукции антител у стальноголового лосося.

Гистологическая структура тимуса различных представителей позвоночных варьирует слабо – у всех он представляет собой лимфоэпителиальный орган, состоящий из коркового и мозгового вещества. У амфибий и рептилий в его мозговом веществе содержатся крупные миелоидные клетки, похожие на тельца Гассалья млекопитающих. Наиболее существенное различие тимуса низших и высших позвоночных состоит в степени специфичности его связи с Т-системой иммунитета. У пойкилотермных животных в тимусе отмечено большое количество В-лимфоцитов и плазматических клеток, он участвует в иммунном ответе, в том числе и гуморальном [Купер, 1980]. Как известно, у птиц имеется специализированный центральный лимфоидный орган для формирования В-лимфоцитов иммунной системы. Однако, В-лимфоциты птиц, сформировавшиеся в бурсе Фабриция, затем на некоторое время мигрируют в тимус, причем биологическое значение этого процесса неясно. Только у млекопитающих тимус является специализированным органом, в котором происходит формирование Т-лимфоцитов [4, с. 467].

Лимфоциты тимуса в период своего созревания контактируют с эпителиальными элементами вилочковой железы и приобретают толерантность к ряду антигенов. В случае их попадания затем в другие лимфоидные органы, эти клетки обеспечивают иммунные реакции организма в течение всей дальнейшей жизни.

Иммунные потенции появляются в филогенезе в тесной связи с развитием тимуса. В онтогенезе возникновение способности к специфическому иммунному ответу также связано с появлением лимфоцитов. Таким образом, тимус играет основную роль в развитии иммунной системы, и является важным фактором, который отделяет высших позвоночных от других животных [7, p. 418].

Данные литературы свидетельствуют, что искания ученых, направленные на раскрытие значения вилочковой железы для жизнедеятельности организма, шли в разных направлениях. Однако они не были объединены общей идеей. Поэтому, несмотря на большое количество работ, до сих пор всё ещё не создано цельного и ясного представления о функциях тимуса. Литературные сведения относительно функций вилочковой железы до сих пор весьма ограничены и противоречивы.

Библиографический список

1. Журавлева, Н. Г. Биоэкологические основы жизнедеятельности организмов в условиях Заполярья / Н. Г. Журавлева, Г. Г. Матишов, О. Оттесен, Е. В. Будилова, А. А. Троценко, Т. М. Ларина // Мурман. мор.биол. ин-т Кольского науч. центра РАН. – Апатиты : Изд-во КНЦ РАН. – 2013. 208 с.
2. Журавлева, Н. Г. Биоэкологические аспекты защитных реакций рыб и беспозвоночных / Н. Г. Журавлева, Г. Г. Матишов, Oddvar Ottesen, Е. Е. Минченков // Мурманск : Изд-во МГТУ, 2013. 260 с.
3. Клименко О. М. Развитие и строение тимуса у представителей разных таксономических групп позвоночных животных: дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.11. – К., 2003. – 28 с.
4. Яблоков, А. В. Эволюционное учение / А. В. Яблоков, А. Г. Юсуфов. – М. : Высшая школа, 1998. – 567 с.
5. Ярилин, А. А. Структура тимуса и дифференцировка Т-лимфоцитов / А. А. Ярилин, В. Г. Пинчук, Ю. А. Гриневич ; отв. ред. Н.М Бережная; Ин-т пробл. Онкологии и радиобиологии им. Р. Е. Кавецкого. – Киев : Наука, Думка, 1991. – 248 с.

6. Bertho, J. M. Phenotypic and immunohistological analysis of the human adult thymus: evidence for an active thymus during adult life / J. M. Bertho, C. Demarquay, N. Mouliau, A. van der Meeren // *Cell Immunol.* 1997. – 179. – pp. 30–40.
7. Bowden, T. J. Development and function of the thymus in teleosts / T. J. Bowden, Cook P // *Fish & Shellfish Immunology*, V 19. – 2005. – P. 413–427.
8. Kozyrenko, E. A. Thymus morphology at early ontogenetic stages of atlantic cod, *Gadus morhua* L / E. A. Kozyrenko, N. A Salmova, N. G. Zhuravleva // International conference "Science and education-2012". Murmansk, 2–6 th April 2012. Murmansk : MSTU, – 2012, с. 389–391.
9. Tatner, M. F. The ontogeny of humoral immunity in rainbow trout, *Salmo gairdneri* / M. F. Tatner // *Vet. Immunol. Immunopathol.* – 1986. – № 12. – P. 93–105.
10. Zhuravleva, N. G., Minchenok E. E. Immunological reactions in the early ontogenesis of Atlantic salmon and humpback salmon // *Journal: Phytochemistry Reviews.* 2005, p. 431–439.

Роль тимуса в адаптационных реакциях организмов разных таксонов

Кабанова Н. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)

В основе приспособительных реакций, как в основе самой жизнедеятельности, лежат сложные процессы обмена веществ, которые находятся под влиянием внутренних регуляторов и постоянно коррелируются внешними природными сигналами [1, с. 10, 2, с. 27, 14, с. 32]. Важнейшим регулятором метаболизма является центральная нервная система и связь ее с железами внутренней секреции, что определяет их место в гомеостазе.

Давно сложилось мнение, что тимус имеет самое близкое отношение к реакциям, обуславливающим устойчивость организма [9, с. 390]. Однако данное предположение до последнего времени оставалось мало обоснованным и стояло в стороне от общего знания о защитно-приспособительных реакциях организма [1, с. 23].

В ряде работ, проведенных, главным образом, на крысах и цыплятах была найдена зависимость между резистентностью организма и степенью развития тимуса [8, р. 397]. Также, было обнаружено бактерицидное действие продуктов вилочковой железы, выявлена способность этих продуктов подавлять бластоматозный рост, защищать от лучевого повреждения, влиять на течение воспалительных реакций.

Ранее высказывалось мнение в пользу антитоксической функции вилочковой железы, осуществляющейся тельцами Гассала. Ценные данные, подтверждающие положительное действие продуктов тимуса на организм, получил Д. Комса [5, р. 568].

Однако, несмотря на многочисленные факты, указывающие на благоприятное влияние вилочковой железы, отмечено и обратное ее действие. Хотя в настоящее время представление о вилочковой железе, согласно которому гипертрофия тимуса – причина низкой устойчивости организма, не пользуется популярностью, имеются наблюдения, свидетельствующие, что удаление этого органа усиливает резистентность, снижает чувствительность к инфекции в связи с тем, что он тормозит продукцию антител, являясь в этом отношении антагонистом селезенки. Учитывая весь ход эволюционного развития, трудно все же представить, что тимус, будучи частью целостного организма, в обычных условиях оказывал бы на него отрицательное действие.

Исследования, направленные на выяснение участия вилочковой железы в гомеостазе, весьма противоречивы. Они оставляют открытым основной вопрос, каким образом осуществляется защитная функция данного органа.

Была выяснена роль тимуса в лимфопоэзе. Установлено, что тимус является не только продуцентом лимфоцитов, но, кроме того, влияет на лимфопоэз в других лимфоидных органах.

Наиболее ценные данные, показывающие особое значение тимуса в лимфопоэзе, получил Д. Меткалф [11, р. 328], выделивший из данного органа фактор, стимулирующий продукцию лимфоцитов. Д. Меткалф утверждал, что тимэктомия, проведенная у мышей в раннем возрасте, вызывает лимфопению, атрофию лимфатических узлов, уменьшает в селезенке число герминативных центров и количество митозов в них. Подобные результаты после удаления вилочковой железы наблюдали и другие исследователи [3, с. 73]. Они пришли к заключению, что тимус важный и единственный источник лимфоцитов во время эмбрионального и раннего постэмбрионального развития организмов.

Тимэктомия инфантильных морских свинок отрицательно сказывается на их последующем развитии. Новорожденные тимэктомированные мыши погибают преждевременно от общего истощения, которому предшествует "лимфатическое истощение", наступающее между 20–30-м днями жизни [6, р. 90]. Существует мнение, что тимус в раннем возрасте весьма важный орган. Учитывая, что неонатальная тимэктомия не только нарушает нормальное течение иммунных реакций, но и уменьшает продолжительность жизни.

Д. Паррот и Ж. Ист [13, р. 347] утверждают, что тимоциты несут какие-то особые жизненно важные функции, которые связаны с иммуногенезом. Нарушение иммунологической реактивности после тимэктомии один из симптомов общих глубоких метаболических нарушений. Ж. Миллер [12, р. 249] также считает, что тимус у новорожденных – важный для жизни орган. Согласно наблюдениям этого автора, у мышей после неонатальной тимэктомии значительно увеличивается длительность нахождения в организме опухолевых и других трансплантатов, что свидетельствует о важной роли тимуса в трансплантационном иммунитете. В экспериментах, проведенных не только на мышах, а также на крысах и кроликах, было выявлено, что тимэктомия, проведенная в первые дни жизни, в будущем угнетает реакцию животных на антигены.

Таким образом, создается представление, согласно которому тимус у новорожденных млекопитающих, и фабрициева сумка у птиц – важные центры, обеспечивающие распределение лимфоидных клеток, участвующих в иммуногенезе. Полностью разделяет данную точку зрения Ф. М. Бернет [4, р. 208] – автор классической теории иммуногенеза, который утверждает, что типичные лимфоциты ответственны за иммунологическую реактивность. Они размножаются в тимусе у молодых животных в 5–10 раз интенсивнее, чем в других лимфоидных органах. Затем тимоциты поступают в общую циркуляцию и становятся неотличимыми от остальных лимфоидных клеток. Согласно представлениям Ф. М. Бернета, тимус содержит и распределяет лимфоциты особого назначения. Они необходимы для поддержания гомеостаза. В этом убеждает способность тимоцитов вызывать отторжение трансплантата. Лимфоидные клетки, участвующие в данном процессе – производные клонов лимфоцитов, которые дифференцируются в тимусе, а затем поступают в селезенку и лимфатические узлы, где размножаются и развивают полную иммунологическую компетенцию. Отсюда делается вывод, что тимус – орган первично участвующий в функции защиты, так как в нем происходит пролиферация и дифференцировка лимфоцитов в клоны с защитными функциями, впервые развиваются клетки, настроенные по отношению к "чужому", что и обуславливает их способность вызывать отторжение трансплантата.

