

Российская академия наук
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
Мурманский морской биологический институт

**АРКТИЧЕСКОЕ МОРСКОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
В XXI ВЕКЕ – СОВРЕМЕННЫЙ БАЛАНС
НАУЧНЫХ ТРАДИЦИЙ И ИННОВАЦИЙ**
(к 80-летию ММБИ КНЦ РАН)

Тезисы докладов Международной научной конференции
(г. Мурманск, 1–3 апреля 2015 г.)

Апатиты
2015

УДК 551.46 + 57(26)(268)

A82

A82 Арктическое морское природопользование в XXI веке – современный баланс научных традиций и инноваций (к 80-летию ММБИ КНЦ РАН): тез. докл. междунар. науч. конф. (г. Мурманск, 1–3 апреля 2015 г.) / [отв. ред. Г.Г.Матишов]; Мурман. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. – Апатиты: КНЦ РАН, 2015. – 275 с.

ISBN 978-5-91137-295-8 (в пер.)

В сборнике представлены тезисы докладов Международной научной конференции «Арктическое морское природопользование в XXI веке – современный баланс научных традиций и инноваций», проводимой Мурманским морским биологическим институтом КНЦ РАН в апреле 2015 г. и посвященной 80-летию Института. Участниками конференции рассматриваются вопросы видового разнообразия и продуктивности в биотических системах, морской геологии и палеоэкологии, динамики и эволюции популяций, сообществ и экосистем в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного пресса. Анализируются методы, а также направления рационального природопользования, охраны водных акваторий, восстановления и сохранения природы Арктики. Представлены основные результаты изучения воздействия промышленной эксплуатации морских месторождений нефти и газа, радиационного и химического загрязнения на морские и прибрежные экосистемы высоких широт.

Материалы сборника предназначены для биологов, океанологов, геологов, географов и других специалистов, а также для широкого круга читателей, интересующихся историей науки и актуальными проблемами морских исследований.

УДК 551.46 + 57(26)(268)

Редколлегия:

академик Г.Г.Матишов (отв. редактор),
д.б.н. П.Р.Макаревич, д.г.н. С.Л.Дженюк,
к.г.н. И.С.Усягина, к.г.н. Д.В.Моисеев

ISBN 978-5-91137-295-8

- © Федеральное государственное учреждение науки Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 2015
- © Коллектив авторов, 2015
- © Федеральное государственное учреждение науки Кольский научный центр РАН, 2015

Оригинал-макет данного издания является собственностью ММБИ КНЦ РАН, и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия Института запрещается.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>Матишов Г.Г.</i> Фундаментальные и прикладные исследования арктических морей в интересах экономики и безопасности	5
<i>Адров Н.М.</i> Прошлое и будущее ММБИ глазами пионера Арктики	7
<i>Анохина В.В.</i> Критерии выбора акваполигонов в арктических морях Европейского Севера России	8
<i>Архипова О.Е., Лихтанская Н.В., Бердников С.В.</i> Проект геопортала “Экологическая изученность арктических морей в экспедициях Мурманского морского биологического института КНЦ РАН” с использованием облачных технологий	10
<i>Ахметчина О.Ю.</i> Биотопическое распределение мшанок (Bryozoa) на литорали Восточного Мурмана (Дальние Зеленцы)	12
<i>Баданин Ю.А., Дерябин А.А.</i> Авифауна Баренцева и Карского морей по трассе Северного морского пути в зимне-весенний период 2013–2014 гг.	14
<i>Баданин Ю.А., Дерябин А.А.</i> Результаты экспедиции в Баренцево, Белое и Карское моря по трассе Севморпути весной 2014 г.	16
<i>Безгачина Т.В.</i> О выделении возбудителя вибриоза – культуры штамма <i>Vibrio anguillarum</i> от мидий <i>Mytilus edulis</i> естественной популяции в Баренцевом море	17
<i>Белевич Т.А., Милютина И.А., Ильяхи Л.В., Горюнов Д.В., Логачева М.Д., Троицкий А.В.</i> Первые данные о таксономическом составе пикофракции эукариотного планктона Белого моря, полученные методом NGS-секвенирования	17
<i>Берестовский Е.Г.</i> Индустриальное вторжение садкового лосося в нативные популяции <i>Salmo salar</i>	19
<i>Бирюкова С.В.</i> Макрозообентос районов косы Тузла и косы Рубанова Таманского залива ...	21
<i>Бойко Н.С.</i> Социальная организация белухи <i>Delphinapterus leucas</i> Кандалакшского залива Белого моря	23
<i>Валуйская Д.А.</i> Техногенные радионуклиды в компонентах лесных и тундровых экосистем Мурманской области	24
<i>Васильев А.М., Комличенко В.В.</i> Основные биоэкономические принципы и проблемы использования основного богатства Баренцева моря атлантической трески северо-восточной арктической популяции	26
<i>Ващенко П.С.</i> Разработка карт чувствительности береговой линии арктических морей: необходимость, опыт построения, проблемы	28
<i>Водопьянова В.В.</i> Вертикальное распределение хлорофилла арктического фитопланктона в условиях полярной ночи	30
<i>Воскобойников Г.М.</i> Исследования адаптации, регуляции роста и использования макрофитов Баренцева моря: связь времен	32
<i>Воскобойников Г.М., Голяк И.В., Куранов Ю.Ф., Макаров М.В.</i> Биотехнология и экономика аквакультуры и первичной переработки морских макрофитов на побережье Баренцева моря	34
<i>Гарбуль Е.А., Мусеев Д.В.</i> Усовершенствованный стол для разбора проб макрозообентоса	35
<i>Герасимова А.В., Максимович Н.В.</i> Закономерности выживания двустворчатых моллюсков <i>Mya arenaria</i> L. в литоральных поселениях Белого моря	36
<i>Гневашева А.В., Иванов Б.В.</i> Зависимость значений радиационных характеристик от количества и интенсивности загрязнения на примере снежно-ледниковых поверхностей архипелага Шпицберген	38
	263

Горяева А.А. Об отдельных случаях обнаружения новых кормовых станций представителями синантропной группировки серебристых чаек в окрестностях Мурманска	40
Грищенко И.В. Наблюдаемые тенденции в температурном режиме Печорского моря	42
Громов В.В. Несколько замечаний о методе Браун-Бланке в морской гидробиологии ...	43
Гудимов А.В., Массабю Ж.-Ч., Матишов Г.Г. Первый опыт непрерывного он-лайн биомониторинга в условиях побережья Баренцева моря	44
Даувальтер В.А., Кашулин Н.А. Оценка экологического состояния озер северо-западной части Мурманской области и приграничной территории сопредельных стран по результатам исследования химического состава донных отложений	45
Дворецкий А.Г., Дворецкий В.Г. Вариации размеров созревания самок камчатского краба в побережье Баренцева моря	47
Дворецкий В.Г., Дворецкий А.Г. Влияние факторов среды на зоопланктон на разрезе “Кольский меридиан” в 2003–2010 гг.	48
Денисов Д.Б. Динамика водорослевых сообществ бассейна реки Паз (Кольский полуостров)	50
Державин В.Л. Голландец Фламинг – первооткрыватель “Дома Баренца” на Новой Земле ...	52
Державин В.Л. Трагедия немецкой арктической экспедиции лейтенанта Шрёдера-Штранца	54
Дженюк С.Л. Физические и биологические аспекты мониторинга морских экосистем ...	56
Дикаева Д.Р., Фролова Е.А. Многолетнее распределение сообществ полихет на разрезе “Кольский меридиан”	57
Евдокимова И.О. Мониторинг залежек гренландского тюленя на судоходных трассах в Белом море	59
Ежов А.В. Основные угрозы для колоний морских птиц побережья Мурманска	61
Епифанов В.П. Определение деформационно-прочностных характеристик ледникового льда и снежного покрова в условиях Арктики	63
Ерохина И.А. Новые данные об адсорбционно-транспортной функции эритроцитов морских млекопитающих	65
Жилин А.Ю. Мониторинг углеводов в воде Баренцева моря на разрезе “Кольский меридиан”	66
Жичкин А.П. Воздействие природных и антропогенных факторов на состояние промысловой ихтиофауны и промышленное рыболовство в Баренцевом море	68
Журавлева Н.Г. Морфологическое строение пищеварительного тракта личинок атлантического палтуса <i>Hippoglossus hippoglossus</i>	70
Зайцев А.А., Лазуренко В.В. Характер изменений в поведении гренландского тюленя при влиянии различных факторов	71
Зайцев В.Б., Коледаева Е.В. Промежуточные филаменты в подоцитах почечных гломерул морских костистых рыб	72
Захаренко В.С. Роль комплексных исследований в целях экологической безопасности Арктического шельфа	74
Захаренко В.С., Шлыкова В.В. Контрастность в эволюции ледниковых покровов Восточной Гренландии и Западно-Арктического шельфа	76
Захаров В.Г. Динамика ледников Приатлантической Арктики и циркуляционные эпохи Северного полушария (конец XIX–начало XXI веков)	77
Зензеров В.С. Эндокринные механизмы в адаптации камчатского краба Баренцева моря к изменению среды обитания	79
Зимица О.Л., Любина О.С. Фауна Peracarida (Crustacea: Malacostraca) на разрезе “Кольский меридиан”	80
Иваненко В.И., Корнейков Р.И., Локшин Э.П. Сорбционное извлечение цезия и стронция из растворов соединениями на основе фосфатов титана (IV)	82
Иванов С.А. Сравнительный анализ изменчивости гидрохимических параметров в различных водных массах Баренцева моря	84

Ильин Г.В. Техногенные нагрузки и риски загрязнения окраинных морей Российской Арктики	86
Ильин Г.В., Моисеев Д.В., Громов М.С., Широколов Д.В., Дерябин А.А. Гидрологический режим губы Дальнезеленецкая	88
Ишкулов Д.Г., Горяев Ю.И. Результаты наблюдений за птицами и морскими млекопитающими в Обской и Тазовской губах в поздне-летний период 2014 г.	90
Кавцевич Н.Н., Ерохина И.А. 30 лет исследований морских млекопитающих в ММБИ ...	92
Кавцевич Н.Н., Ерохина И.А., Минзюк Т.В. “Физиологический перекрест” лейкоцитарной формулы и особенности системы крови тюленей	94
Калинка О.П., Карнатов А.Н., Ващенко П.С. Разработка карт экологической уязвимости прибрежных и морских зон арктических морей от нефти на примере Кольского залива	95
Калыгин М.Н., Шарин В.В. Инженерно-геоморфологические аспекты эксплуатации и восстановления российских объектов на архипелаге Шпицберген	98
Канищева О.В. Популяционная структура <i>Fucus vesiculosus</i> на литорали Кольского залива	100
Карамушко Л.И. Биоэнергетические адаптации полярных видов рыб	101
Карамушко О.В. Видовой состав и структура ихтиопланктона Баренцева, Белого и Карского морей	102
Катаев Г.Д. О многолетнем колебании численности норвежского лемминга <i>Lemmus lemmus</i> – эндемичного вида Кольского полуострова	103
Кириллова-Покровская Т.А. Геолого-геофизические исследования МАГЭ на шельфе архипелага Шпицберген	105
Клиндох М.П. Исследование свободных аминокислот бурых и красных водорослей Баренцева моря методом ВЭЖХ	107
Кондаков А.А., Кавцевич Н.Н., Олейников Е.П. Минимальная численность серых тюленей (<i>Halichoerus grypus</i> Fabricius, 1791) в размножающихся колониях Айновых островов	109
Корнилова Т. И. Проблемы сохранения ихтиофауны арктических озер как потенциальных объектов отечественной аквакультуры	110
Королева И.М. Изменчивость размерно-возрастной структуры популяций европейской ряпушки в субарктических водоемах (на примере Кольского полуострова)	112
Краснов Ю.В., Ежов А.В. Результаты изучения кочевок моевок <i>Rissa tridactyla</i> Восточного Мурмана во внегнездовой период на современном этапе	113
Кренева С.В., Кренева К.В. Стремительный рост роли инфузорий в развитии методов гидроэкологии	115
Крюкова Г.Г., Величко Б.М. Некоторые результаты сейсморазведочных работ в юго-восточной части Предновоземельской структурной области	117
Кудрявцева О.Ю. Структура прибрежных сообществ молоди рыб в губах Дальнезеленецкая и Ярнышная Баренцева моря	119
Кудрявцева Е.О., Воскобойников Г.М., Голяк И.В. Строение энергетического аппарата у <i>Laminaria latissima</i> на ранних стадиях онтогенеза	121
Куклин В.В. Гельминты массовых видов колониальных птиц Мурманского побережья: комплексный и сравнительный анализ	123
Куклина М.М. Физиология питания <i>Tetrabothrius erostris</i> (Cestoda: Tetrabothriidae) из кишечника моевки и серебристой чайки	125
Кулыгин В.В., Бердников С.В. Математическое моделирование первичной продукции экосистемы Баренцева и Белого морей	126
Куранов Ю.Ф. Институциональные и экономические меры рационализации промышленной деятельности	128
Ларионов В.В. Сообщества одноклеточных микроводорослей: “третий” путь эволюции	130
Лебедева Н.В. Гуси на миграции и зимовке в бассейне Азовского моря	133
Леонова Т.Д., Белоус О.В. Особенности формирования рельефа дна и побережий залива Академии (Охотское море)	134