Хотя важная роль тимуса в иммуногенезе подтверждается наблюдениями С. Е. Калмутца [7, р. 852], пока нельзя считать, что взгляды Ф. М. Бернета могут быть безоговорочно приняты. Потребуется еще немало труда, чтобы окончательно раскрыть роль тимуса в иммуногенезе и выяснить его участие в других реакциях организма.

Функция данного органа, очевидно, имеет еще какое-то другое общее гомеостатическое значение, также как и сам процесс выработки антител. Действительно, факты свидетельствуют, что вилочковая железа и обилие лимфоцитов в организме далеко не всегда являются показателем его устойчивости. Существует мнение, что в тимусе, кроме фактора, стимулирующего лимфопоэз, продуцируется фактор, тормозящий синтез антител. Так обнаружено, что подкожное введение взрослым крысам экстракта из тимуса плода свиньи приводит к резкому снижению в крови реципиентов гамма-глобулинов. Внутривентрикулярное введение указанного экстракта на протяжении более длительного времени вызывает полное подавление продукции антител. Экстракты же печени и селезенки тех же особей не оказывают такого эффекта. Приведен-

ные данные в какой-то мере согласуются с результатами исследований В. И. Гончаровой (1954), обнаружившей ранее отрицательное действие экстрактов тимуса на иммуногенез.

Установлено, что при иммунизации, когда в селезенке и лимфатических узлах повышается число плазматических клеток, в тимусе они не развиваются. Тимические лимфоциты на антигенную стимуляцию обычно не отвечают. Однако, А. Х. Маршаллом и Р. Г. Уайтом [10, р. 383] было показано, что если морским свинкам вводить антиген не обычным путем (например, подкожно), а непосредственно в ткань вилочковой железы, то в тимусе обнаруживаются все известные морфологические признаки антителообразования. Появляются центры размножения, возникают плазматические клетки, светящиеся при исследовании по методу Кунса и происходит скопление антител. Таким же образом тимус включается в процесс выработки антител и в том случае, если антиген вводить подкожно, но повреждать при этом капсулу, покрывающую тимус. Все эти результаты показывают, что лимфоциты тимуса – это иммунологически компетентные клетки, которые входят в состав популяции лимфоидных клеток, способных обнаруживать иммунологическую активность. Однако в отличие от лимфоцитов в других органах они ограждены в тимусе специальным барьером, который предохраняет их от знакомства с антигенами, попадающими в организм. Уже этот факт свидетельствует об особой роли, которую тимус играет в иммунной системе организма.

В ряде работ была найдена зависимость между резистентностью организма и степенью развития тимуса. Ранее высказывалось мнение в пользу антитоксической функции вилочковой железы, осуществляющейся тельцами Гассала.

Сведений о природе барьера, ограждающего тимус, пока нет. В настоящее время получено много новых фактов о роли тимуса в иммуногенезе. Однако и теперь в этом вопросе продолжает оставаться много противоречивого и спорного.

Библиографический список

1. Журавлева, Н. Г. Биоэкологические основы жизнедеятельности организмов в условиях Заполярья / Н. Г. Журавлева, Г. Г. Матишов, О. Оттесен, Е. В. Будилова, А. А. Троценко, Т. М. Ларина // Мурман. мор. биол. ин-т Кольского науч. центра РАН. Апатиты : Изд-во КНЦ РАН. – 2013, 208 с.

2. Журавлева, Н. Г. Биоэкологические аспекты защитных реакций рыб и беспозвоночных / Н. Г. Журавлева, Г. Г. Матишов, Oddvar Ottesen, Е. Е. Минченоч // Мурманск : изд. МГТУ. – 2013, 260 с.
3. Сперанская М. П. Изменения реактивных свойств соединительной ткани в очаге воспаления при введении соматотропного гормона в условиях тимэктомии // Реф. докл. научн. конф. аспирантов и ординаторов первого Московского мнд. ин-та им. Сеченова. Ч. 2. – М., с. 71–74.
4. Burnet F. M. Role of the thymus and related organs in immunity // Brit. Med. J.: 5308. – 1962, p. 807–811.
5. Comsa J. Die Wechsel bezuchungen zwischen // Thymus und Hypophyse. Pflüg. – Arch.f.d.ges. – Physiol: 272, 6. – 1961, p. 562–574.
6. Dischler W. D., Rudali G. La thymectomie totale chez le souriceau nouveau-né // Rev. franc. études clin.et boil. 6, 1. – 1961, p. 88–92.
7. Kalmutz S.E. Antibody production in the opossum embryo // Nature: 193, 4818. – 1962, p. 851–853.
8. Karg H. Die akzidentelle Thymus involution als Kriterium bei der Auswertung von Rattenversuchen. Vitam: U. Hormon. – 1957, p. 393–403.
9. Kozyrenko E. A. Thymus morphology at early ontogenetic stages of atlantic cod, *Gadus morhua* L / E. A. Kozyrenko, N. A Salmova, N. G. Zhuravleva // International conference "Science and education-2012". Murmansk, 2–6 th April 2012. Murmansk: MSTU, – 2012, с. 389–391.
10. Marshalle A. H., White R. G. The immunological reactivity of the thymus // Brat. J. exptl. Pathol.: 42. – 1961, p. 379–385.
11. Metcalf D. The thymus and lymphopoiesis // In: The thymus in immunology (Ed. Gaod and Gabrielsen AE) / New York Harper and Row. – 1964, p. 324–333.
12. Miller J. F. Analysis of the thymus influence on leukaemogenesis // Nature: 191, 4785. – 1961, p. 248–249.
13. [13] Parrot D., East J. Role of the thymus in neonatal life // Nature: 195, 4839. – 1962, p. 347–348.
14. Zhuravleva N. G., Minchenok E. E. Immunological reactions in the early onthogenesis of Atlantic salmon and humpbac salmon // Journal: Phytochemistry Reviews. 2005, p. 431–439.

Механизмы адаптации и освоение дуплогнездящимися птицами городских территорий на примере г. Мончегорска

Корякина Т. Н. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)

Аннотация. В материале рассматриваются механизмы адаптации птиц к условиям урбанизированной среды, которые раскрываются на примере этологии, питания, состава гнездового материала. Каждый из рассматриваемых видов птиц неодинаково реагирует на факторы внешней среды и вырабатывает собственную стратегию адаптивных приспособлений к освоению урболандшафтов.

Abstract. This paper discusses the mechanisms of adaptation of birds to urban environments, which are disclosed, for example, ethology, nutrition, composition of nesting material. Each of these bird species differently react to environmental factors and develops own strategy of adaptive devices to the development of urbolandscape.

Ключевые слова: птицы-дуплогнездники, урбанизированный ландшафт, этология, механизмы адаптации.

Key words: hole-nesting birds, urban landscape, food, ethology, mechanisms of adaptation.

Птицы – это неотъемлемый компонент любого ландшафта, в том числе и урбанизированного. Чтобы жить в таких ландшафтах, птицы вынуждены приспособливаться к меняющимся условиям путем выработки широкого спектра адаптивных реакций.

Птицы – благодатный объект для оценки состояния качества и многолетнего мониторинга окружающей среды. У них адекватная и быстрая реакция на изменения условий среды, что можно фиксировать благодаря сравнительно открытому образу жизни птиц. Орнитофауна является одним из компонентов экосистем, наиболее чувствительных к факторам среды. Если в начале XX столетия первоочередным было составить список видов, изучить биологию и экологию птиц, то, в связи с тем, что XX в. – век нарастания научно-технического прогресса, возникла необходимость уделять больше внимания птицам как объектам, раскрывающим реакции популяций на изменения природных и антропогенных факторов.

Целью данной работы является изучение механизмов адаптации в освоении городских территорий дуплогнездящихся птиц, относящихся к Отряду Воробьиные *Passeriformes*: большая синица (*Parus major* L.), обыкно-

венная горихвостка (*Phoenicurus phoenicurus* L.), сероголовая гаичка (*Parus cinctus* Bodd.), мухоловка-пеструшка (*Ficedula hypoleuca* Pall.), которые регулярно или единично гнездятся в урболандшафте. Работа организована в г. Мончегорске Мурманской области, где на протяжении пяти лет, в разных районах города развешиваются искусственные гнездовья стандартной конструкции. Количество синичников, изначально установленных в городе, составляло 13 штук в 2010 г. и постепенно увеличилось до 60 штук в 2014 г.

В ходе освоения урболандшафтов меняется этология птиц и вырабатываются механизмы адаптации.

Питание. Обыкновенная горихвостка, мухоловка-пеструшка практически не включают в свой рацион корма антропогенного происхождения. Большая синица, сероголовая и буроголовая гаички в зимнее время года активно кормятся на кормушках, предпочитая семечки подсолнуха, несоленое сало, арахис и некоторые виды круп (пшеничная). Если большая синица прилетает к кормушкам, которые находятся как в центре города, так и на окраине, то сероголовая гаичка и пухляк прилетают к кормушкам, расположенным на периферии городской территории.

Состав гнездового материала и сроки начала строительства гнезд. Высокий адаптивный потенциал дуплогнездящихся птиц наиболее выражено проявляется на фазе гнездостроения. Характер постройки и компонентов гнезда специфичен для каждого вида и определяется, в основном, образом жизни птицы. В городской черте мелкие дуплогнездники помимо традиционных природных компонентов, активно используют материалы антропогенного происхождения в выстилке и в каркасе: полиэтилен, бумагу (картон), шерстяные нитки, мешковину, вату, синтепон. В одном гнезде горихвостки была обнаружена полиэтиленовая веревка длиной 55 см. Процент встречаемости антропогенных материалов составляет 34,3 % для гнезд большой синицы и 52,9 % для гнезд обыкновенной горихвостки.

Для большой синицы, которая является оседлым синантропным видом, в сроках начала строительства гнезд значимым фактором является степень урбанизации среды. В городской среде снег чистят и убирают специализированной техникой, что делает строительный материал доступным для оседлых гнездящихся птиц раньше, чем в природных естественных условиях. Обыкновенная горихвостка и мухоловка-пеструшка являются перелетными птицами и средняя дата их прилета в Лапландский заповедник и город при-

ходится на 12 мая (за 71 год наблюдений) для горихвостки и 18 мая (за 66 лет наблюдений) для мухоловки-пеструшки [1], когда городские территории в большинстве очищены от снега и только на периферии фрагментарно остаются снежники.

Этология. Птицы становятся менее требовательны к факторам беспокойства и шумового воздействия. По данным наблюдений, сделанных во время полевых работ на территории Лапландского заповедника, большая синица не встречается в естественных ландшафтах и гнездится рядом с человеческим жильем (кордоны, центральная усадьба). В городе занимает гнездовья как в центре, включая синичники, размещенные вдоль автодороги центрального проспекта Ленина, так и на периферии. Обыкновенная горихвостка и мухоловка-пеструшка занимают небольшое количество от общего числа гнездовых, предпочитая в выборе гнездовых мест окраины города, но несколько гнезд горихвостки были отмечены рядом с Управлением Лапландского заповедника и СОШ № 7 в южном микрорайоне г. Мончегорске. Таким образом, факторы шума и беспокойства становятся менее значимыми в выборе гнездовых и успехе размножения птиц в городской черте.

Отход яиц и птенцовая смертность. В городе практически отсутствует пресс со стороны хищников, как диких, так и домашних, что повышает успех размножения воробьиных птиц в урболодшафте. Разорение кладок белкой составляет 42,6 % от общего отхода яиц обыкновенной горихвостки [2]. При этом гнезда горихвостки не подвергаются разорению со стороны человека, так как птицы их устраивают на городской периферии, а гнезда большой синицы разоряются человеком на этапе высидывания яиц и выкармливания птенцов. Из-за разорения гнезд со стороны человека пострадало 5 % яиц от общего числа погибших яиц большой синицы. По причине разорения гнезд от человеческого фактора пострадало 35,5 % птенцов от общего количества погибших птенцов. Причем все птенцы по этой причине погибли в 2014 г., когда было увеличено количество искусственных гнездовых вдоль проспекта Ленина: оживленной автодороги и тротуаров, рядом с которыми несколько лет назад были высажены саженцы деревьев. Поэтому доступность синичников для вандалов также существенно сократила численность вылетевших слётков [3]. Для повышения экологической культуры жителей на страницах городских газет были опубликованы эколого-просветительские материалы, разъясняющие важность и значимость работы, направленной на снижение беспокойства у птиц в период гнездования.

Таким образом, мелкие дуплогнездящиеся птицы, относящиеся к Отряду Воробьиные, вырабатывают комплекс адаптивных механизмов к урбанизированному ландшафту и меняющимся условиям среды. В городской среде на биологию размножения оказывают влияние как естественные факторы среды (температурные колебания), так и антропогенные факторы воздействуют на разные аспекты репродуктивного цикла, оказывая воздействие на общий успех, фенологию размножения и этологию птиц.

Библиографический список

1. Летопись природы Лапландского заповедника. Кн. 51. – Мончегорск, 2016. – 220 с. Архив Лапландского заповедника.
2. Корякина Т. Н. Гнездовая биология обыкновенной горихвостки (*Phoenicurus phoenicurus* L.) в урболандшафте города Мончегорска (Мурманская область) // Байкальский зоологический журнал июль № 1 (18) 2016. – С. 18–22.
3. Корякина Т. Н. Успешность размножения дуплогнездящихся птиц в городских и естественных условиях центральной части Кольского полуострова // Роль заповедников России в сохранении и изучении природы : Мат. юбилейной научно-практич. конф., посвящ. 80-летию Окского гос. природн. биосферн. заповедника, 7-10 сентября 2015 г. / Тр. Окского заповедника. – Рязань, 2015. – Вып. 34. – С. 175–180.

Оценка экологического благополучия городских водоёмов

Минченков Е. Е., Гусева В. Д. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии)

Аннотация. В работе приведены сведения о таксономическом составе беспозвоночных животных, обитающих в оз. Ледовом, Окунёвом и Семёновском. Рассчитан коэффициент видового сходства, индекс видового разнообразия Шеннона, индекс сапробности. Дана предварительная оценка экологического благополучия пресноводных водоёмов г. Мурманска.

Abstract. The data on the taxonomic composition of invertebrates living in the lakes Ledovoye Okunevoye and Semenovskoye are presented. The species similarity rate, the Shannon index and the saprobity index are calculated. The preliminary estimation of ecological well-being of freshwater basins of Murmansk is given.

Ключевые слова: экологическое благополучие, пресноводные водоёмы, видовое разнообразие, сапробность, беспозвоночные животные.

Key words: ecological well-being, freshwater basins, species diversity, saprobity, invertebrates.

Термин "экологическое благополучие" водных объектов сформулирован в ряде профильных государственных стандартов и нормативных документов Росгидромета.

Экологическое благополучие водного объекта – это нормальное воспроизведение основных звеньев экологической системы водного объекта [1].

Термин "экологическое благополучие" как одна из категорий экологической градации водных объектов используется в РД 52.24.309-2011 (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика состояния водных экосистем [2]

№ п/п	Категории экологических градаций	Характеристика состояния водных экосистем
1	экологическое благополучие	Состояние экосистем водоёма или водотока при минимальном уровне антропогенной нагрузки, не приводящего к экологическим модификациям пресноводных экосистем. Численность, видовой состав и иные параметры экосистем находятся в пределах многолетних колебаний, характерных для ненарушенных природных экосистем
2	антропогенное экологическое напряжение	Обусловлено относительно небольшими антропогенными нагрузками, стимулирующими увеличение видового разнообразия, усложнением межвидовых отношений, увеличением пространственно-временной гетерогенности

Окончание табл. 1

№ п/п	Категории экологических градаций	Характеристика состояния водных экосистем
3	антропогенный экологический регресс	Характеризуется уменьшением видового разнообразия и пространственно-временной гетерогенности, упрощением межвидовых отношений и трофической структуры, значительным увеличением интенсивности метаболизма биоценоза, обусловленным антропогенными нагрузками
4	антропогенный метаболический регресс	Характерно снижение активности биоценоза по сумме всех процессов образования и разрушения органического вещества, включая первичное продуцирование водорослей фитопланктона, перифитона, макрофитов, продукцию хемосинтетиков, а также вторичную продукцию бактерий и животного населения водоёма

В работе приведены результаты расчетов гидробиологических коэффициентов и индексов, позволяющих дать сводную характеристику состояния водных экосистем некоторых озер г. Мурманска.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР "Биоиндикация и биотестирование как совокупность методов оценки водных экосистем урбанизированных территорий" (№ГР 115062210056).

Материалы и методы

Материалами для исследования послужили гидробиологические пробы, отобранные в сентябре-октябре 2015–2016 гг. Отбор проб осуществлялся в городских озёрах: Ледовое, Окунёвое и Семёновское [3].

Коэффициент общности видового состава Серенсена-Чекановского определялся по формуле [4]:

$$K_S = 2c / (2c + a + b),$$

где a – множество видов X , отсутствующих в Y ;

b – множество видов Y , отсутствующих в X ;

c – множество видов, общих для X и Y .

Для оценки степени благополучия или нарушенности экосистемы озёр производился расчёт информационного индекса Шеннона [5]:

— —

где n – число видов;

N – суммарная численность организмов на 1 м^2 или в 1 м^3 ;

N_i – численность i -го вида на той же площади или в том же объеме.

Оценку сапробности воды определяли при помощи индекса сапробности по Пантле и Букку (в модификации Сладечека) [6]:

$$S = \frac{\sum (sh)}{\sum h}$$

где s –индикаторная значимость вида;

h – частота встречаемости гидробионтов, % или баллах.

Результаты

Таксономический состав проб оз. Ледового представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Таксономический состав гидробионтов в озере Ледовом

№ п/п	Таксон	2015	2016
Тип Ciliophora			
1	<i>Coleps cf. hirtus</i>	+	+
2	<i>Holophrya</i> sp.	–	+
3	<i>Lacrymaria</i> sp.	–	+
4	<i>Prorodon</i> sp.	+	+
5	<i>Chilodonella</i> sp.	–	+
6	<i>Dileptus cf. anser</i>	+	+
7	<i>Amphileptus</i> sp.	–	+
8	<i>Paramecium cf. bursaria</i>	+	+
9	<i>Paramecium</i> sp.	–	+
10	<i>Stentor cf. polymorphus</i>	–	+
11	<i>S. cf. roeseli</i>	–	+
12	<i>Spirostomum cf. minus</i>	+	+
13	<i>Bursaria cf. truncatella</i>	–	+
14	<i>Aspidisca</i> sp.	+	+
15	<i>Oxytricha</i> sp.	–	+
16	<i>Stylonichya cf. mytilus</i>	+	+
17	<i>Stichotricha</i> sp.	–	+
18	<i>Vorticella</i> sp.	+	+
Тип Nemathelminthes			
Класс Gastrotricha			
19	Gastrotricha indet.	+	+
Класс Nematoda			
20	Nematoda indet.	+	+
Класс Rotatoria = Тип Nemathelminthes			
21	<i>Filinia</i> sp.	+	+
22	<i>Trichocerca</i> sp.	+	+
23	<i>Asplanchna</i> sp.	+	–
24	<i>Enteroplea lacustris</i>	–	+
25	<i>Synchaeta pectinata</i>	–	+
26	<i>Epiphanes</i> sp.	+	+
27	<i>Habrotrocha</i> sp.	+	–
28	<i>Rotaria rotatoria</i>	–	+

Окончание табл. 2

№ п/п	Таксон	2015	2016
29	<i>Philodina</i> sp.	–	+
30	<i>Mytilina</i> sp.	–	
31	<i>Brachionus</i> sp.	+	+
32	<i>Keratella quadrata</i>	+	+
Тип Annelida Класс Clitellata Подкласс Oligochaeta			
33	<i>Tubifex tubifex</i>	+	+
Тип Arthropoda Класс Crustacea Подотряд Cladocera			
34	<i>Chydorus</i> sp.	+	+
Подкласс Maxillopoda Отряд Соперода			
35	<i>Cyclops</i> sp.	+	+
Класс Insecta Отряд Diptera			
36	<i>Eristalis tenax</i>	–	+
37	неопределенные организмы	+	+
Всего		20	33

Таким образом, в пробах оз. Ледового 2015–2016 гг. идентифицировано 36 видов и форм водных организмов.