<i>Лепешко В.В., Белоус О.В.</i> О рельефе и “живой тектонике” Арктики	135
<i>Литвинов Ю.В.</i> Обонятельная чувствительность гренландских тюленей к диметилсульфиду	136
<i>Луговой Н.Н., Романенко Ф.А., Игнатов Е.И., Репкина Т.Ю., Шевченко Н.В.</i> Морская учебная практика студентов кафедры геоморфологии и палеогеографии МГУ им. М.В.Ломоносова на Беломорской биологической станции им. Н.А.Перцова	138
<i>Любина О.С., Анисимова Н.А., Любин П.А.</i> Изменения зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” с 1995 по 2012 гг.	140
<i>Мавлюдов Б.Р., Кононова Н.К., Захаров В.Г.</i> Синхронность динамики ледовых процессов в Арктике и Антарктике в апреле 2012 г.	142
<i>Мазухина С.И., Максимова В.В.</i> Изучение морских систем методом физико-химического моделирования	144
<i>Макаревич П.Р.</i> Особенности функционирования сообществ первичных продуцентов морей Западной Арктики	146
<i>Макаревич П.Р., Моисеев Д.В., Дружкова Е.И., Берченко И.В., Олейник А.А., Духно Г.Н., Дворецкий В.Г.</i> Участие ММБИ в международном проекте “GreenSeas”	148
<i>Макаров М.В.</i> Гидростатическое давление и вертикальное распределение водорослей ...	150
<i>Максимова В.В., Мазухина С.И.</i> Опыт применения физико-химического моделирования природных процессов для прогноза нефтяного загрязнения арктических акваторий	151
<i>Малавенда С.В., Митяев М.В., Малавенда С.С., Герасимова М.В.</i> Фитообрастание крупнообломочного материала на валунной литорали Мурманского побережья и сукцессия фитоценозов	153
<i>Матишов Г.Г., Бердников С.В.</i> Задачи создания экспериментального образца биотехнической системы мониторинга шельфовых зон морей Западной Арктики и Юга России	155
<i>Матишов Г.Г., Денисов В.В., Дженюк С.Л., Жичкин А.П., Ильин Г.В.</i> Развитие арктического морского природопользования в ММБИ: теоретические и практические аспекты комплексного подхода на современном этапе (результаты и проблемы)	156
<i>Матишов Г.Г., Касаткина Н.Е., Усягина И.С., Ильин Г.В., Моисеев Д.В., Бердников С.В.</i> Международное сотрудничество по охране окружающей среды и радиационным исследованиям Европейской Арктики	158
<i>Матишов Г.Г., Усягина И.С., Матишов Д.Г.</i> Антропогенная радиоактивность морей Западной Арктики в 2010–2014 гг.	160
<i>Мещеряков Н.И.</i> Особенности геоморфологии подводной равнины устьевой зоны реки Грендален (Западный Шпицберген)	162
<i>Минзюк Т.В.</i> Морфологическая и цитохимическая характеристика лейкоцитов крови щенков серого тюленя	163
<i>Митяев М.В., Герасимова М.В.</i> Цикличность экзогенных геологических процессов на Мурманском побережье	165
<i>Михайлюк А.Л.</i> Техногенное шумовое загрязнение Баренцева моря и его влияние на биологию кольчатой нерпы	166
<i>Моисеев Д.В., Бобров К.А.</i> Океанографические исследования в заливе Грэн-фьорд	168
<i>Моисеев Д.В., Духно Г.Н.</i> Верификация температуры поверхности моря по данным дистанционного зондирования Земли и <i>in situ</i> для Карского моря	169
<i>Морозова О.А.</i> Распространение вод Оби и Енисея в Карском море	170
<i>Мысливец В.И.</i> Особенности прибрежного и подводного рельефа Земли Франца-Иосифа	172
<i>Ненашева-Желудкова А.И.</i> Стереотипная траектория движения как критерий оценки влияния внешних и внутренних факторов на поведение кольчатой нерпы <i>Pusa hispida</i>	174
<i>Нехаев И.О.</i> Отражают ли новые находки моллюсков на юго-западе Баренцева моря происходящие климатические изменения?	176
<i>Облучинская Е.Д.</i> Содержание полифенолов водорослей Баренцева моря и их антиоксидантная активность	178

Окунев А.С. Основные формы рельефа, четвертичные отложения и история развития перигляциальной зоны района Сорг-фьорд	179
Олейников Е.П., Кондаков А.А., Герасюк В.С. Особенности среды обитания серых тюленей в период размножения на о. Большой Айнов	180
Павлов Д.С., Веселов А.Е., Костин В.В., Ефремов Д.А., Ручьев М.А. Факторы естественного воспроизводства атлантического лосося <i>Salmo salar</i> L. в беломорских реках Кольского полуострова	181
Павлова Л.В. Величина и структура экологического рациона камчатского краба как критерии оценки влияния вселенца на бентос Баренцева моря	183
Павлова Л.Г., Иикулова Т.Г. Исследование параметров гидрохимического комплекса в губе Териберская	185
Павлова М.А., Широколобова Т.И., Венгер М.П., Водопьянова В.В. Бактерии и вирусы эстуарных вод Карского моря	187
Пантелеева Н.Н. Исследование книдарий в ММБИ: история и современность	189
Пастухов И.А. Уровень активности щелочной фосфатазы в море Лаптевых летом 2014 г. ...	190
Пахомов М.В. К вопросу об использовании цвета предмета как условного раздражителя при работе с арктическими тюленями	191
Пирихалава Н.Р., Штаборов Д.А. Проблемы и перспективы освоения ресурсов Арктики	193
Плотицына Н.Ф. Мониторинг хлорированных углеводородов и тяжелых металлов в воде Баренцева моря на разрезе “Кольский меридиан”	193
Погребов В.Б. Экологический мониторинг в морях Российской Арктики: методические нюансы биологических исследований	195
Поддубная Л.Г., Хеммингсен В. Анцестральные моногении хрящевых химер и скатов Норвежского моря	197
Подлипский И.И., Жабриков С.Ю. Технологическое оборудование утилизации отходов бурения для обеспечения нефтедобычи на морских буровых платформах	199
Поликарпова Н.В., Макарова О.А. Комплексный мониторинг на особо охраняемых природных территориях Мурманской области: от северной тайги до южной тундры	201
Полякова Н.В., Сухих Н.М., Старков А.И., Алексеев В.Р. Уточнение видовой принадлежности ракообразных рода <i>Euritemora</i> в беломорских наскальных ваннах	203
Пуговкин Д.В., Ляймер А. Бактерии-эпифиты водорослей <i>Fucus vesiculosus</i> в губе Дальнезеленецкая Баренцева моря	204
Расхожева Е.В. Продукционные процессы и параметры жизненного цикла в популяции сайки Баренцева моря	205
Руденко О.В., Енина В.В. Терригенные и водные палиноморфы в поверхностных и донных осадках моря Лаптевых как инструмент палеореконструкций	207
Рыжик И.В. Активные формы кислорода – как начальный этап процесса адаптации <i>Fucus vesiculosus</i> к периоду осушения	208
Савицкий Р.М. Зимовка и миграция обыкновенного гоголя на Азовском море	210
Светочев В.Н., Светочева О.Н. Предпосылки для создания биотехнической системы с использованием морских млекопитающих	210
Свитина В.С., Гудимов А.В. Популяция усонюгих раков <i>Semibalanus balanoides</i> : условия выживания на эстуарной литорали кута Кольского залива	212
Священников П.Н., Иванов Б.В., Уразгельдеева А.У., Курочкин Ю.Н., Чистяков К.В., Дивин Д., Хадсон С. Влияние загрязнения окружающей среды в окрестностях пос. Баренцбург (архипелаг Шпицберген) на радиационные свойства снежно-ледового покрова	213
Селифонова Ж.П. Экосистемы заливов и бухт Черного и Азовского морей (российский сектор)	213
Семерюк И.А., Намятов А.А. Применение параметра $\delta^{18}\text{O}$ для расчета пресноводного баланса водных масс Арктического бассейна	216
Сёмин В.Л., Зимина О.Л. Предварительные данные о мегабентосе моря Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря	218

Смирнова Е.В. Анализ распределения некоторых видов рода <i>Lycodes</i> (Zoarcidae) в Баренцевом и Карском морях	220
Степаньян О.В. Неизвестные страницы жизни русского альголога Зои Петровны Тиховской	221
Тарасов Г.А. Процессы седиментации и геологические этапы развития шельфа Баренцева моря	223
Третьякова И.А., Бердников С.В. Информационная основа для изучения большой морской экосистемы Баренцева и Белого морей	224
Трошичев А.Р. К вопросу о транспортировке ластоногих	225
Трошков В.А., Македонская И.Ю. Многолетние исследования планктонных сообществ Двинского залива Белого моря (по результатам гидробиологических съемок 2001–2013 гг.)	226
Усягина И.С. Реконструкция потоков ¹³⁷ Cs и ⁹⁰ Sr в Карском море (1960–2013 гг.)	228
Филиппова Н.А., Киреева М.А., Максимович Н.В. О характере микрораспределения организмов макробентоса в сообществах литорали Керетского архипелага (Кандалакшский залив, Белое море)	230
Фролов А.А. Многолетние исследования пресноводных двустворчатых моллюсков надсемейства Pisioidae в водоемах севера Мурманской области	231
Цетлин А.Б., Мокиевский В.О., Исаченко А.И., Киселева Е.А., Загретдинова Д.Р., Панькова Е.С., Сиренко А.Э., Голенок О.А., Лебедева Г.А., Галаев В.Е., Котельников К.А., Латыпова Э.Х. Распределение видов <i>Bivalvia</i> в Ругозерской губе Белого моря	233
Цыганкова А.Е., Бердников С.В., Шевердяев И.В., Яцкая Н.А. Многолетняя изменчивость ледового режима Баренцева и Белого морей	235
Черпанова Т.А., Горбачев А.А. Кислотонейтрализующая способность морских вод на примере Белого моря	237
Черпанова Т.А., Горбачева Т.Т., Мазухина С.И. Формы нахождения железа в атмосферных выпадениях на территорию Кандалакшского залива	239
Черпанова Т.А., Мазухина С.И., Иванов С.В. Определение форм нахождения элементов в реке Умба методом физико-химического моделирования	241
Чернова Н.В. Состав и структура ихтиофауны открытой части Карского моря по материалам количественных исследований	243
Чинарина А.Д. Памяти Владимира Матвеевича Муравейко (1944–2014)	245
Чугайнова В.А. Антропогенное воздействие на экосистему Белого моря	247
Шабалин Н.В., Мокиевский В.О., Исаченко А.И., Киселева Е.А., Илюшин Д.Г., Козловский В.В. Применение дистанционных методов для оценки состояния донных сообществ при инженерных изысканиях	249
Шавыкин А.А. Методика построения карт уязвимости прибрежных и морских зон от нефти	250
Шарин В.В. Голоценовая морская макрофауна из района бухты Петунья (архипелаг Шпицберген)	253
Шевердяев И.В., Цыганкова А.Е., Бердников С.В. Вертикальное распределение аномалий температуры воды и солености в Баренцевом море в 1977–2012 гг.	254
Широколобова Т.И., Венгер М.П., Макаревич П.Р., Водопьянова В.В. Компоненты микропланктона арктических и субарктических экосистем Баренцевоморского шельфа	256
Шошина Е.В. Влияние дозы света и ее составляющих на интенсивность роста водорослей	258
Шумкин В.Я., Колпаков Е.М. Человек в изменчивых экосистемах Арктики. Археологический аспект	260
Яковлев А.П. О перспективах исследования когнитивного поведения настоящих тюленей в условиях биотехнического акваполигона	261

CONTENTS

	Pages
<i>Matishov G.G.</i> Basic and applied research in arctic seas for the sake of economy and defense	5
<i>Adrov N.M.</i> Past and Future as seen with the eyes of the Pioneer of the Arctic	7
<i>Anokhina V.V.</i> Criteria for choosing sites for aquaculture farms on coasts of arctic seas of Russia's European North	8
<i>Arkipova O.E., Likhtanskaya N.V., Berdnikov S.V.</i> Web project "Environmental studies of arctic seas in research expeditions of the Murman Marine Biological Institute" based on cloud technologies	10
<i>Akhmetchina O.Yu.</i> Biotope distribution of moss animals (Bryozoa) in the littoral zone of Eastern Murman (Dalniye Zelentsy)	12
<i>Badanin Yu.A., Deryabin A.A.</i> Bird fauna in the Barents and Kara Seas along the Northern Sea Route in the winter and spring of 2013–2014	14
<i>Badanin Yu.A., Deryabin A.A.</i> Results of a research expedition in the Barents, White, and Kara Seas along the Northern Sea Route in the spring of 2014	16
<i>Bezgachina T.V.</i> Identification of the vibriosis pathogen, <i>Vibrio anguillarum</i> strain culture, in mussels <i>Mytilus edulis</i> from the Barents Sea natural population	17
<i>Belevich T.A., Milyutina I.A., Ilyash L.V., Goryunov D.V., Logacheva M.D., Troitsky A.V.</i> Initial data on taxonomic composition of the eukaryotic White Sea plankton picofraction obtained by the Next Generation Sequencing (NGS) method	17
<i>Berestovsky E.G.</i> Intrusion of farmed salmon into native populations of the Atlantic salmon <i>Salmo salar</i>	19
<i>Biryukova S.V.</i> Macrozoobenthos of Tuzla Spit and Rubanov Spit areas, Taman Bay	21
<i>Boiko N.S.</i> Social organization among the white whale <i>Delphinapterus leucas</i> in Kandalaksha Bay of the White Sea	23
<i>Valuiskaya D.A.</i> Technogenic radionuclides in components of forest and tundra ecosystems of Murmansk Oblast	24
<i>Vasilyev A.M., Komlichenko V.V.</i> Major bioeconomic principles and challenges in exploitation of Barents Sea Northeast Arctic cod	26
<i>Vaschenko P.S.</i> Developing maps of arctic seas coastal line vulnerability: necessity, building experience, challenges	28
<i>Vodopyanova V.V.</i> Vertical distribution of arctic phytoplankton chlorophyll under conditions of the polar night	30
<i>Voskoboinikov G.M.</i> Research on adaptation and growth regulation mechanisms and exploitation of Barents Sea macrophytes: time connection	32
<i>Voskoboinikov G.M., Golyak I.V., Kuranov Yu.F., Makarov M.V.</i> Biotechnology and economy of marine culture and initial processing of marine macrophytes on the Barents Sea coast	34
<i>Garbul E.A., Moiseev D.V.</i> Improved sorting table for handling macrozoobenthos samples	35
<i>Gerasimova A.V., Maksimovich N.V.</i> Regularities of survival of the bivalve mollusk <i>Mya arenaria</i> L. in littoral assemblages of the White Sea	36
<i>Gnevasheva A.V., Ivanov B.V.</i> Dependence of values of radioactive parameters on intensity of contamination of snow and ice surfaces on the Svalbard Archipelago	38
<i>Goryaeva A.A.</i> Single findings of new feeding sites by birds from the synanthropic assemblage of herring gulls in the outskirts of the city of Murmansk	40

<i>Grischenko I.V.</i> Observed tendencies in the thermal regime of the Pechora Sea	42
<i>Gromov V.V.</i> Several comments on the use of the Braun-Blanquet method in marine hydrobotany	43
<i>Gudimov A.V., Massabuau J.-Ch., Matishov G.G.</i> Initial experience in continuous on-line biomonitoring in the Barents Sea coastal zone	44
<i>Dauvalter V.A., Kashulin N.A.</i> Assessment of environmental status of lakes in the northwestern part of Murmansk Oblast and adjacent territories of neighboring countries by studying chemical composition of bottom sediments	45
<i>Dvoretzky A.G., Dvoretzky V.G.</i> Variations of adult female red king crab sizes in the Barents Sea coastal waters	47
<i>Dvoretzky V.G., Dvoretzky A.G.</i> Impacts of environmental factors on zooplankton along the Kola Meridian Transect in 2003–2010	48
<i>Denisov D.B.</i> Dynamics of algae assemblages in the Pasvik River basin (Kola Peninsula) ...	50
<i>Derzhavin V.L.</i> Dutch whaler Flaming, discoverer of the wooden lodge “Het Behouden Huys” of Barentsz on Novaya Zemlya	52
<i>Derzhavin V.L.</i> Tragedy of the German Arctic Expedition of lieutenant Schröder-Stranz	54
<i>Dzhenyuk S.L.</i> Physical and biological aspects of the marine ecosystem monitoring	56
<i>Dikaeva D.R., Frolova E.A.</i> Multi-annual distribution of Polychaeta assemblages along the Kola Meridian Transect	57
<i>Yevdokimova I.O.</i> Monitoring of Greenland seal rookeries along navigation routes in the White Sea	59
<i>Yezhov A.V.</i> Main threats to marine bird colonies on Murman Coast	61
<i>Yepifanov V.P.</i> Determining strength and deformability properties of glacier ice and snow cover under Arctic conditions	63
<i>Yerokhina I.A.</i> New data on the absorption and transport function of erythrocytes in marine mammals	65
<i>Zhilin A.Yu.</i> Monitoring of hydrocarbons in Barents Sea waters along the Kola Meridian Transect	66
<i>Zhichkin A.P.</i> Effects of environmental and man-caused factors on the status of commercial fish stocks and commercial fisheries in the Barents Sea	68
<i>Zhuravleva N.G.</i> Morphologic structure of the digestive tract in larvae of the Atlantic halibut <i>Hippoglossus hippoglossus</i>	70
<i>Zaitsev A.A., Lazurenko V.V.</i> Character of changes in Greenland seal’s behavior under the influence of different factors	71
<i>Zaitsev V.B., Koledaeva E.V.</i> Intermediate filaments in podocytes of kidney glomeruli in marine bony fishes	72
<i>Zakharenko V.S.</i> Role of integrated studies in securing environmental safety of the Arctic continental shelf	74
<i>Zakharenko V.S., Shlykova V.V.</i> Contrast in the evolution of glacier covers of Eastern Greenland and Russia’s Western Arctic Sector	76
<i>Zakharov V.G.</i> Dynamics of glaciers in the near-Atlantic sector of the Arctic and circulation epochs of the Northern Hemisphere (late XIX century–early XX century)	77
<i>Zenzerov V.S.</i> Endocrine mechanisms in Barents Sea red king crab adaptation to changes in habitat conditions	79
<i>Zimina O.L., Lyubina O.S.</i> Fauna of Peracarida (Crustacea: Malacostraca) along the Kola Meridian Transect	80
<i>Ivanenko V.I., Korneikov R.I., Lokshin E.P.</i> Sorption extraction of cesium and strontium from solutions using titanium (IV) phosphate compounds	82
<i>Ivanov S.A.</i> Comparative analysis of variability of hydrochemical parameters in different Barents Sea water masses	84
<i>Ilyin G.V.</i> Technogenic load and contamination risks in marginal seas of the Russian Arctic	86
<i>Ilyin G.V., Moiseev D.V., Gromov M.S., Shirokolobov D.V., Deryabin A.A.</i> Hydrological regime of Dalniye Zelentsy Bay	88

<i>Ishkulov D.G., Goryaev Yu.I.</i> Results of observations of birds and marine mammals in Ob and Taz Inlets in the late summer of 2014	90
<i>Kavtsevich N.N., Yerokhina I.A.</i> Thirty years of studies on marine mammals at MMBI	92
<i>Kavtsevich N.N., Yerokhina I.A., Minzyuk T.V.</i> Physiological crossfit of the leukocyte formula and peculiarities of the blood system in seals	94
<i>Kalinka O.P., Karnatov A.N., Vaschenko P.S.</i> Building maps of environmental vulnerability of coastal and marine zones of arctic seas to oil and petroleum products for Kola Inlet, Barents Sea	95
<i>Kalygin M.N., Sharin V.V.</i> Engineering and geomorphological aspects of exploitation and recovery of Russian facilities on the Svalbard Archipelago	98
<i>Kanisheva O.V.</i> Population structure of <i>Fucus vesiculosus</i> in the littoral zone of Kola Inlet	100
<i>Karamushko L.I.</i> Bioenergetic adaptations of polar fishes	101
<i>Karamushko O.V.</i> Species composition and the structure of ichthyoplankton in the Barents, White, and Kara Seas	102
<i>Katayev G.S.</i> On multi-annual variations in numbers of the Norway lemming <i>Lemmus lemmus</i> , an endemic species of Kola Peninsula	103
<i>Kirillova-Pokrovskaya T.A.</i> Geological and geophysical studies by MAGE on the continental shelf of the Svalbard Archipelago	105
<i>Klindukh M.P.</i> Researching on free amino acids in brown and red Barents Sea algae with the use of the High Performance Liquid Chromatography (HPLC) method	107
<i>Kondakov A.A., Kavtsevich N.N., Oleinikov E.P.</i> Minimal numbers of grey seals (<i>Hali-choerus grypus</i> Fabricius, 1791) in propagating colonies on Ainov Islands	109
<i>Kornilova T.I.</i> Conservation of the fish fauna of arctic lakes as potential species for aquaculture in Russia	110
<i>Koroleva I.M.</i> Variability of the size and age structure of the European cisco population in subarctic water bodies on Kola Peninsula	112
<i>Krasnov Yu.V., Yezhov A.V.</i> Results of studies on modern migrations of the black-legged kittiwake <i>Rissa tridactyla</i> on Eastern Murman during non-nesting period	113
<i>Kreneva S.V., Kreneva K.V.</i> Drastic growth of the role of ciliates in the development of hydroecological methods	115
<i>Kryukova G.G., Velichko B.M.</i> Results of seismic surveys in the south-eastern part of the Novaya Zemlya geological structure	117
<i>Kudryavtseva O.Yu.</i> Structure of coastal communities of fish juveniles in Dalniye Zelentsy and Yarnyshny Bays, Barents Sea	119
<i>Kudryavtseva E.O., Voskoboinikov G.M., Golyak I.V.</i> Structure of the energy complex in <i>Laminaria latissima</i> in early ontogenesis stages	121
<i>Kuklin V.V.</i> Helminths in common species of colonial birds of Murman Coast: integrated and comparative analysis	123
<i>Kuklina M.M.</i> Nutrition physiology of <i>Tetrabothrius erostris</i> (Cestoda: Tetrabothriidae) in intestines of the black-legged kittiwake and European herring gull	125
<i>Kulygin V.V., Berdnikov S.V.</i> Mathematic modeling of the primary production of the Barents and White Seas ecosystem	126
<i>Kuranov Yu.F.</i> Institutional and economic measures to rationalize and sustain fisheries	128
<i>Larionov V.V.</i> Single-celled microalgae communities: a “third” evolution way	130
<i>Lebedeva N.V.</i> Geese on migration and wintering grounds in the basin of the Sea of Azov ...	133
<i>Leonova T.D., Belous O.V.</i> Peculiarities of the formation of the seabed and coastal relief in Academy Bay (Sea of Okhotsk)	134
<i>Lepeshko V.V., Belous O.V.</i> On the relief and “vital tectonics” of the Arctic	135
<i>Litvinov Yu.V.</i> Olfactory sensitivity for dimethyl sulfide in Greenland seals	136
<i>Lugovoi N.N., Romanenko F.A., Ignatov E.I., Repkina T.Yu., Shevchenko N.V.</i> Marine education practice for Geomorphology and Paleogeography Faculty students (Lomonosov Moscow State University) at the N.A.Pertsov White Sea Biological Station	138
<i>Lyubina O.S., Anisimova N.A., Lyubin P.A.</i> Changes in zoobenthos along the Kola Meridian Transect in 1995 through 2012	140