Таксономический состав проб оз. Окунёвого представлен в табл. 3.

Таблица 3 – Таксономический состав гидробионтов в озере Окунёвом

№ п/п	Таксон	2015	2016
Тип Miozoa			
1	<i>Peridinium</i> sp.	–	+
Тип Ciliophora			
2	<i>Coleps</i> cf. <i>hirtus</i>	+	–
3	<i>Prorodon</i> sp.	+	–
4	<i>Dileptus</i> cf. <i>anser</i>	+	+
5	<i>Amphileptus</i> sp.	+	+
6	<i>Paramecium</i> cf. <i>bursaria</i>	+	–
7	<i>P.</i> cf. <i>caudatum</i>	+	–
8	<i>Paramecium</i> sp.	–	+
9	<i>Stentor</i> cf. <i>polymorphus</i>	+	–
10	<i>S.</i> cf. <i>roeseli</i>	–	+
11	<i>Spirostomum</i> cf. <i>minus</i>	+	+
12	<i>Aspidisca</i> sp.	–	+
13	<i>Oxytricha</i> sp.	+	–
14	<i>Stylonichya</i> cf. <i>mytilus</i>	–	+
15	<i>Vorticella</i> sp.	+	+

Окончание табл. 3

№ п/п	Таксон	2015	2016
16	Holophryidae	+	+
17	Oxytrichidae	+	+
Тип Nematelminthes			
Класс Gastrotricha			
18	Gastrotricha indet.	+	–
Класс Nematoda			
19	Nematoda indet.	+	+
Класс Rotatoria = Тип Nematelminthes			
20	<i>Filinia</i> sp.	+	–
21	<i>Asplanchna</i> sp.	+	+
22	<i>Enteroplea lacustris</i>	+	+
23	<i>Synchaeta pectinata</i>	+	+
24	<i>Epiphanes</i> sp.	+	+
25	<i>Habrotrocha</i> sp.	+	–
26	<i>Brachionus</i> sp.	–	+
27	<i>Kelicottia longispina</i>	–	+
2	<i>Keratella quadrata</i>	+	+
Тип Annelida			
Класс Clitellata			
Подкласс Oligochaeta			
29	Lumbriculidae	+	–
30	Oligochaeta indet.	–	+
Тип Arthropoda			
Класс Crustacea			
Подотряд Cladocera			
31	<i>Chydorus</i> sp.	+	+
32	<i>Daphnia</i> sp.	–	+
33	<i>Sida</i> sp.	–	+
Подкласс Maxillopoda			
Отряд Соперода			
34	<i>Cyclops</i> sp.	+	+
35	<i>Diaptomus</i> sp.	–	+
Класс Insecta			
Отряд Diptera			
36	<i>Chironomus</i> sp.	–	+
37	неопределенные организмы	+	+
Всего		22	23

В пробах оз. Окунёвого 2015–2016 гг. определено 36 видов и форм организмов.

Таксономическое разнообразие проб оз. Семёновского представлено в табл. 4.

Таблица 4 – Таксономический состав гидробионтов в озере Семёновском

№ п/п	Таксон	2015	2016
Тип Miozoa			
1	<i>Peridinium</i> sp.	–	+
Тип Ciliophora			
2	<i>Coleps</i> cf. <i>hirtus</i>	+	+
3	<i>Prorodon</i> sp.	+	–
4	<i>Dileptus</i> cf. <i>anser</i>	+	+
5	<i>Amphileptus</i> sp.	+	+
6	<i>Loxodes</i> cf. <i>rostrum</i>	–	+
7	<i>Loxophyllum</i> cf. <i>meleagris</i>	–	+
8	<i>Paramecium</i> cf. <i>bursaria</i>	+	–
9	<i>P.</i> cf. <i>caudatum</i>	+	–
10	<i>Glaucoma</i> sp.	–	+
11	<i>Stentor</i> cf. <i>polymorphus</i>	+	–
12	<i>S.</i> cf. <i>roeseli</i>	–	+
13	<i>Spirostomum</i> sp.	+	+
14	<i>Bursaria</i> cf. <i>truncatella</i>	–	+
15	<i>Aspidisca</i> sp.	–	+
16	<i>Colpoda</i> sp.	–	+
17	<i>Oxytricha</i> sp.	+	+
18	<i>Stylonichya</i> cf. <i>mytilus</i>	+	+
19	<i>Uroleptus</i> cf. <i>piscis</i>	–	+
20	<i>Euplotes</i> sp.	+	+
21	<i>Vorticella</i> sp.	+	+
Тип Plathelminthes Класс Turbellaria			
22	Stenostomidae	–	+
Тип Nemathelminthes Класс Gastrotricha			
23	Gastrotricha indet.	+	+
Класс Nematoda			
24	Nematoda indet.	+	+
Класс Rotatoria = Тип Nemathelminthes			
25	<i>Brachionus</i> sp.	–	+
26	<i>Notholca</i> sp.	–	+
27	<i>Enteroplea lacustris</i>	+	–
28	<i>Keratella quadrata</i>	+	+
29	<i>Filinia</i> sp.	+	–
30	<i>Epiphanes</i> sp.	+	+
31	<i>Synchaeta pectinata</i>	+	+
32	<i>Rotaria rotatoria</i>	–	+
33	<i>Habrotrocha</i> sp.	+	+
34	<i>Trichocerca</i> sp.	–	+
35	<i>Stephanoceros fimbriatus</i>	+	–

Окончание табл. 4

№ п/п	Таксон	2015	2016
Тип Annelida			
Класс Clitellata			
Подкласс Oligochaeta			
36	<i>Tubifex tubifex</i>	–	+
37	Lumbriculidae	+	–
38	Oligochaeta indet.	–	+
Тип Arthropoda			
Класс Crustacea			
Подотряд Cladocera			
39	<i>Chydorus</i> sp.	+	–
40	<i>Daphnia</i> sp.	–	+
41	<i>Sida</i> sp.	–	+
Класс Ostracoda			
42	Podocopida	+	–
Подкласс Maxillopoda			
Отряд Copepoda			
43	<i>Cyclops</i> sp.	+	+
44	<i>Diaptomus</i> sp.	–	+
Класс Insecta			
Отряд Diptera			
45	<i>Chironomus</i> sp.	–	+
Отряд Plecoptera			
46	Nemouridae	+	+
Отряд Coleoptera			
47	Haliplidae	+	+
Класс Arachnida			
Отряд Acariformes			
48	Hydracarina	+	+
49	неопределенные организмы	+	+
Всего		28	38

В гидробиологических пробах оз. Семёновского идентифицировано 48 видов и форм беспозвоночных организмов.

Результаты расчета коэффициента Серенсена-Чекановского представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Коэффициент видового сходства Серенсена-Чекановского (K_s)

Год	Ледовое/Окунёвое	Ледовое/Семёновское	Семёновское/Окунёвое
2015	0,56	0,65	0,89
2016	0,56	0,57	0,65

Наименьшее видовое сходство отмечено на станциях оз. Ледового и Окунёвого, а наибольшее – на станциях оз. Семёновского и Окунёвого.

Для оценки видового разнообразия проб подсчитывался индекс видо-
вого разнообразия Шеннона (рис. 1).

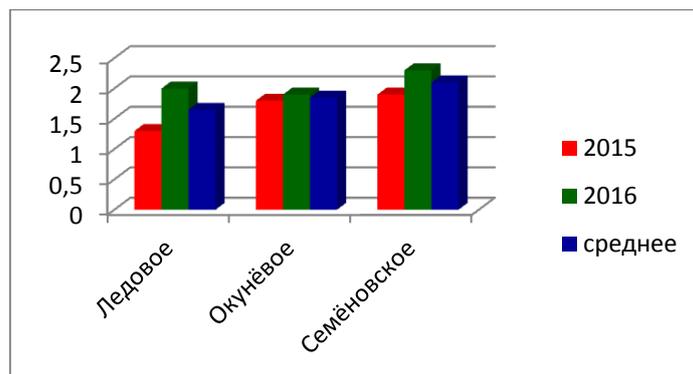


Рисунок 1 – Индекс видового разнообразия Шеннона (H) в 2015–2016 гг.

В экологически неблагополучных экосистемах (тяжелое загрязнение) $H < 1$. Диапазон значений H от 1 до 2 указывает на среднюю степень нарушения (среднее загрязнение), H от 2 до 3 – на слабую нарушенность в системе (слабое загрязнение). При $H > 3$ экосистема не нарушена, качество воды хорошее [5]. Согласно полученным результатам состояние оз. Ледового и Окунёвого можно охарактеризовать как экосистему средней степени нарушения. Экосистема оз. Семёновского имеет слабую степень нарушения.

Сапробность воды определяли путем расчета индекса сапробности по Пантле и Букку (в модификации Сладечека), результаты представлены на рис. 2.

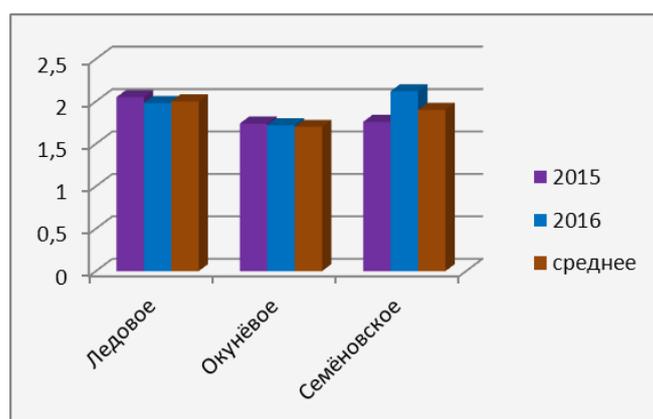


Рисунок 2 – Индекс сапробности (S) воды в 2015–2016 гг.

Для ксеносапробной зоны индекс сапробности находится в пределах 0–0,50; олигосапробной – 0,51–1,50; β -мезосапробной – 1,51–2,50; α -мезосапробной – 2,51–3,50; полисапробной – 3,51–4,00. Согласно приведенной

градации воды исследуемых озер характеризуются как β -мезосапробные (умеренно загрязненные) воды.

Результаты собственных расчетов, сопоставление данных с исследованиями предыдущих лет [3,7] позволяют сделать предварительное заключение: экосистемы исследуемых озер находятся в состоянии "антропогенного экологического напряжения".

Библиографический список

1. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения Дата актуализации: 01.02.2017.
2. РД 52.24.309-2011 Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. Дата введения: 01.06.2012.
3. Минченко Е. Е., Пахомова Н. А. Оценка состояния городских водных экосистем по гидробиологическим показателям // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 3. С. 48–55.
4. Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
5. Основы экогеологии, биоиндикации и биотестирования водных экосистем / под ред. В. В. Куриленко : учеб. пособие. – СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2004. – 448 с.
6. Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы : учебник для студ. биол. спец. университетов / Под ред. В. Д. Фёдорова и В. И. Капкова. – М. : ПИМ, 2006. 367 с.
7. Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод России по гидробиологическим показателям за 2015 г. / Под науч. ред. В. М. Хромова. URL: http://downloads.igce.ru/publications/obz_gidrobiol_2/og_2015.pdf (дата обращения: 24.03.2017).

Цилиофауна озёрных экосистем в урбанизированной среде

Минченко Е. Е. (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии,
e-mail: minchenok.elena@yandex.ru)

Аннотация. В работе представлен краткий фаунистический обзор инфузорий, обитающих в озёрах г. Мурманска.

Abstract. The paper provides the brief faunistic review of free-living ciliates in the lakes of the city of Murmansk. A brief description of some of Ciliophora is presented.

Ключевые слова: инфузории, пресноводные водоёмы, фаунистический обзор.

Key words: free-living ciliates, freshwater basins, faunistic review.

Инфузории – самая многочисленная группа одиночных и колониальных простейших, насчитывающая свыше 7 000 видов. Инфузории характеризуются наличием двигательных органелл – ресничек, ядерным дуализмом и особой формой полового процесса – конъюгацией [1, 2]. Свободноживущие инфузории обитают в водоёмах разных типов; благодаря движению ресничек они отфильтровывают пищевые частицы из окружающей воды. Хищные инфузории питаются другими инфузориями, коловратками и мелкими беспозвоночными [3].

Класс Ресничные инфузории (Ciliata) – наиболее многочисленный, включает три подкласса: Равноресничные (Holotricha), Кругоресничные (Peritricha) и Спиральноресничные (Spirotricha) [4]. Среди последних чаще всего встречаются представители отряда брюхоресничных инфузорий (Hypotricha).

Идентификация инфузорий чрезвычайно сложна, наиболее часто встречающиеся виды можно определить до вида, иногда удается определить до семейства или рода, однако часто дальше подкласса определение, особенно редких видов инфузорий, затруднительно.

Приведем краткий фаунистический обзор инфузорий, обитающих в озёрах г. Мурманска.

Подкласс Holotricha – тело равномерно покрыто ресничками одинаковой длины. Около рта, как правило, мембранелл нет.

Отряд Gymnostomatida характеризуется расположением рта на переднем конце клетки или сбоку. К ним относятся преимущественно хищные инфузо-

рии рода *Dileptus*, предпочитающие среднезагрязнённые водоёмы (рис. 1, а, б). Обнаруживаются повсеместно. Реже можно встретить в пробах инфузорию рода *Prorodon* (рис. 1, в), место обитания – оз. Окунёвое.



Рисунок 1 – Инфузории отряда Gymnostomatida:
а, б – представители рода *Dileptus*, в – *Prorodon* sp.

Отряд Prostomatida – тело инфузорий покрыто толстым панцирем, состоящим из многих рядов пластинок. Типичным представителем отряда является инфузория *Coleps hirtus*, обитатель альфа-мезосапробных и полисапробных водоёмов (рис. 2, а), обнаружена в оз. Ледовом.

Отряд Colpodida – клетки от мелких размеров до крупных. Клеточный рот располагается по середине брюшной стороны, окаймлен длинными ресничками. Передняя часть тела образует киль. В озёрных пробах часто встречается *Colpoda steini* (рис. 2, б). Обитает в альфа-мезосапробных водоемах. Место обитания – оз. Окунёвое и Семёновское. Реже встречается в городских озёрах инфузория овальной формы *Colpoda aspera*, обитатель мезосапробных водоемов (рис. 2, в). Встречена в оз. Окунёвом.



Рисунок 2 – Инфузории отряда Prostomatida:
а – *Coleps* cf. *hirtus*, б – *Colpoda* cf. *steini*, в – *Colpoda* cf. *aspera*.

Отряд Hymenostomatida – наиболее многочисленный по числу видов. Для этого отряда характерно наличие ротовой воронки – перистомы. Инфузории питаются, как правило, бактериями. К этому отряду относятся представители рода *Paramecium* (рис. 3, а, б), часто встречаются в оз. Семёновском и Окунёвом, реже – в оз. Ледовом. Инфузорию рода *Holophrya* (рис. 3, в,

г) можно отнести к редким видам городских водоёмов. Встречена в оз. Окунёвом.

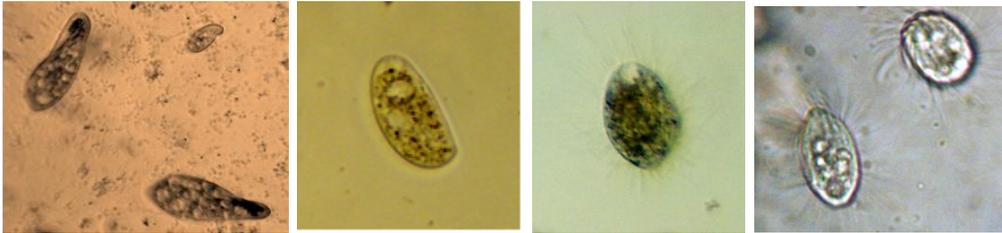


Рисунок 3 – Инфузории отряда Hymenostomatida:
а, б – представители рода Paramecium; в, г – инфузории рода Holophrya.

Подкласс Peritricha – реснички у круглоресничных располагаются только вокруг ротовой воронки, образуя левозакрученную спираль. Большинство видов ведут прикрепленный образ жизни. Типичный представитель – *Vorticella microstomata*. Форма тела бокаловидная, равномерно сужающаяся кверху. От основания клетки отходит сократимый стебелёк, в котором проходит пучок мионем. Обитатель полисапробной зоны водоёмов. Встречается повсеместно (рис. 4, а, б). Некоторые перитрихиды образуют колонии – *Zoothamnium* sp. (рис. 4, в). Колонгия обнаружена в оз. Окунёвом. Размножаются сувойки почкованием.

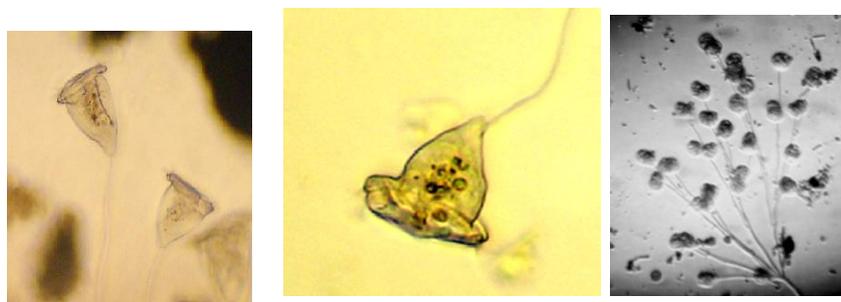


Рисунок 4. Инфузории сем. Vorticellidae:
а, б – *Vorticella* cf. *microstomata*, в – *Zoothamnium* sp.

Подкласс Spirotricha – у представителей этого подкласса отсутствует ресничный аппарат. Ротовые реснички сильно развиты. Питаются, загоняя пищу в рот током воды, создаваемым околоротовыми мембранами.

Отряд Heterotrichida характеризуется двумя типами ресничек: мелкими, покрывающими всё тело, и крупными мембранеллами в околоротовой области. К представителям отряда, обнаруженным в городских водоёмах, относятся трубач *Stentor* (рис. 5, а), спиростомум *Spirostomum* (рис. 5, б), бурсария *Bursaria* (рис. 5, в). Первые два представителя встречаются повсе-

местно. *Bursaria* sp. встречается в озёрах г. Мурманска реже. Место обитания – оз. Семёновское.



Рисунок 5 – Инфузории отряда Heterotrichida:
а – *Stentor* sp., б – *Spirostomum*, в – *Bursaria* sp.

В завершение краткого обзора приведем примеры инфузорий, относящихся к отряду Hupotrichida. Брюхоресничные инфузории наиболее часто встречаются в гидробиологических пробах. К массовым представителям отряда можно отнести мелкую инфузорию рода *Aspidisca* (рис. 6, а). Встречается повсеместно. Является показателем средней и высшей степени органического загрязнения. Часто встречаются представители рода *Stylonychia* (*Stylonychia pustulata*, *Stylonychia mytilus*) (рис. 6б), рода *Oxytricha* (рис. 6, в) и *Euplotes* (рис. 6, г). Стилониция встречена повсеместно. Представители рода *Oxytricha* и *Euplotes* преимущественно обнаружены в оз. Оконёвом и Семёновском. Являются обитателями альфа-мезосапробной зоны.

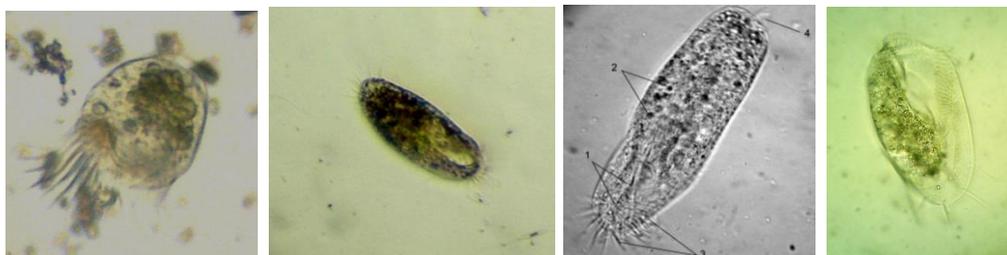


Рисунок 6 – Инфузории отряда Hupotrichida:
а – *Aspidisca* sp., б – *Stylonychia* sp., в – *Oxytricha* sp., г – *Euplotes* sp.