<i>Mavlyudov B.R., Kononova N.K., Zakharov V.G.</i> Synchronism in the dynamics of glacial processes in the Arctic and Antarctic in April 2012	142
<i>Mazukhina S.I., Maksimova V.V.</i> Research on marine ecosystems by the physical and chemical modeling method	144
<i>Makarevich P.R.</i> Specific features of the functioning of primary production communities in seas of Russia's West Arctic Sector	146
<i>Makarevich P.R., Moiseev D.V., Druzhkova E.I., Berchenko I.V., Oleinik A.A., Dukhno G.N., Dvoretzky V.G.</i> MMBI participation in the GreenSeas international project	148
<i>Makarov M.V.</i> Hydrostatic pressure and the vertical distribution of algae	150
<i>Maksimova V.V., Mazukhina S.I.</i> Experience of the use of physical and chemical modeling of natural processes to forecast petroleum contamination of arctic water areas	151
<i>Malavenda S.V., Mityaev M.V., Malavenda S.S., Gerasimova M.V.</i> Algae fouling of large rock clasts on intertidal boulder fields of Murman Coast and the succession of floral communities ...	153
<i>Matishov G.G., Berdnikov S.V.</i> Tasks for creation of an experimental specimen of a bio-technical system to monitor continental shelf zones in seas of Russia's West Arctic Sector and Russia's South	155
<i>Matishov G.G., Denisov V.V., Dzhenyuk S.L., Zhichkin A.P., Ilyin G.V.</i> Development of arctic marine nature management practices at MMBI: current theoretical and practical aspects of an integrated approach (challenges and results)	156
<i>Matishov G.G., Kasatkina N.E., Usyagina I.S., Ilyin G.V., Moiseev D.V., Berdnikov S.V.</i> International cooperation on nature conservation and radiation research in Europe's Arctic	158
<i>Matishov G.G., Usyagina I.S., Matishov D.G.</i> Man-caused radioactivity in seas of Russia's West Arctic Sector in 2010–2014	160
<i>Mescheryakov N.I.</i> Specific features of the geomorphology of a subsea valley in the mouth part of the Grondalen River (Spitsbergen Island, Svalbard)	162
<i>Minzyuk T.V.</i> Morphological and cytochemical parameters of blood leukocytes in grey seal cubs	163
<i>Mityaev M.V., Gerasimova M.V.</i> Recurrence of exogenous geological processes on Murman Coast	165
<i>Mikhailyuk A.L.</i> Technogenic noise in the Barents Sea and its impacts on the biology of the ringed seal	166
<i>Moiseev D.V., Bobrov K.A.</i> Oceanographic research in Gronfjorden Bay	168
<i>Moiseev D.V., Dukhno G.N.</i> Verification of the Kara Sea surface temperature according to data of remote sensing and in situ observations	169
<i>Morozova O.A.</i> Distribution of the Ob River and Yenisey River waters in the Kara Sea	170
<i>Myslivets V.I.</i> Specific features of the coastal and subsea relief of the Franz-Josef Land Archipelago	172
<i>Nenasheva-Zheludkova A.I.</i> Stereotype movement trajectory as a criterion to assess effects of external and internal factors on the behavior of the ringed seal <i>Pusa hispida</i>	174
<i>Nekhayev I.O.</i> Do new findings of mollusks in the south-western Barents Sea reflect current climate change?	176
<i>Obluchinskaya E.D.</i> Contents of polyphenols in Barents Sea algae and their antioxidizing activity	178
<i>Okunev A.S.</i> Main relief forms, quaternary sediments, and the history of the evolution of the Sorgfjorden Bay periglacial zone	179
<i>Oleinikov E.P., Kondakov A.A., Gerasyuk V.S.</i> Features of the grey seal habitat on Bolshoi Ainov Island during the propagation period	180
<i>Pavlov D.S., Veselov A.E., Kostin V.V., Yefremov D.A., Ruchyev M.A.</i> Factors of the natural reproduction of the Atlantic salmon <i>Salmo salar</i> L. in White Sea rivers of Kola Peninsula	181
<i>Pavlova L.V.</i> Amount of the daily food ration and the diet of the red king crab as criteria to assess impacts on the Barents Sea benthos	183
<i>Pavlova L.G., Ishkulova T.G.</i> Studies of hydrochemical parameters in Teriberka Bay	185
<i>Pavlova M.A., Shirokolobova T.I., Venger M.P., Vodopyanova V.V.</i> Bacteria and viruses in estuarine waters of the Kara Sea	187

<i>Panteleeva N.N.</i> Studies of cnidarians at MMBI: history and the present time	189
<i>Pastukhov I.A.</i> Level of activity of alkaline phosphatase in the Laptev Sea in the summer of 2014	190
<i>Pakhomov M.V.</i> On the question of the choice of an object's color used as a conditioned stimulus when training arctic seals	191
<i>Pirtskhalava N.R., Shtaborov D.A.</i> Challenges and outlook for exploration and exploitation of resources of the Arctic	193
<i>Plotitsina N.F.</i> Monitoring of chlorinated hydrocarbons and heavy metals in the Barents Sea waters along the Kola Meridian Transect	193
<i>Pogrebov V.B.</i> Environmental monitoring in seas of Russia's Arctic: methodic nuances of biologic research	195
<i>Poddubnaya L.G., Hemmingsen W.</i> Ancestral monogeneans in cartilaginous chimaeras and skates of the Norwegian Sea	197
<i>Podlipsky I.I., Zhabrikov S.Yu.</i> Technological equipment for handling drilling wastes at off-shore oil production platforms	199
<i>Polikarpova N.V., Makarova O.A.</i> Integrated monitoring in specially protected natural territories of Murmansk Oblast: from the northern taiga to the southern tundra	201
<i>Polyakova N.V., Sukhikh N.M., Starkov A.I., Alekseev V.R.</i> Clarification of the taxonomy of crustaceans of the genera <i>Euritemora</i> in rock water pools in the White Sea intertidal zone	203
<i>Pugovkin D.V., Leimer A.</i> Epiphyte bacteria on algae <i>Fucus vesiculosus</i> in Dalniye Zelentsy Bay (Barents Sea)	204
<i>Raskhozheva E.V.</i> Production processes and parameters of the life cycle in the Barents Sea polar cod population	205
<i>Rudenko O.V., Yenina V.V.</i> Terrigenous and water-borne palynomorphs in surface and bottom sediments of the Laptev Sea as an instrument of paleoreconstructions	207
<i>Ryzhik I.V.</i> Active oxygen forms as an initial stage of the <i>Fucus vesiculosus</i> adaptation process to dehydration	208
<i>Savitsky R.M.</i> Hibernation and migrations of the common goldeneye in the Sea of Azov	210
<i>Svetochev V.N., Svetocheva O.N.</i> Premises of the development of a biotechnical marine mammal system	210
<i>Svitina V.S., Gudimov A.V.</i> Population of the acorn barnacle <i>Semibalanus balanoides</i> : conditions for survival in the intertidal estuarine zone in the head of Kola Inlet	212
<i>Svyaschennikov P.N., Ivanov B.V., Urazgeldeeva A.U., Kurochkin Yu.N., Chistyakov K.V., Divin D., Hadson S.</i> Effects of environmental contamination around Barentsburg Settlement (Svalbard) on radiation properties of the snow and ice cover	213
<i>Selifonova Zh.P.</i> Ecosystems of bays and harbors of the Black Sea and the Sea of Azov (Russian sector)	213
<i>Semeryuk I.A., Namyatov A.A.</i> Use of the $\delta^{18}\text{O}$ parameter to calculate the freshwater balance of water masses of the Arctic basin	216
<i>Semin V.L., Zimina O.L.</i> Initial data on megabenthos of the Laptev Sea and the western East-Siberian Sea	218
<i>Smirnova E.V.</i> Analysis of the distribution of some species of the genus <i>Lycodes</i> (Zoarcidae) in the Barents and Kara Seas	220
<i>Stepanyan O.V.</i> Unknown pages of life of Russian algologist Zoya Petrovna Tikhovskaya ...	221
<i>Tarasov G.A.</i> Sedimentation processes and geological stages of the evolution of the Barents Sea continental shelf	223
<i>Tretyakova I.A., Berdnikov S.V.</i> Information basis to study the Barents and White Seas Large Marine Ecosystem	224
<i>Troshichev A.R.</i> On the question of transporting pinnipeds	225
<i>Troshkov V.A., Makedonskaya I.Yu.</i> Multi-annual studies on planktonic communities in Dvina Bay, White Sea (according to hydrobiological surveys of 2001–2013)	226
<i>Usyagina I.S.</i> Reconstruction of ^{137}Cs and ^{90}Sr fluxes in the Kara Sea (1960–2013)	228

<i>Filippova N.A., Kireeva M.A., Maksimovich N.V.</i> Character of microdistribution of macrobenthos organisms in littoral communities of the Keretsky Archipelago (Kandalaksha Bay, White Sea)	230
<i>Frolov A.A.</i> Multiannual studies on freshwater bivalves of the superfamily Pisidioidea in water bodies of the north of Murmansk Oblast	231
<i>Tsetlin A.B., Mokievsky V.O., Isachenko A.I., Kiseleva E.A., Zagretdinova D.R., Pankova E.S., Sirenko A.E., Golenok O.A., Lebedeva G.A., Galaev V.E., Kotelnikov K.A., Latypova E.K.</i> Distribution of Bivalvia species in Rugozero Bay, White Sea	233
<i>Tsygankova A.E., Berdnikov S.V., Sheverdyaev I.V., Yaitskaya N.A.</i> Multi-annual variability of the ice regime of the Barents and White Seas	235
<i>Cherepanova T.A., Gorbachev A.A.</i> Acid-neutralizing capacity of sea water, White Sea	237
<i>Cherepanova T.A., Gorbacheva T.T., Mazukhina S.I.</i> Forms of iron contents in atmospheric precipitation over Kandalaksha Bay territory	239
<i>Cherepanova T.A., Mazukhina S.I., Ivanov S.V.</i> Determination of forms of elements in the Umba River by the physical and chemical modeling method	241
<i>Chernova N.V.</i> Composition and structure of fish fauna in the open part of the Kara Sea according to data of quantitative studies	243
<i>Chinarina A.D.</i> In memory of Vladimir Matveevich Muraveiko (1944–2014)	245
<i>Chugainova V.A.</i> Man-caused impacts on the White Sea ecosystem	247
<i>Shabalin N.V., Mokievsky V.O., Isachenko A.I., Kiseleva E.A., Ilyushin D.G., Kozlovsky V.V.</i> Use of remote sensing methods to assess the status of bottom communities when making engineering surveys	249
<i>Shavykin A.A.</i> Methodology for building maps of marine and coastal zone vulnerability to crude oil and petroleum products	250
<i>Sharin V.V.</i> Holocene marine macrofauna in Petunia Fjord (Svalbard Archipelago)	253
<i>Shaverdyaev I.V., Tsygankova A.E., Berdnikov S.V.</i> Vertical distribution of sea water temperature and salinity anomalies in the Barents Sea in 1977–2012	254
<i>Shirokolobova T.I., Venger M.P., Makarevich P.R., Vodopyanova V.V.</i> Microplankton components in arctic and subarctic ecosystems over the Barents Sea continental shelf	256
<i>Shoshina E.V.</i> Effects of the insolation level and its constituents on the intensity of algae growth	258
<i>Shumkin V.Ya., Kolpakov E.M.</i> Man in changeable Arctic ecosystems. An archaeological aspect	260
<i>Yakovlev A.P.</i> Outlook for studies on cognitive behavior of common seals under conditions of a biotechnical aquatic center	261

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ В ИНТЕРЕСАХ ЭКОНОМИКИ И БЕЗОПАСНОСТИ

Г.Г.Матишов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Современная природная и социально-экономическая ситуация в Арктике крайне противоречива. До последнего времени общий экономический подъем в России и ускоренный рост цен на основные виды минерального сырья способствовали активизации хозяйственной деятельности, прежде всего морских перевозок. Одновременно обострились геополитические противоречия, связанные с разграничением Арктического шельфа, экономической зоной Шпицбергена и режимом судоходства по Севморпути. Аномально теплые условия последних лет создали благоприятную ситуацию для морского транспорта и разработки шельфовых нефтегазовых месторождений. Однако в 2013–2014 гг. наметилась тенденция возврата к океанологическим и ледовым условиям, характерным для второй половины XX века.