Uroleptus piscis обнаружена в пробах оз. Семёновского (рис. 7). Обитает в водоемах с высоким органическим загрязнением.



Рисунок 7 – *Uroleptus piscis*

В работе приведен сокращенный список инфузорий, обитающих в городских водоёмах. Фотоколлекция Ciliophora пополняется. Материалы коллекции будут использованы для составления атласа свободноживущих инфузорий.

Библиографический список

1. Догель В. А. Зоология беспозвоночных : учебник для ун-тов / Под ред. проф. Ю. И. Полянского – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1981. 606 с.
2. Шарова И. Х. Зоология беспозвоночных : учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М. : ВЛАДОС, 2002. 592 с.
3. Пахомова Н. А., Минченко Е. Е., Салмова Н. А., Журавлева Н. Г. Иллюстрированный атлас "Биоэкологические экскурсии" : учеб. пособие. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012. 182 с.
4. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон и бентос) / отв. ред. Кутикова Л. А., Старобогатов Я. И. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 510 с.

Популяция двустворчатого моллюска *Macoma calcaria* (*Bivalvia*, *Tellinidae*) в Баренцевом море: репродуктивная биология

Носкович А. Э.¹, Павлова Л. В.²

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВО "Мурманский государственный технический университет", кафедра биологии, e-mail: alyona.nosckovitch@yandex.ru)

² (г. Мурманск, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, e-mail: sea1234@mail.ru)

Аннотация. В работе представлены данные о половой структуре, размерах наступления половой зрелости, сроках размножения и размерах зародышевой раковины у двустворчатого моллюска *Macoma calcaria* из Баренцева моря. Во всех районах исследования среди половозрелых моллюсков повсеместно отмечается преобладание самцов.

Abstract. The paper presents data on the sexual structure, the size of the onset of puberty, the timing of reproduction and the size of the embryonic shell in the bivalve *Macoma calcaria* from the Barents Sea. In all areas of study among the of mature clams all over the place observed dominance of males.

Ключевые слова: двустворчатый моллюск, *Macoma calcaria*, зародышевая раковина, сроки размножения.

Key words: bivalve, *Macoma calcaria*, embryonic shell, reproduction periods.

Macoma calcaria – бореально-арктический вид, который широко распространен во всех северных морях России [3]. Поскольку вид *M. calcaria* занимает видное место в составе прибрежных сообществ Баренцева моря [1], необходимы данные об основных показателях его репродуктивной биологии для прогнозирования возможных изменений, вызванных климатическими флуктуациями или антропогенным воздействием.

Цель данного исследования – установить некоторые репродуктивные параметры (половая структура, размеры наступления половой зрелости, сроки размножения, размер зародышевой раковины) у двустворчатого моллюска *M. calcaria* в Баренцевом море.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили пробы моллюсков, собранные в Баренцевом море в период с 2006 по 2011 гг. сотрудниками Мурманского морского биологического института в ходе дночерпательных и водолазных съемок. Глубина отбора проб варьировала от 5 до 60 м. Всего было проанализировано 680 моллюсков.

Длину раковины у *M. calcarea* измеряли с помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм, у мелких экземпляров – с помощью окулярной линейки бинокулярного микроскопа. Пол моллюсков определяли на давленом препарате гонады. Диаметр ооцитов (не менее 10 для каждой особи), а также длину зрелых сперматозоидов измеряли при помощи окуляр-микрометра. По степени развития половых желез дифференцировали ювенильных и половозрелых моллюсков. Различали следующие стадии зрелости гонад [2]:

1. Начало гаметогенеза – в препарате различимы мелкие ооциты (у самок) или незрелые сперматоциты (у самцов).

2. Активный гаметогенез – у самок преобладают крупные ооциты на ножках (цитоплазматических стебельках), у самцов помимо сперматоцитов в небольшом количестве встречаются зрелые сперматозоиды.

3. Преднерестовая стадия – у самок многочисленны крупные свободные (преимущественно без ножек) зрелые ооциты, у самцов – зрелые сперматозоиды.

4. Нерестовая – в микропрепарате редкие или единичные зрелые гаметы.

5. Посленерестовая – в микропрепарате половые клетки неразличимы.

Длину зародышевой раковины определяли преимущественно у мелких моллюсков, так как у более крупных маком она была не видна из-за повреждений верхнего слоя раковины в районе макушки. Измерения проводили при помощи окуляр-микрометра.

Соответствие соотношения полов теоретическому уровню 1:1 для каждого года исследований проверяли на основе критерия χ^2 [5]. Статистические расчеты производились при уровне значимости 0,05.

Результаты и обсуждение

В целом, длина раковины исследованных баренцевоморских особей изменялась от 0,8 мм до 40,7 мм (рис. 1). В губах Дроздовка и Ура в размерной структуре поселений макомы доминируют мелкие моллюски, 83–90 % от численности выборки составляют особи с длиной раковины от 0,8 до 3,8 мм. В губе Ивановская данная размерная группа тоже доминирует, но в меньшей степени, и составляет 60–65 % от выборки.

Размерная структура популяции макомы из побережья Новой Земли существенно отличается от таковой других районов исследования. Здесь не выявлено резкого доминирования молодежи, различные размерные группы моллюсков представлены более полно, чем в южной части Баренцева моря.

В размерной структуре новоземельских маком по численности преобладают (20 %) моллюски с длиной раковины от 8,0 до 16,1 мм. Различия в размерном составе популяций *M. calcarea* из южной и восточной части Баренцева моря обусловлены условиями их обитания. Известно, что на скорость роста и размер раковины влияют такие параметры, как соленость, глубина, температура воды и грунт, в котором обитает моллюск [6]. В губах Мурмана температурные и соленостные условия более вариабельны, чем у берегов Новой Земли, причем, чем меньше глубина обитания моллюсков, тем условия более нестабильны. У берегов Новой Земли пробы были отобраны на более значительной глубине (табл. 1), где моллюски менее подвержены температурным и соленостным перепадам. Такие стабильные условия, по всей видимости, способствуют выживанию крупноразмерных моллюсков *M. calcarea*.

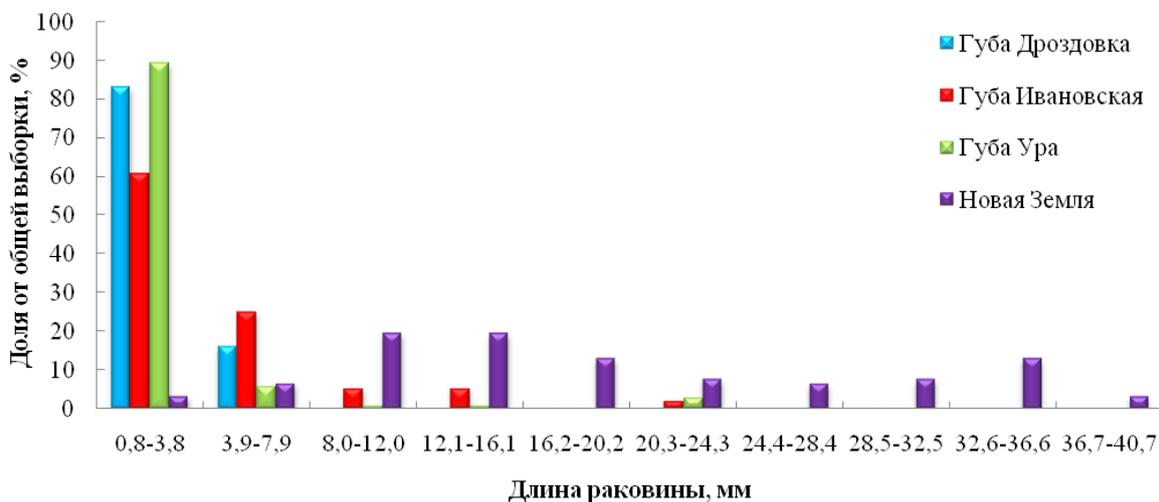


Рисунок 1 – Размерный состав моллюсков *Macoma calcarea* в районах исследования

Соотношение доли половозрелых и неполовозрелых моллюсков оказалось схожим в губах южного побережья Баренцева моря (рис. 2). Особенно сильно ювенилы доминировали в губах Ура и Дроздовка. По-видимому, условия для размножения и успешного оседания личинок в этих районах сложились особенно удачно по сравнению с другими. В районе Новой Земли следует отметить малую долю неполовозрелых моллюсков и значительное преобладание половозрелых особей. Известно, что в неустойчивых растущих популяциях увеличивается число потомков, размножение начинается раньше [4].

У половозрелых моллюсков повсеместно отмечено количественное преобладание самцов над самками (рис. 3). Такое соотношение полов может быть

вызвано различными факторами, как генетическими, так и экологическими. Известно, что у многих видов пол определяется под воздействием изменения величины температур. Также данное соотношение может быть вызвано высокой смертностью самок в исследуемых районах [4].