В этой ситуации, как никогда, необходимы исследования реакции природы Арктики на совокупность климатических и антропогенных воздействий. От этого будут зависеть использование морских биоресурсов (важнейшей составляющей продовольственной безопасности России), оптимизация морской деятельности, сохранение редких и исчезающих биологических видов.

Морские исследования Мурманского морского биологического института на протяжении всех 80 лет его деятельности были направлены на решение фундаментальных задач морской биологии и вместе с тем на достижение практически значимых результатов. Остановимся на некоторых важнейших научных достижениях последних лет, обогативших наши представления о природе арктических морей и обладающих инновационным потенциалом.

Разработана методология оценок биоразнообразия арктических морей с учетом современных климатических и антропогенных воздействий на основе комплексного мониторинга, генетических подходов, индексов биоразнообразия, географического анализа биотопов. Созданы сводки данных о биоразнообразии арктических морей России по приоритетным таксономическим группам: фито- и зоопланктон, фито- и зообентос, ихтиофауна, морские млекопитающие, морские птицы. Впервые составлен экологический обзор фауны зоопланктона Баренцева моря, выполнен комплексный анализ его структуры и таксономического состава. Обнаружено шесть новых видов донных беспозвоночных в фауне Карского моря и два новых вида брюхоногих моллюсков для Баренцева моря. Обновленные сводки таксономических и биоэкологических данных необходимы для анализа структуры и динамики морских экосистем, оценок биоресурсного потенциала, обоснования мероприятий по охране морской флоры и фауны.

Получены оценки многолетней динамики химического и радиационного загрязнения морских экосистем. Установлено снижение объемов загрязняющих веществ, поступающих по глобальной системе морских течений в направлении с запада на восток. Роль речного стока наиболее значима в морях Карском и Лаптевых, тогда как в Баренцевом, Белом, Восточно-Сибирском и Чукотском морях весьма существенна роль морских течений и атмосферных выпадений в транспорте загрязнителей извне. В Баренцево море попадает больше техногенных загрязняющих веществ, чем в окраинные моря восточного сектора

Российской Арктики. Ареалами концентрации антропогенных загрязнителей становятся участки фронтальных зон, включая локальные прибрежные и эстуарные гидрофронты, пониженные формы донного рельефа, заливы и хозяйственно используемые губы, аккумулирующие материковый и коммунальный стоки.

Разработана новая модель санитарной водорослевой плантации для защиты прибрежных зон от нефтяного загрязнения. Новая технология позволяет более эффективно противостоять распространению нефтепродуктов по поверхности воды, увеличивает степень их утилизации, обеспечивает возможность хранения и транспортировки на значительные расстояния элементов санитарной водорослевой плантации, повышает рентабельность на 20 % по сравнению с ранее разработанной моделью. Получено положительное решение о выдаче патента.

Выполнен новый этап исследований промысловой ихтиофауны арктических морей. Создана база данных по биоразнообразию рыбных сообществ Баренцева моря. На основании анализа видового состава и структуры ихтиофауны отдельных акваторий, крупных заливов и побережья архипелагов Баренцева моря установлено, что рыбная часть сообществ Восточного Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа, Новой Земли и Печорского моря относится к арктической, а юго-западная часть моря, Варангер-фьорд, Мотовский и Кольский заливы – к бореальной области. В пределах арктической области доля диадромных и пресноводных рыб существенно снижается с юга на север, и у архипелагов доминируют морские донные виды.

По результатам анализа новых данных определены закономерности пространственного распределения арктических рыб семейства бельдюговых (*Zoaridae*) в зависимости от температуры, глубины и типов грунта. Результаты исследований позволяют дать полную характеристику местообитаний рыб, а также прогнозировать размер и положение их ареалов при возможных изменениях климата.

На основе данных многолетних исследований в побережье Баренцева моря рассчитаны параметры уравнения роста неполовозрелых камчатских крабов. Полученные результаты позволяют прогнозировать промысловый запас баренцевоморского камчатского краба на основе корректного определения возраста особей и количественных закономерностей пополнения популяции. Выявлено значительное снижение плотности распределения камчатского краба в северной части Кольского залива за последнее десятилетие, что свидетельствует о сокращении пополнения численности краба за счет молодежи вследствие возросшего нелегального промысла крабов-производителей.

Разработана схема (модель) функционального зонирования морских пространств Российской Арктики на примере Баренцево-Карского шельфа, как наиболее развитой и перспективной для хозяйственного освоения арктической области, требующей повышенных природоохранных мер. В качестве основы функционального зонирования морских акваторий предложен комплексный экосистемно-ориентированный подход, учитывающий опыт современного природопользования, перспективы хозяйственного развития, природные и техногенные риски в условиях изменяющегося климата, состояние геополитической и социально-экономической ситуации в прибрежных регионах. При разработке модели использован опыт зарубежного и отечественного морского пространственного планирования.

В Институте создана богатая и непрерывно пополняемая база знаний о видовом разнообразии, экологии и физиологии морских организмов, структуре и динамике сообществ, биологических ресурсах. Так, в новой версии электронного “Атласа климатических изменений больших морских экосистем Северного полушария” (2014 г.) содержатся данные 276 тыс. океанологических станций, выполненных на протяжении полутора столетий в Баренцевом, Белом и Карском морях.

Преимущество арктических морских исследований поддерживалась даже в самые тяжелые годы войн и социально-экономических кризисов. Ее необходимо сохранить, несмотря на все внешние и внутренние проблемы, с которыми теперь сталкивается российская наука. Опыт и потенциал научного коллектива ММБИ востребованы на многих направлениях стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации. Арктические морские исследования были и остаются важнейшей составляющей национальных программ по освоению Арктики.

ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ ММБИ ГЛАЗАМИ ПИОНЕРА АРКТИКИ

Н.М.Адров

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

“Не юбилейте!” – призывал командор советской поэзии и был не совсем прав. Ведь мы любим юбилеи. На них можно прямо в глаза выразить свои восторги юбиляру при гробовом молчании публики, потому что о прожившем свое говорят либо хорошо, либо никак. А биология, как-никак, утверждающее жизнь учение о такой музыкальной теме, в которой юбилейные мотивы связаны скорее с мелодией Шопена, чем Мендельсона, и которые стараются вспоминать как можно реже. Но древние знатоки биоса завещали нам “*momento mori*” и были не совсем неправыми.

Непростая жизнь морских биологов Института началась в Дальних Зеленцах в 1935 г., но именины состоялись лишь в 1958 г. с подачи первого директора ММБИ – М.М.Камшилова. Если же углубиться в исторические дали, то с 1899 до 1935 г. предшественники-естествоиспытатели базировались в Екатерининской гавани Кольского залива, будучи высланными с благодатных Соловецких островов, на которых в 1881 г. они устроили Беломорскую биостанцию по благословлению архимандрита Мелетия. Сменивший его настоятель Иоанникий прервал научные изыскания, и это было началом неприятностей, которые преследовали коллег в связи с революционными изменениями от последствий Первой мировой войны до подготовки ко Второй мировой. Переродились и Соловки, ставшие СЛОНом – далеким от академической науки и монастырской религии концлагерем.

Здесь, задним числом, надо отдать должное монархическим управленцам С.Ю.Витте и А.П.Энгельгардту за режим особого благопритствования ученым, обосновавшимся в Александровске-на-Мурмане. Хотя корпоративные интересы финансирующих учреждений и научных групп все-таки принуждали держать порох сухим. Это ощутили Н.М.Книпович, К.М.Дерюгин и многие другие, которые вместе с Г.А.Клюге были все-таки пафосно уверены в том, что “никогда не зарастет тропа к этому культурному уголку, стоящему у входа в суровый и великий океан, щедро вознаграждающий усердных и пытливых исследователей”. И, следует добавить, с особой щедростью к самым пытливым.

Как свидетельствует литературный источник, с 1902 г. станция стала называться Мурманской биологической, и с 1904 г. она стала функционировать круглый год. В 1920-х годах на станцию обратили внимание самые великие: И.П.Павлов и В.И.Вернадский, а также писатели и художники: Лавренев, Низовой, Пермяк, Новиков-Прибой. В 1929 году она получила специальное ассигнование от Главнауки, от коллегии Наркомпути, местных властей и Сельхозбанка. Получено 100-тонное судно “Н.Книпович” – НИС “новой эры”, оборудованное ледовой обшивкой, радиопеленгатором, электролебедками, новейшими промысловыми орудиями и 120-сильным двигателем. Сам А.И.Микоян, приехавший в 1932 г., отметил высокую успешность станции...

Большевики до поры, до времени способствовали исследованиям исключительно для развития морских промыслов, но когда был прорыт Беломорско-Балтийский канал, по ко-

торому стал пополняться подводный флот, научных сотрудников пришлось вновь потеснить, используя самый надежный для власти способ репрессий. В 1933 году закончился “александровский” период деятельности МБС в г. Полярном. Поселок Дальние Зеленцы оказался испытательным полигоном молодых и выселками для немолодых и маститых ученых. И опять революционный переход обозначился великими именами И.В.Сталина и академика Л.А.Орбели. Первый известен всем как верный ленинским оценкам интеллигенции, второй, надо отметить, в присутствии первого озвучил уверенность в необыкновенной пользе научной станции на берегу Баренцева моря. По докладной записке К.М.Дерюгина и личному указанию В.М.Молотова, как опять свидетельствует источник, в 1935 г. в поселке была основана МБС АН СССР. Корифеи биологической науки Л.Н.Комаров, В.И.Вернадский, С.А.Зернов, Н.М.Книпович, Л.А.Орбели, Е.М.Крепс и директор ВИЭМ Л.Н.Федоров приняли живейшее участие в судьбе МБС-ММБИ.

После неожиданного ухода вождя народов последовали амнистии, кукурузные эксперименты, субботники, полеты в космос, атомные и водородные бомбы, взрывоопасные политические кризисы и многое другое, которое лучше не вспоминать. А после следующей логической смены власти, которой старый добрый Ильич предписал бы “шаг вперед, два шага назад”, а новый – просто возвратил не очень хорошо забытое старое, анекдоты типа “эпохи Аллы Пугачевой”, мемуарные излияния стоящих на мавзолее, нудные доклады по шпаргалке, которые тоже не очень хочется вспоминать...

Перестройка заложила крутой поворот в судьбе самого северного академического форпоста науки, представив еще одного юбиляра, 70-летие которого в этом году отметило возмужалое потомство морских биологов: действительного члена сначала АН СССР, затем РАН – Г.Г.Матишова, осуществившего окончательный переезд Института в столицу Заполярья, пробыв на своем руководящем посту рекордное количество лет, и имеющего шансы довести его до половины 80-летнего срока дальнезеленецкой эпопеи. Головокружительный проход в фэрзи и спасение коллектива оказался возможным в условиях хаоса и неразберихи постперестроечного времени, который стыдливые оппоненты академика стараются не вспоминать. Безошибочное выруливание удалось благодаря толерантному подходу к управлению коллективом и неумной энергии юбиляра. Убить двух зайцев – изжившую утопическую систему и чуждый буржуйский менеджмент – удалось, забыв старое, оставив в памяти лишь бессмертный завет партии: холодная голова, горячее сердце и чисто вымытые руки.

КРИТЕРИИ ВЫБОРА АКВАПОЛИГОНОВ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

В.В.Анохина

Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия

Значительная сезонная и межгодовая изменчивость абиотических условий и экологически нестабильная ситуация в прибрежье северных морей предопределяют повышенный уровень требований к размещению и эксплуатации здесь индустриальных аквахозяйств. Базовые теоретические основы правильного выбора акваполигонов изложены в трудах А.Ф.Карпевич (1998), и у нас есть полные основания придерживаться ее рекомендаций. По А.Ф.Карпевич обязательными составляющими оценки акватории под будущее марихозяйство должна быть экологическая и биоценотическая характеристика экосистемы интересующего района. Подробная экоаналитическая оценка акватории и определение ее стартового состояния по ряду известных параметров – необходимая отправная точка для эффективного

планирования и осуществления деятельности рыбоводного предприятия. Обстоятельное изучение экологической и биоценотической приемной емкости экосистемы является принципиальным условием расчета максимальной мощности будущего предприятия и реализации комплексного мониторинга экосистемы при последующей эксплуатации аквакомплекса.