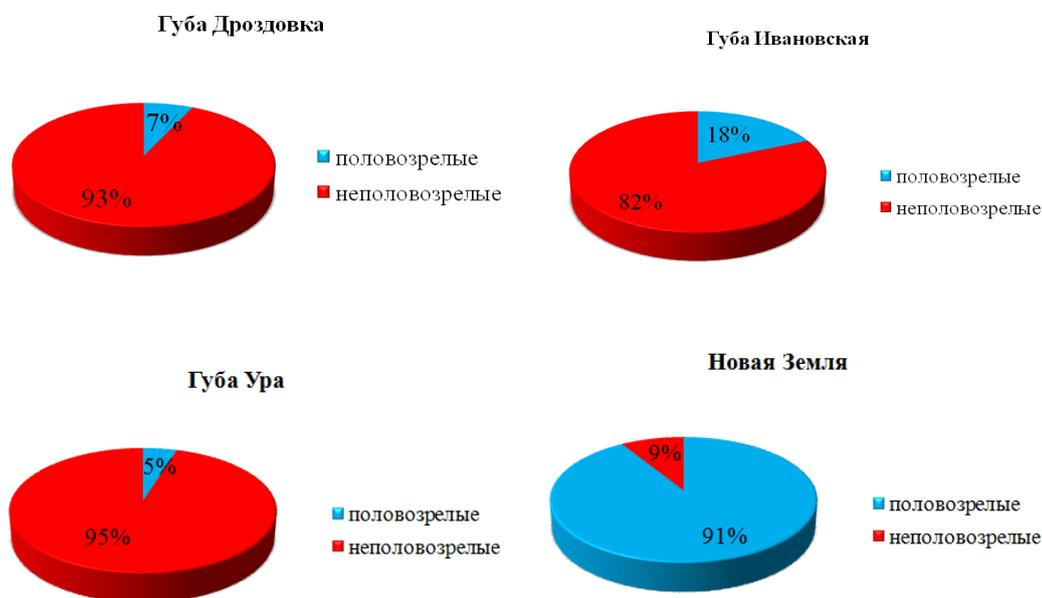


Рисунок 2 – Соотношение половозрелых и неполовозрелых моллюсков *Macoma calcaria*

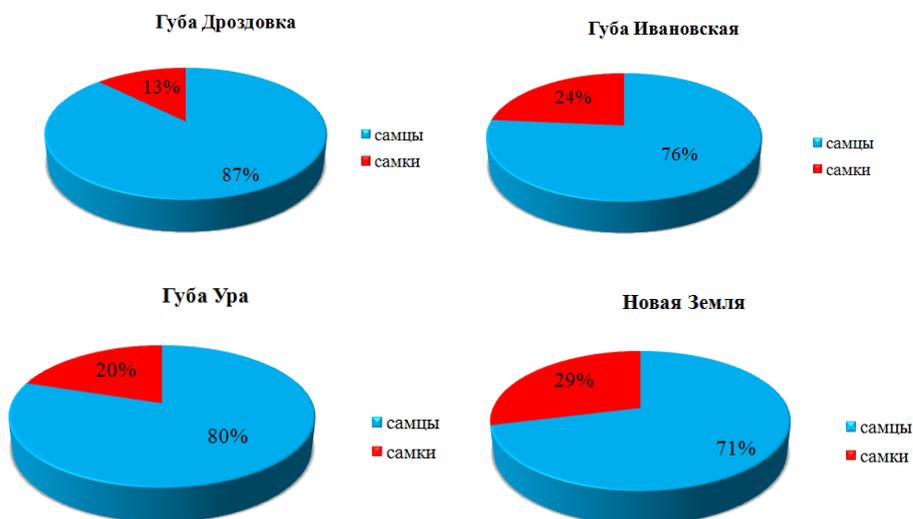


Рисунок 3 – Соотношение полов в популяции *M. Calcareea*

У самцов *M. calcaria* в микропрепарате под микроскопом были различимы сперматозоиды или сперматоциты. Длина головки зрелого сперматозоида во всех губах Баренцева моря составляла примерно 2,5 мкм, хвоста –

около 4,5 мкм. В гонадах самок наблюдали ооциты с диаметром от 35 до 70 мкм (рис. 4).

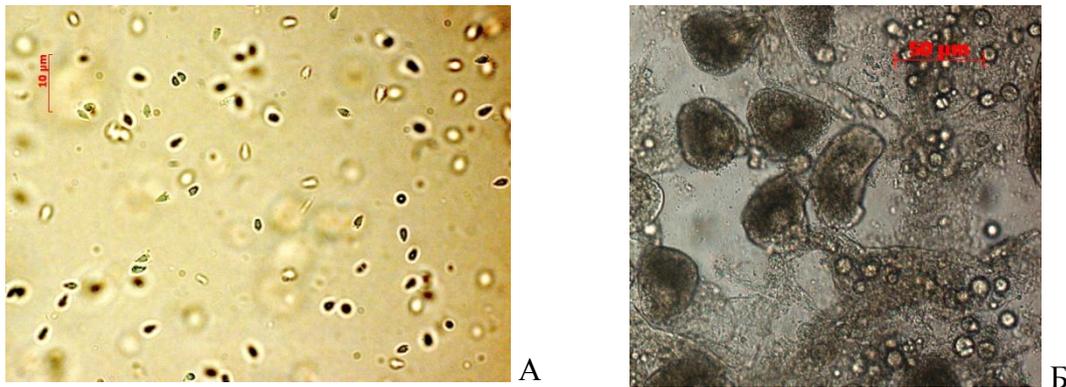


Рисунок 4 – Сперматозоиды и ооциты моллюска *Macoma calcaria*
(А – сперматозоиды, Б – ооциты)

Изучение стадий зрелости гонад может указать на ориентировочные сроки размножения моллюсков. Самки *M. calcaria* в преднерестовой стадии были обнаружены только в прибрежье Новой Земли. Они составляли около 20 % от выборки (рис. 5). Учитывая, что пробы были отобраны в августе, можно предположить, что нерест в данном районе будет проходить в осенние месяцы. В других районах исследования самок со зрелыми ооцитами обнаружено не было, у самок преобладали стадии активного гаметогенеза или его начала. Самый большой процент самок на стадии начала гаметогенеза был обнаружен в августе в губе Ивановская. Нерест моллюсков в этом районе, возможно, должен происходить в зимние месяцы. В губах Дроздовка и Ура нерест можно ожидать в зимние месяцы. В поселениях маком у Новой Земли размножение, видимо, сдвинуто на другой сезон в силу особенностей условий обитания.

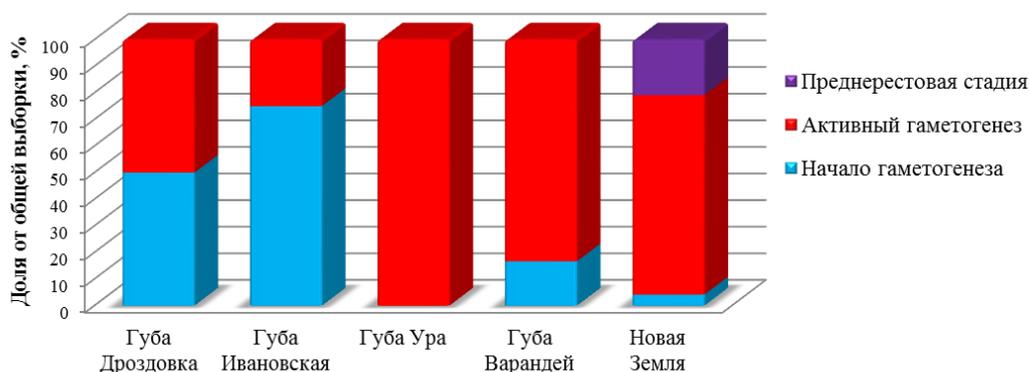


Рисунок 5 – Соотношение самок *Macoma calcaria* на разных стадиях гаметогенеза в поселениях исследуемых районов

Размеры зародышевой раковины *M. calcarea* в районах исследования варьировали от 0,34 мм в губе Дроздовка до 0,41 мм в прибрежье Новой Земли (рис. 6). Известно, что размеры молоди уменьшаются в условиях недостатка ресурсов и отсутствия давления хищников или конкурентов [4]. С этой точки зрения, более крупные размеры зародышевой раковины в прибрежье Новой Земли можно объяснить более выраженным дефицитом ресурсов, скорее всего – пищевых, а он в свою очередь обусловлен определенными факторами среды, свойственные данному району.

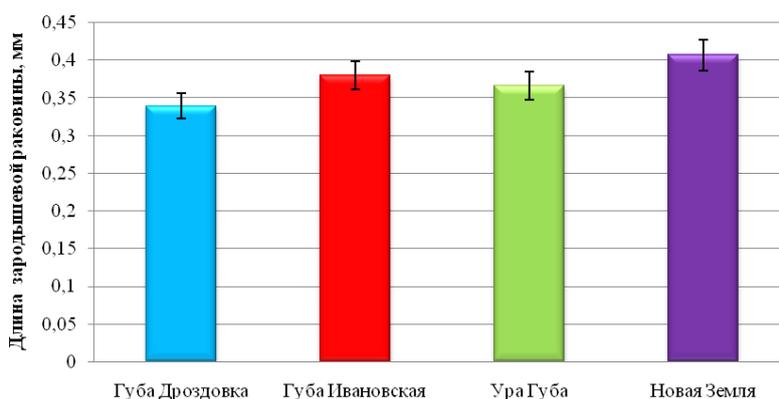


Рисунок 6 – Длина зародышевой раковины *Macoma calcareo* в районах исследования.
Указано стандартное отклонение

Заключение

В прибрежье Восточного Мурмана условия обитания можно назвать более теплыми (вдоль берега на восток проходит теплая ветвь атлантического течения) и в то же время изменчивыми. Наиболее суровые температурные условия характерны для прибрежья Новой Земли. В то же время здесь наблюдаются минимальные колебания гидрологических условий по сравнению с другими районами исследования.

В районе Новой Земли состояние популяции *M. calcareo* более стабильно, хотя пополнение молодь незначительно. Размерные классы моллюсков здесь представлены наиболее полно, макомы в данном районе достигают более крупных размеров, в их поселениях преобладают половозрелые моллюски. В прибрежье Западного и Восточного Мурмана популяции макомы менее стабильны, хотя условия для размножения более благоприятны. Здесь в поселениях маком крайне многочисленна молодь, достигающая половой зрелости при меньших размерах, чем на востоке Баренцева моря. Особи с крупными размерами редки, видимо, вследствие повышенной смертности. Во всех

районах исследования среди половозрелых моллюсков *M. calcarea* преобладают самцы. Обычно в популяциях многих других видов соотношение полов бывает равным. Причина такого дисбаланса в половой структуре исследуемых макровидов не ясна и нуждается в дальнейшем исследовании.

Библиографический список

1. Зацепин В. И. Сообщества фауны донных беспозвоночных мурманского побережья Баренцева моря и их связь с сообществами Северной Атлантики // Труды Всесоюз. Гидробиол. общества. – М. : Изд. АН СССР. – Т.12, 1962. С. 245–344.
2. Методы изучения двустворчатых моллюсков. Труды Зоологического института АН СССР / Под ред. Г. Л. Шкорбатова, Я. И. Старобогатова. – Л. : АН СССР. – Т. 219, 1990. – 208 с.
3. Наумов А. Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа. СПб, 2006. – 367 с.
4. Одум Ю. Экология : в 2 т. – М. : Мир. Т. 2, 1986. – 376 с.
5. Урбах В. Ю. Биометрические методы (Статистическая обработка опытных данных в биологии, сельском хозяйстве и медицине). – М. : Наука, 1964. – 415 с.
6. Rasmussen E. Systematics and ecology of the Ice-fjord marine fauna (Denmark) // *Ophelia*. – V.11, 1973. P. 5–495.

Некоторые данные по биологии европейского хариуса *Thymallus thymallus* (L.) реки Поной Мурманской области

Ткаченко А. В., Шкателов А. П., Неличик В. А. (г. Мурманск, "Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича, e-mail: tkach@pinro.ru)

Аннотация. На основе данных полевых исследований, осуществленных в 2016 г., определены показатели длины и массы, возрастной и половой состав европейского хариуса (*Thymallus thymallus* (L.)), населяющего нижнее течение реки Поной Мурманской области. Полученные данные позволяют сделать вывод об удовлетворительном состоянии популяции хариуса.

Abstract. Size and mass indexes, age and sex composition of European grayling (*Thymallus thymallus* (L.)) inhabiting lower current of the Ponoj River (Murmansk region) were determined, based on data of the 2016 field studies. The obtained data infer that grayling population is in a satisfying state.

Ключевые слова: хариус, возрастная структура, половозрелость.

Key words: grayling, age structure, sexual maturity

По баренцевоморскому побережью Кольского полуострова проходит северная граница ареала европейского хариуса *Thymallus thymallus* (L.). Эта рыба населяет в основном водоемы и водотоки бассейнов рек Тулома, Воронья, Поной, Умба, Варзуга и водосбор Имандровского, Пиренгского и Князегубского водохранилищ [1]. Численность, темп роста, плодовитость хариуса во многом зависят от гидрологических условий в конкретном водном объекте. Повышенная требовательность хариуса к условиям обитания проявляется исчезновением его в тех водных объектах, где наблюдается интенсивное антропогенное воздействие на водные экосистемы. За последнее десятилетие отмечено значительное снижение численности хариуса во многих местах его обитания по причине ухудшения условий обитания и неконтролируемого любительского лова.

Промысловое значения хариуса невелико, при промысле он встречается в качестве прилова, однако во многих реках он зачастую является основным объектом спортивного и любительского лова. Особенно это характерно для крупных водотоков бассейна Белого моря. Большие промысловые скопления хариус образует только перед нерестом.

Географическое расположение реки Поной вдали от населенных пунктов и отсутствие инфраструктуры позволили сохранить этот край в первозданном виде. Поной – самая протяженная лососевая река на Кольском полуострове – длина основного русла составляет 426 км. Река Поной и ее многочисленные притоки вытянуты в широтном направлении и расположены в центральной части восточной половины Кольского полуострова (рисунок) [2].

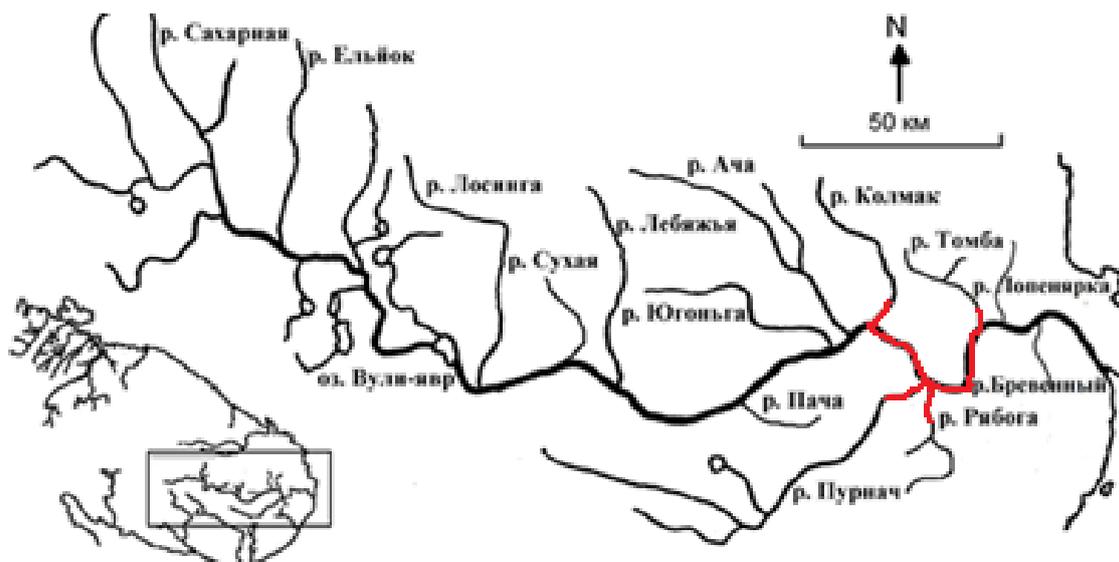


Рисунок 1 – Карта-схема бассейна р. Поной (красным отмечен участок исследования)

Литературные данные по ихтиофауне р. Поной охватывают главным образом атлантического лосося, кумжу и сига. Данные по хариусу в последние десятилетия фрагментарны и крайне скудны. Задача исследования – определить современное состояние и популяционные характеристики хариуса в реке Поной.

Сбор и обработка материалов проводилась по стандартным методикам [3, 4] в летний период с июня по август в 2016 г., в нижнем течении реки Поной на участке от р. Колмак до р. Томба как в основном русле, так и в притоках с помощью крючковых орудий лова. Измерялись длина по Смитту (АС), масса, пол определялся визуально после вскрытия рыбы. В качестве регистрирующей структуры для определения возраста использовалась чешуя. Выборка составила 40 экземпляров.

Длина хариуса изменялась в пределах от 23,0 до 39,0 см, составив в среднем 32,7 см. Средняя масса рыб – 0,36 кг (от 0,2 до 0,6 кг). Размерно-возрастные показатели и половая структура хариуса представлены в таблице.

Таблица 1 – Биологическая характеристика хариуса европейского *Thymallus thymallus* (L.) в речной системе р. Поной в 2016 г.

Показатель	Возраст, лет						Средний показатель по всей выборке	Половой состав, %
	4+	5+	6+	7+	8+	9+		
<i>Самцы</i>								
Средняя длина (АС), см	29,0	30,0	32,5	35,8	33,0	38,0	33,6	33,0
Средняя масса, кг	0,20	0,20	0,39	0,48	0,30	0,50	0,4	
Кол-во экз.	1	2	3	5	1	1	13	
Средний возраст, лет							6,5	
<i>Самки</i>								
Средняя длина (АС), см	28,0	28,8	34,3	34,5	36,0	36,0	32,3	67,0
Средняя масса, кг	0,21	0,28	0,40	0,42	0,40	0,4	0,4	
Кол-во экз.	3	8	6	6	3	1	27	
Средний возраст, лет							6,0	
<i>Вся выборка</i>								
Средняя длина (АС), см	28,3	29,1	33,72	35,1	35,3	37,0	32,7	100
Средняя масса, кг	0,20	0,26	0,40	0,44	0,38	0,45	0,4	
Кол-во экз.	4	10	9	11	4	2	40	
Доля, %	10,0	25,0	22,5	27,5	10,0	5,0	100	
Средний возраст, лет							6,2	

В возрастной структуре доминировали рыбы в возрасте от 5+ до 7+ лет (75 %). Возраст самого крупного экземпляра составил 9+. В соотношении полов (♂♂: ♀♀) в период отбора проб преобладали самки (67 %). Ювенильные особи в улове не встречались.

Собранный нами материал согласуется с имеющимися представлениями о структуре популяций хариуса, обитающих в водоемах северных географических широт, где половое созревание наступает на 4-7 году жизни [5], а в реке Поной на 5–7 году, при достижении длины хариусом 30–35 см и массе 200–400 г. Самцы крупнее самок и выделяются наличием яркой окраски и большим размером спинного плавника.

Анализ собранных данных дает возможность оценить состояние запасов хариуса в бассейне реки Поной как удовлетворительное, но поскольку сбор материала носил эпизодический характер, предлагается дополнить его в другие сезоны: осенью для характеристики стад в предзимовальный период, а весной для изучения нерестовых миграций.

Библиографический список

1. Галкин, Г. Г. Ихтиофауна водохранилищ и озер Мурманской области / Г. Г. Галкин, А. А. Колюшев, В. В. Покровский // Рыбы Мурманской области. Условия обитания, жизнь и промысел. – Мурманск : Мурман. книж изд-во, 1966. С. 177–193.
2. Прусов, С. В. Атлантический лосось (*Salmo salar* L.) реки Поной (экология, воспроизводство, эксплуатация) : автореф. дис. ... канд. биол. наук / С. В. Прусов. – Петрозаводск, 2004. – 24 с.
3. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И. Ф. Правдин – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 367 с.
4. Смирнов, Ю. А. Оценка производительности нерестово-выростных угодий лососевых рек / Ю. А. Смирнов, Ю. А. Шустов // Лососевые нерестовые реки Онежского озера. – Л., 1978. – С. 65–70.
5. Зиновьев Е. А. Плодовитость европейской хариуса *Thymallus thymallus* (L.) // Вестн. Перм. ун-та. Сер. Биология. 1995. Вып. 1. С. 153–167.

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВ**

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Мурманск, 7 апреля 2017 г.)

Часть 1

Ответственный за выпуск *П. П. Кравец*

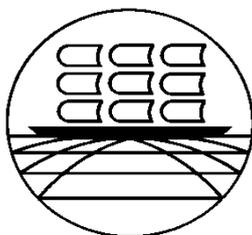
Компьютерная верстка *Г. М. Плишко*

Налоговая льгота – Издания соответствуют коду 58.11.1 ОКПД 2 ОК 034-2014
(КПЕС 2008)

Издательство МГТУ. 183010, Мурманск, Спортивная, 13.

Сдано в набор 13.10.2017. Подписано в печать 00.00.2017. Формат 60×84¹/₁₆.
Бум. типографская. Усл. печ. л. 0,00. Уч.-изд. л. 0,00. Заказ 000. Тираж 100 экз.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"**



**СОВРЕМЕННЫЕ
ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ
И ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ,
ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВ**

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Мурманск, 7 апреля 2017 г.)

Часть 1

Мурманск
Издательство МГТУ
2017