К важнейшим критериям выбора акваполигона следует отнести предварительную оценку биотического потенциала объекта культивирования, поэтому одно из требований к месту размещения аквакомплекса предусматривает обязательное изучение биологических характеристик объекта культивирования на протяжении жизненного цикла и соответствие биологических потребностей аквакультуранта временным и пространственным показателям среды на данной конкретной акватории.

Эффективное ведение хозяйства реализуется при условии, что изменчивость абиотических параметров будет находиться в зоне их оптимальных значений для вида или конкретной популяции. Если показатели среды в районе акваполигона значительно сдвинуты к границам диапазона индивидуальной толерантности особей, следует ожидать существенного замедления темпа роста аквакультурантов. В этом случае локализация негативного воздействия среды будет достигаться биотехнологическими методами.

Роль главенствующих средовых параметров чаще всего выполняют: температура как контролирующий фактор, свет как направляющий фактор, соленость как маскирующий фактор. Единственным фактором, влияющим на скорость и задающим ритм непрерывно осуществляемых физиологических функций, признана температура (Бретт, 1988). Из лимитирующих рост и развитие факторов требуется учитывать содержание кислорода и интенсивность света. Ввиду исключительной значимости перечисленных параметров для жизнедеятельности гидробионтов потребуются регулярный мониторинг на уже функционирующем хозяйстве. Фиксация их возможных аномалий осуществляется по отношению к фоновым значениям, поэтому определение фоновых показателей среды и их соответствие действующим рыбохозяйственным нормативам – обязательное требование к оценке пригодности морских акваполигонов.

Изучая соответствие абиотических условий в месте размещения хозяйства, биологическим потребностям объекта разведения следует акцентировать особое внимание на наиболее консервативных показателях экосистемы – батиметрии, направлению и интенсивности течения. Некоторые исследователи рекомендуют под акваполигоны места с умеренным перемешиванием водных масс (Провоторов, Кириллов, 1999). Вместе с тем, от гидрологического режима водоема будет существенно зависеть сопротивляемость экосистемы и способность к самоочищению в период эксплуатации акваполигона, следовательно, здоровье и рост аквакультурантов. Буферность экосистемы по отношению к объему потенциальной экологической нагрузки на акваторию занимает особое место среди важнейших критериев выбора акваполигона. Учитывая столь важную роль, представляется необходимым по каждому конкретному участку готовить специализированный расчет предельной нагрузки на акваторию в месте размещения хозяйства, определение его максимальной мощности, длительности функционирования и, в отдельных случаях, допустимого расстояния между садковыми комплексами. Для снижения экологической нагрузки и повышения эффективности производства потребуются предусмотреть возможность передислокации аквакомплекса. Если в процессе эксплуатации выявится несоответствие фактических показателей действующим рыбохозяйственным нормативам хотя бы по одному из гидрографических, эпидемиологических, биологических и экологических параметров, то мощности аквакомплекса должны быть скорректированы в сторону уменьшения. При благоприятной экологической ситуации и отсутствии отклонений от нормы по основным параметрам мощность хозяйства впоследствии может быть увеличена. В мировой практике для первичной оценки экологической сбалансированности морской среды используют три базовых параметра:

содержание биологического потребления кислорода (БПК), азота и фосфора (Лапшин, Жмур, 1996). Показатель БПК определяет всю углеродсодержащую органику, в том числе метаболиты и остатки корма при товарном выращивании. Дополнительным условием правильного выбора акваполигона является обязательная квалифицированная оценка водной среды по содержанию токсичных углеводов, тяжелых металлов и органических поллютантов.

С позиций устойчивого и длительного функционирования рыбоводного хозяйства немаловажное значение имеет глубина вод непосредственно под садками, а также степень защищенности надводной конструкции от преобладающих ветров. Практика показывает, что надлежащее очищение эксплуатируемой акватории от текущих загрязнений достигается при условии, что глубина открытых вод под садками при наличии течения должна составлять как минимум две, а лучше три и более глубины используемого сетного полотна.

Состояние экосистемы в месте размещения акваполигонов зависит также от дополнительной “нагрузки” на акваторию биологических информационных загрязнений (Кулаковский, 2000). Наглядным проявлением биотической информационной связи являются взаимоотношения морских звезд и культивируемых в Белом море мидий. Под влиянием метаболитов хищника значительно замедляется темп роста мидий, и они плотно скрепляются между собой в друзе (Кулаковский, 2000). Культивируемые объекты также могут быть информационными загрязнителями окружающей морской биоты. Самые опасные хищники и основные информационные загрязнители рыб на акватории Белого и Баренцева морей – это крупные морские млекопитающие – тюлени. Огромное значение для стабильного хозяйствования имеют взаимоотношения культивируемых животных с остальными представителями биоты, обилие и качественный состав паразитофауны аборигенных видов в месте ожидаемой дислокации аквакомплекса.

Таким образом, выбирая акваполигон, следует всесторонне рассмотреть множество факторов, опираясь на такие базовые положения, как позитивный экологический статус и биотическая приемная емкость водоема; соответствие абиотических условий биологическим потребностям объекта разведения; резервы экологической и биотической потенции объекта культивирования, благоприятные условия для взаимоотношений с аборигенными видами, достаточная для саморегуляции буферность экосистемы.

Для экоаналитической оценки качества морской среды необходимо оценить: общесанитарные показатели загрязненности морской среды (прозрачность, БПК, взвешенные вещества); токсичность и содержание поллютантов (металлы, нефтепродукты, пестициды), уровень вероятных антропогенных загрязнений в районе акваполигона.

Существенным оценочным критерием степени пригодности акватории для рыбоводства является уровень социальной инфраструктуры и транспортная доступность. Этот фактор может оказаться решающим в малообжитой части побережья Кольского полуострова.

ПРОЕКТ ГЕОПОРТАЛА “ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ В ЭКСПЕДИЦИЯХ МУРМАНСКОГО МОРСКОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА КНЦ РАН” С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

О.Е.Архипова¹, Н.В.Лихтанская¹, С.В.Бердников²

¹Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

²Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

В рамках проекта “Биоресурсы арктических морей России: современное состояние, влияние природных и антропогенных изменений, научные основы и перспективы использования”, выполняемого в 2014 г. по программе Президиума РАН “Поисковые фундамен-

тальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации”, разработан проект геопортала экологической изученности арктических морей. Проект предполагает создание общедоступного сайта для пользователей, желающих получить информацию об экспедиционных исследованиях арктических морей. Ресурс должен быть общедоступным, легко использоваться неспециалистами в области геоинформационных систем (ГИС), предоставлять возможность обмена информацией между участниками исследований и создания собственных тематических карт.

В последние годы особенно популярной стала тематика “облачной” инфраструктуры. Как правило, смысл использования “облачной” инфраструктуры состоит в том, что клиент получает ровно столько аппаратных ресурсов, сколько ему нужно в данный момент, и при этом избавлен от необходимости поддержания собственной инфраструктуры (серверов, каналов связи, специалистов). Таким способом решается проблема избыточности инфраструктуры, которую часто содержат на случай пиковых нагрузок. В настоящее время понятие “облачных” решений расширилось и стало включать в себя не только инфраструктуру, но и программное обеспечение. Развитие функциональных возможностей веб-интерфейсов, в сочетании с увеличением пропускной способности каналов связи, уже позволяет перенести в “облако” практически любое программное обеспечение. Такой подход дает определенные преимущества в виде экономии средств на покупку лицензий, а также то, что программное обеспечение не привязано к определенному компьютеру, для доступа к нему достаточно иметь браузер и подключение к интернету (Архипова, Агапов, 2013; Архипова, 2014). Поэтому методика разработки Геопортала экологической изученности арктических морей опирается на использование “облачной” технологии ArcGisOnline, подробно методика построения портала описана в работе (Пространственно-временной ..., 2014). В отличие от классических моделей вычислений, преимущественно опирающихся на собственные программно-аппаратные ресурсы, используемая “облачная” модель позволяет загружать в “облако” свои данные, а также давать ссылки на готовые веб-карты, сервисы, приложения и инструменты, которые опубликованы на других веб-ресурсах, сопоставляя и комбинируя их для получения новых приложений, тематических карт или веб-сервисов. Выбор технологии ArcGisOnline обусловлен возможностью использования “облачных” ресурсов, включая базовую карту, построенную на основе мозаики космоснимков с разрешением от 2.5 м и выше, векторную топографическую карту, а также возможностью использования единого программного обеспечения Esri. Использование “облачной” платформы позволило сделать океанографическую информацию, накопленную в базе данных, доступной для пользователей, не являющихся специалистами в данной области, через использование самостоятельных картографических сервисов, а также для специалистов в области географической информации для распространения детализированных данных, моделей анализа, специальной совместной подготовки рабочих процессов.

Веб-карты создаются с помощью слоев данных из сервисов и файлов на основе локального проекта ArcGis. Они ссылаются на общедоступные элементы данных в “облаке” Esri, а также содержат объекты, добавленные непосредственно на карту, или слои, связанные с внешними данными. Для создания новой версии веб-приложения на основе “облачных” технологий были использованы ArcGIS for Desktop, ArcGIS Online (http://esricis.ru/upload/iblock/336/QuickStartGuideToArcGISOnline_2013.pdf (07.11.2013 г.)). В рамках локального ГИС-проекта предоставлены готовые решения БД и ГИС-приложения локальной версии ИС “Экологическая изученность арктических морей России” (Архипова, 2014).

На основании задач, которые призвано решать веб-приложение, сформирован список необходимых условий: доступность актуальной информации для сотрудников организации в виде приложения в Интернете; поддержка клиентской части веб-браузерами, в том числе и мобильными; легкий и понятный интерфейс.

В качестве источника информации для ГИС об экспедициях ММБИ и проведенных в них исследованиях используется база данных, создаваемая в PostgreSQL. База данных структурирована по разделам: базовая пространственная модель предметной области, тематические операционные слои. Информационное наполнение компонентов ГИС обусловлено характером решаемых задач: инвентаризация, хранение и визуализация данных об экспедициях ММБИ и проведенных в них исследованиях. Таким образом, в предметной области проекта основными объектами являются экспедиции ММБИ: рейсы, в которых они проводились; станции, на которых выполнялись различные виды исследований; виды выполненных исследований.

На основе перечисленной выше информации в Microsoft Excel создан файл Шаблона, определяющий структуру таблицы, в которую эта информация будет вноситься. В соответствии с этой структурой создается таблица Microsoft Excel, в которую вносится вся имеющаяся информация по рейсам. Таким образом, она приводится к стандартному виду и подготавливается к импорту в базу данных проекта, создаваемую в СУБД PostgreSQL. Экологические экспедиции проводятся в течение всего года, но основная часть приходится на летнее время. Океанографическая база данных локального проекта ГИС постоянно пополняется новой информацией об исследованиях на акватории арктических морей. ГИС-приложение обращается в базу данных, извлекая координаты в пространственном виде. Из пространственных файлов формируется документ, содержащий необходимые данные для публикации. После публикации сервиса на портале ArcGis Online отобразятся аналитические и синтетические карты результатов анализа.

На данном этапе рассмотрены общие принципы создания интернет-версии системы “Экологическая изученность арктических морей России” для работы с пространственной информацией, являющейся частью технологической платформы ArcGis Online, а также способы построения интернет-ГИС на ее основе. Система позволяет интегрировать электронные карты в общую информационную среду, создаваемую с помощью “облачной” технологической платформы, тем самым, облегчая процесс разработки распределенных решений, использующих ГИС-технологии.

БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МШАНОК (BRYOZOA) НА ЛИТОРАЛИ ВОСТОЧНОГО МУРМАНА (ДАЛЬНИЕ ЗЕЛЕНЦЫ)

О.Ю.Ахметчина

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Мшанки – преимущественно морские, прикрепленные, колониальные беспозвоночные животные. Колония мшанок состоит из микроскопических особей (зооидов), заключенных в известковую, хитиноидную или студенистую ячейку (зооций) и объединенных общим зоарием. Зооид (полипид) способен выдвигать через отверстие зооция переднюю часть тела, несущую ротовое отверстие с венчиком реснитчатых щупалец, служащих для добычи пищи, и прятаться обратно (в случае опасности, например). У некоторых видов мшанок часть зооидов в процессе эволюции трансформированы в защитные образования (авикулярии) или снабжены шипами. Таким образом, колониальное строение мшанок обеспечивает как более надежную защиту зооидов, так и больший объем облавливаемого пространства для добывания пищи (разветвленные зоарии). Эволюция этих животных шла под воздействием условий среды путем создания различных форм колоний (зоариев): от плотно обрастающей твердые поверхности корковой до приподнятой над субстратом древовидной или кустистой.

Колонии мшанок бывают обызвествленные (отр. Cyclostomata и Cheilostomata) и мягкотелые (необызвествленные) (отр. Stenostomata). Пресноводные мшанки представлены только мягкотелыми видами, а подавляющее большинство морских – обызвествленными.

Изучение распределения мшанок с разной формой колоний в различных биотопах проводилось на базе биостанции ММБИ на литорали в губах Ярнышная и Дальнезеленецкая в августе 2014 г. Пробы мшанок (качественные и количественные) отбирались в местах с различными гидрологическими и гидродинамическими условиями: в закрытых распресненных участках с низкой прибойностью и на открытых мористых участках с постоянным сильным прибоем. Одновременно измеряли гидрологические и гидрохимические параметры воды, а степень прибойности исследуемых участков оценивали по классификации, предложенной Е.Гурьяновой с соавторами (1930) и в соответствии с данными И.В.Рыжик (2005). Кроме того, подсчитывалась плотность поселения мшанок и определялась площадь покрытия субстрата колониями.

В ходе выполненных работ собрано 25 видов мшанок:

<i>Alcyonidioides mytili</i> (Dalyell, 1848)	<i>Escharella immersa</i> (Fleming, 1828)
<i>Aquiloniella scabra</i> (van Beneden, 1848)	<i>Eucratea loricata</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Bowerbankia caudata</i> (Hincks, 1877)	<i>Filicrisia geniculata</i> (Milne Edwards, 1838)
<i>Callopora lineata</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Flustrellidra hispida</i> (O.Fabricius, 1780)
<i>Callopora weslawski</i> Kuklinski, Taylor, 2006	<i>Harmeria scutulata</i> (Busk, 1855)
<i>Celleporella hyalina</i> (Linnaeus, 1767)	<i>Microporella arctica</i> Norman, 1903
<i>Cribrilina annulata</i> (O.Fabricius, 1780)	<i>Oncousoecia diastoporides</i> (Norman, 1869)
<i>Cribrilina cryptoecium</i> Norman, 1903	<i>Patinella verrucaria</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Crisia eburnea</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Porella alba</i> Nordgaard, 1906
<i>Crisiella producta</i> (Smitt, 1865)	<i>Tegella arctica</i> (d'Orbigny, 1853)
<i>Cylindroporella tubulosa</i> (Norman, 1868)	<i>Tegella unicornis</i> (Fleming, 1828)
<i>Dendrobeatia murrayana</i> (Bean, Johnston, 1847)	<i>Walkeria uva</i> (Linnaeus, 1758).
<i>Electra pilosa</i> (Linnaeus, 1767)	

Подавляющее большинство (84 %) собранных мшанок представлено обызвествленными видами (5 видов из отр. Cyclostomata и 16 из отр. Cheilostomata), а 16 % (4 вида) – мягкотелыми (отр. Stenostomata). Из них 68 % видов имеют корковую (обрастающую) форму колоний, а 32 % – кустистую (приподнятую над субстратом).

В результате проведенных исследований отмечено, что закрытые участки губ с преобладанием илисто-песчаного грунта, соленостью менее 20 ‰ и наименьшей (V) степенью гидродинамической активности (прибойности) отличаются полным отсутствием обызвествленных видов мшанок. Изредка здесь на камнях или водорослях могут встречаться мягкотелые мшанки, способные жить при низкой солености.

Наибольшее число видов (22) обнаружено на участке с наиболее сложным рельефом (сочетание скальной и каменисто-валунной литорали), нормальной морской соленостью (более 34 ‰) воды и повышенной (III) степенью прибойности (мыс Пробный). Площадь покрытия субстрата колониями здесь варьирует в широких пределах – от 20 до 90 % (в зависимости от условий микробиотопа). Многообразие представленных здесь мшанок: мягкотелых и обызвествленных, с корковой и кустистой формой зоариев, вероятно, объясняется наличием здесь разнообразных микробиотопов.

На более закрытых участках с невысокой (IV) степенью прибойности (губа Дальнезеленецкая, напротив лаборатории альгологии) и соленостью более 34 ‰ отмечена максимальная плотность поселения мшанок (4780 колоний/м²) при среднем количестве видов (12). Это объясняется однообразием рельефа и биотопа (каменисто-валунная литораль), однако

низкая степень прибойности способствует успешному оседанию личинок, обеспечивающему высокую плотность поселения мшанок. Большинство видов (83 %) здесь представлено обызвествленными мшанками с корковой формой колоний, но встречаются и немногочисленные колонии мягкотелых видов мшанок (17 %). Площадь покрытия субстрата колониями здесь очень высокая – 60–80 %.

Участок скалистой литорали с постоянным сильным прибоем (I степень) в бухте Прибойная отличается небольшим числом видов (6) с низкой плотностью поселения (350 колоний/м²) и средней площадью покрытия субстрата колониями мшанок (от 40 до 70 %). В основном здесь поселяются виды с корковой формой колоний, позволяющей им успешно противостоять прибойной волне.

Таким образом, исследование биотопического распределения мшанок с разными формами зоария позволяет выявить условия, при которых формируется та или иная структура сообществ Bryozoa. С другой стороны, определив видовую структуру сообщества мшанок можно с определенной степенью достоверности характеризовать условия среды, в которых сформировался данный видовой состав. Проведенная работа – начальный этап исследований, цель которых – выявить закономерности между определенными условиями среды и формированием того или иного видового (с разной структурой и формой колоний) комплекса мшанок.

АВИФАУНА БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ ПО ТРАССЕ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД 2013–2014 гг.

Ю.А.Баданин, А.А.Дерябин

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Регулярные орнитологические наблюдения с борта транспортных и ледокольных судов на акваториях Баренцева и Карского морей специалистами ММБИ проводятся с 1996 г.

Целью данной работы является определение состояния авифауны некоторых районов Баренцева и Карского морей (восточная и юго-восточная части Баренцева моря, прибрежные районы Карского моря, а также участок мыс Диксон–мыс Желания) в зимне-весенний период 2013–2014 гг. Для выполнения поставленной цели были определены следующие задачи: оценка видового состава, распределения и численности птиц указанных районов по маршруту движения судов в зимне-весенний период 2013–2014 гг.

Наблюдения были проведены по маршруту следования судов ОАО “ГМК Норильский никель” в Баренцевом и Карском морях в зимне-весенний период 2013–2014 гг.: на д/э “Мончегорск” (30 января–16 марта 2013 г.), на д/э “Талнах” (26 апреля–19 мая 2013 г.), на д/э “Норильский никель” (15 апреля–13 мая 2014 г.). Всего за период исследований было выполнено 35 трансект наблюдений, общей протяженностью 6057 км (2884 км в Баренцевом море и 3173 км в Карском море). Из 6057 км общего маршрута 1753 км выполнено на открытой воде и 4304 км в ледовых условиях. Наблюдения проводились в зависимости от погодных условий либо с пеленгаторной палубы, либо с ходового мостика.

Во время движения судна использован трансектный метод учета птиц (Gould, Forsell, 1989), адаптированный к условиям арктических морей (Атлас ..., 2002). Показатель учета данной методики – экз/км². Большая часть наблюдений проходила в ледовых условиях в ситуациях крайней малочисленности птиц, где пересчет показателей производился на 100 км маршрута, показатель учета при этом – экз/100 км маршрута. Таким же образом подсчитывались птицы в разводьях, где затруднителен пересчет на площадь акватории.

Всего за период наблюдений зарегистрировано 14 видов морских и водоплавающих птиц. По количеству видов доминировали чайковые – 5 видов, по 3 вида отмечено у представителей чистиковых и утиных, по 1 виду – олушевые, буревестниковые и поморниковые.

Зима. В период наблюдений в юго-восточной части Баренцева моря 2013 г. чаще всего встречались толстоклювые кайры *Uria lomvia* и бургомистр *Larus hyperboreus*. Численность других птиц была значительно ниже. Наибольшая численность толстоклювых кайр наблюдалась в районе пролива Карские Ворота. Птицы держались в разводьях льда небольшими группами (5–20 особей), но встречались и одиночные особи (в среднем 6.9 экз/100 км). Максимальное количество особей в группе составило 80 птиц. Согласно литературным данным, в середине зимы 2011 г. также была отмечена зимовка кайр южнее архипелага Новая Земля. Здесь на отдельных участках акватории, прилежащей к кромке льда, плотность распределения толстоклювых кайр достигла 60 экз/км² (Краснов, Горяев, 2013).

Встреченные немногочисленные особи обыкновенной гаги *Somateria mollissima* и морянки *Clangula hyemalis* в разводьях льда Печорского моря зимой 2013 г. свидетельствует в пользу предположения, ранее высказанного в литературе, о наличии массовой зимовки западно-сибирских популяций морских уток в полыньях у западного побережья Новой Земли (Краснов, Горяев, 2013).

Из представителей авифауны в прибрежных районах Карского моря зимой 2013 г. были отмечены только атлантические чистики *Cerphus grylle*.

Весна. Наиболее многочисленными видами морских колониальных птиц весной 2013 г. в Баренцевом море в районе проведения наблюдений были люрик *Alle alle* (в среднем 160 экз/100 км) и толстоклювая кайра (в среднем 113 экз/100 км). Кайры отмечались на юго-востоке Баренцева моря, а также в восточной части моря, прилежащей к побережью Новой Земли, вплоть до мыса Желания. В ледовых разводьях северо-восточной части моря вместе с кайрами встречались люрики и чистики (в среднем 12.2 экз/100 км). Преобладающим видом были люрики, летевшие стаями до 100 особей.

Весной 2013 г. в Карском море осмотрены, по маршруту движения судна, прибрежные районы, а также участок мыс Диксон–мыс Желания. Открытая в период проведения весенней экспедиции заприпайная Ямальская полынья позволила проложить маршрут в непосредственной близости к п-ову Ямал. В апреле вблизи о. Белый наблюдались пролетные стаи гаг (1078 особей), большая часть которых (870 особей) была определена как обыкновенные гаги, а прочие (208 особей) – как гаги-гребенушки *Somateria spectabilis*. На участке мыс Диксон–мыс Желания птиц обнаружено не было (Баданин, 2014).

Стоит отметить, что сроки и маршруты перемещений пролетных скоплений уток западно-сибирских популяций в прибрежных районах Карского моря недостаточно хорошо изучены. На фрагментарный характер исследований данного района оказывает влияние ледовый покров, и в частности состояние заприпайной Ямальской полыньи. Весной 2014 г. заприпайная Ямальская полынья Карского моря также была свободна от льда, что позволило проложить маршрут в непосредственной близости к п-ову Ямал, где были отмечены крупные скопления морянок. В районе о. Белый отмечены 1960 морянок (до 2165.74 экз/100 км) во время миграции в северо-западном направлении (Комплексные ..., 2014).

Весной 2014 г. была свободна от льда и Южная Новоземельская заприпайная полынья Карского моря, что позволило проложить маршрут движения судна в непосредственной близости к восточному побережью о. Южный архипелага Новая Земля. В районе проведения исследований были отмечены пролетные скопления обыкновенных гаг (67 особей) и одна смешанная стая обыкновенных гаг с гагами-гребенушками (23 особи) (Комплексные ..., 2014).

В 2014 году наблюдения проведены только в юго-восточной части моря и только в весенний период. Наиболее многочисленными видами морских колониальных птиц юго-восточной части Баренцева моря были толстоклювые кайры (70 особей). Кайры отмечались одиночно и небольшими группами севернее о. Колгуев, а также в разводьях льда пролива Карские Ворота. Численность других птиц была значительно ниже. Из морских уток были отмечены обыкновенная гага (10 экз.) и гага-гребенушка (36 экз.) (Комплексные ..., 2014).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕДИЦИИ В БАРЕНЦЕВО, БЕЛОЕ И КАРСКОЕ МОРЯ ПО ТРАССЕ СЕВМОРПУТИ ВЕСНОЙ 2014 г.

Ю.А.Баданин, А.А.Дерябин

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

С 1996 года Мурманский морской биологический институт проводит попутные наблюдения по трассе Северного морского пути с борта атомных ледоколов и транспортных дизель-электроходов ледового класса.

Целью экспедиции являлось проведение экологических, гидрологических и радио-экологических исследований акваторий северных морей по трассе Севморпути. В соответствии с этим целью были поставлены следующие задачи: определение гидрологических параметров воды, оценка видового состава, распределения и численности морских млекопитающих и птиц, отбор проб воды на определение концентраций радионуклидов.

Наблюдения проведены по маршруту следования д/э “Норильский никель” с 15 апреля по 13 мая 2014 г.

Стандартный объем выполняемых наблюдений и измерений параметров среды включает следующие показатели: координаты трансект наблюдений, метеонаблюдения (температура воздуха, направление и скорость ветра, состояние поверхности моря, атмосферное давление, видимость), гидрологические наблюдения (температура воды, глубина), наблюдения за ледовой обстановкой (тип ледового покрова, степень сплоченности льда, торосистость), териологические и орнитологические наблюдения.

Гидрологические исследования. Измерение гидрологических показателей проводилось с использованием батитермографов ХВТ на акватории Баренцева, Белого и Карского морей в соответствии с требованиями предъявляемыми фирмой производителем океанологического комплекса ХВТ/ХСТД (Digital ..., 2009). Во время экспедиции для гидрологических исследований были измерены показатели температуры на 30 станциях.

Исследования загрязнения морских экосистем. В рамках данного направления исследований проводился отбор проб морской воды с поверхностного слоя. Всего в течение экспедиции было отобрано 11 проб воды объемом по 100 л для сорбирования ^{137}Cs и 11 проб воды объемом по 20 л для высаживания ^{90}Sr с помощью сорбента “анфеж”.

Орнитологические наблюдения. Во время движения судна использован трансектный метод учета птиц (Gould, Forsell, 1989), адаптированный к условиям арктических морей (Атлас ..., 2002). Большая часть наблюдений проходила в ледовых условиях в ситуациях крайней малочисленности птиц, где пересчет показателей производился на 100 км маршрута. Таким же образом подсчитывались птицы в разводьях, где затруднителен пересчет на площадь акватории.

Общая протяженность 10 выполненных трансект составила 1780 км. В Баренцевом море наблюдения выполнены на маршруте протяженностью 420 км, в Белом море – 390 км, в Карском море – 970 км. По открытой воде протяженность маршрута наблюдений составила 570 км, в ледовых условиях – 1210 км.

Териологические наблюдения проводились с пеленгаторной палубы или ходовой рубки высотой 20–25 м в светлое время суток. Для уточнения видовой принадлежности использовался 10-кратный бинокль. Отмечались виды китообразных, ластоногих и хищных, а также их следы, размер групп, возраст, сопутствующая ледовая и погодная обстановка. В период экспедиции были отмечены следующие виды морских млекопитающих и хищных: белый медведь *Ursus maritimus*, морской заяц *Erignathus barbatus*, кольчатая нерпа *Phoca hispida*, атлантический морж *Odobenus rosmarus*, гренландский тюлень *Pagophilus groenlandica*, белуха *Delphinapterus leucaus*.

О ВЫДЕЛЕНИИ ВОЗБУДИТЕЛЯ ВИБРИОЗА – КУЛЬТУРЫ ШТАММА *VIBRIO ANGUILLARUM* ОТ МИДИЙ *MYTILUS EDULIS* ЕСТЕСТВЕННОЙ ПОПУЛЯЦИИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

Т.В.Безгачина

Всероссийский научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, Россия

Вибриоз является одним из самых опасных бактериальных заболеваний рыб, гидробионтов в пресной, солоноватой и морской воде. Впервые данное заболевание было обнаружено у угрей в 1909 г. Возбудителем вибриоза является грамотрицательная бактерия *Vibrio anguillarum*. Заболевание достигает максимума при температуре воды 19–20 °С.

Культура штамма *V. anguillarum* (возбудитель вибриоза) выделялась ВНИРО с начала 1980-х годов из воды Черного моря в районе Северного Кавказа, а также у диких и культивируемых рыб, а затем и у мидий данного бассейна; у культивируемой радужной форели и водной среды пресноводного хозяйства и садковых морских хозяйств Балтийского бассейна, а также у радужной форели, культивируемой в садках Белого моря, а далее из воды и мидий Белого моря: в районе Сонострова Кандалакшского залива и Соловецких островов, а также у мидий Баренцева моря.

В летний период 2014 г. при проведении микробиологических исследований мидий *Mytilus edulis* в естественной популяции в Баренцевом море было выделено 23 культуры штаммов *V. anguillarum*.

В ходе проведенных исследований была применена отечественная бивалентная агглютинирующая гипериммунная кроличья сыворотка из культур штаммов *V. anguillarum*.

При постановке реакции агглютинации на стекле (РА) была обнаружена агглютинация 23 живых культур штаммов *V. anguillarum* гомологичной агглютинирующей сывороткой при ее разведении 1:2 – 1600.

Также положительная реакция агглютинации была выявлена при постановке пробирочной реакции агглютинации 23 0.3 %-х формализированных антигенов из культур штаммов *V. anguillarum* в концентрации 1 млрд микробных клеток в 1 мл по стандарту мутности ГИСК им. Тарасевича с гомологичной агглютинирующей сывороткой при ее разведении 1:2–1:1800 (4 креста); 1:1600–1:3200 (4 креста); 1:3200–1:6400 (3 креста), что указывает на их высокую активность.

В пробирочной реакции агглютинации была обнаружена строгая специфичность 23 0.3 %-х формализированных антигенов к гетерогенным культурам микроорганизмов.

Для идентификации возбудителя вибриоза был также применен и классический бактериологический метод исследования вибрионов.

Данные приведенных исследований указывают на возможность применения культур штаммов *V. anguillarum* для производства вакцины против вибриоза и биопрепаратов его экспресс-диагностики. Это может помочь предотвратить распространение заболевания в хозяйствах марикультуры и не допустить заражение других водных объектов естественных популяций, так как вибриозу может подвергаться 42 вида костистых рыб и гидробионтов.

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О ТАКСОНОМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ПИКОФРАКЦИИ ЭУКАРИОТНОГО ПЛАНКТОНА БЕЛОГО МОРЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ NGS-СЕКВЕНИРОВАНИЯ

Т.А.Белевич¹, И.А.Милютин², Л.В.Ильяш¹, Д.В.Горюнов², М.Д.Логачева¹, А.В.Троицкий²

¹Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

²Научно-исследовательский институт физико-химической биологии им. А.Н.Белозерского МГУ, г. Москва, Россия

К пикопланктону относят организмы с размерами клеток менее 2 мкм (Sieburth et al., 1978), или, согласно более поздним работам (Massana, 2011), – менее 3 мкм. Пикоэукарио-

ты – важнейший компонент морских экосистем. В состав этой группы входят как гетеротрофные, так фотоавтотрофные и миксотрофные организмы (Neuwood et al., 2011). Фотосинтезирующие пикоэукариоты могут давать существенный вклад в первичную продукцию фитопланктона, особенно в олиготрофных районах Мирового океана (Li et al., 1995). Гетеротрофные пикоформы, являясь основными потребителями бактерий, играют ведущую роль в функционировании микробной пищевой петли (Jürgens, Massana, 2008). Сведения о таксономическом составе пикоэукариот Белого моря до настоящего времени отсутствовали. Аналогично, практически ничего не известно о составе пикоэукариот морей Российской Арктики. Это обусловлено трудностью идентификации пикоэукариот микроскопическими методами в силу их малого размера, отсутствием у многих форм выраженных морфологических признаков, разрушением нежных форм при фиксации, трудностями выведения в культуры. Надежная идентификация пикоэукариот возможна только на основе молекулярно-генетических методов. Белое море расположено в субарктической зоне, однако абиотические условия в море характеризуются рядом черт, свойственным арктическим морям (Berger et al., 2001). Поэтому исследование таксономического состава пикоэукариот Белого моря важно для формирования представлений о таксономическом разнообразии пикоформ Российской Арктики в целом.

Для оценки таксономического состава пикоэукариот были отобраны пробы подледной воды в Ругозерской губе Кандалакшского залива Белого моря в марте 2013 г. Пробу воды объемом 10 л предварительно профильтровывали через ядерные фильтры с диаметром пор 2 мкм (г. Дубна) для удаления нано- и микропланктона. Полученный фильтрат пропускали через юнит Sterivex (Millipore, Durapore) с диаметром пор 0.2 мкм, юнит заполняли лизирующим буфером, замораживали и хранили в жидком азоте до дальнейшего анализа. Для экстракции ДНК использовали набор “Nucleospin Plant” (Macherey-Nagel, Germany). Для анализа таксономического состава эукариот лучше всего подходят переменные области V4 и V9 гена 18S рРНК (Van de Peer et al., 1997; Wuyts et al., 2000). В результате амплификации области V4 гена 18S рРНК со специально подобранными праймерами, были получены ПЦР-продукты длиной не более 500 пн. Они были прочитаны с помощью технологий NGS-секвенирования с использованием секвенатора Illumina MiSeq (лаборатория эволюционной геномики ФББ МГУ им. М.В.Ломоносова).

В результате анализа пробы подледной воды получено 24533 пары нуклеотидных последовательностей. После предварительной обработки данных (очистка от адаптеров, склеивание, исключение повторов и т. д.) полученные последовательности были отосланы в базу данных SILVA, где они были проанализированы с использованием пакета программ SILVAngs 1.2 (Quast et al., 2013).

В итоге анализа 336 последовательностей были отсеяны по качеству, 1928 последовательностей были отнесены к группе “no relative”, а оставшиеся 22269 последовательности были идентифицированы и отнесены к 3062 операционным таксономическим единицам (ОТЕ).

Наибольшее число последовательностей относилось к группам Stramenopiles – 10283 (42 % от общего числа последовательностей) и Alveolata – 3688 (16 %). Вместе с группой Rhizaria, к которой относились 1405 последовательностей (6 % от общего числа), Stramenopiles и Alveolata (супергруппа SAR) составили 64 % от общего числа нуклеотидных последовательностей. Вклад Archaeplastida и Opisthokonta составил по 7.5 % (1777 и 1833 последовательностей соответственно). К группе Picozoa относилось 2376 последовательностей, что составило почти 10 % от их общего числа. Отдел Harpophyta был представлен 703 последовательностями (2.9 %), из которых только 2 относятся к классу Pavlovophyceae, а остальные – к классу Prymnesiophyceae. Отдел Cryptophyta представлен всего 168 последовательностями (0.7 %). Остальные последовательности (менее 1 % от общего числа) были представлены некультивируемым морским клоном BW-dinoclone28, некультивируемой морской лабиринтулой DH147-EKD10, представителями Excavata и Incertae Sedis.

Следует отметить тот факт, что в число выявленных последовательностей входили ОТЕ организмов, чьи размеры превышают 3 мкм. Присутствие в библиотеках клонов пикофракции филотипов больших по размеру организмов характерно для метода фракционирования с использованием дробной фильтрации (Lovejoy et al., 2011).

Из общего числа прочтений 29 % принадлежали автотрофным организмам. В 5 % случаев ОТЕ могли быть соотнесены не с видовым, и даже не родовым, а только с более высоким таксономическим рангом из-за отсутствия аналогичных последовательностей в базах данных, поэтому тип метаболизма таких организмов не был определен. С уверенностью можно говорить, что гетеротрофные формы составляли не менее 66 % общего числа последовательностей. Высокая доля в пробе гетеротрофных простейших может свидетельствовать о значимости микробной пищевой цепи в функционировании подледного планктона в ранневесенний период. С другой стороны, такая картина может быть результатом методических проблем метода NGS-секвенирования, поскольку нуклеотидные последовательности гетеротрофных организмов могут легче амплифицироваться и(или) иметь большее число копий генов, чем автотрофы (Vaulot et al., 2008).

Среди пикоавтотрофов до видового уровня было идентифицировано шесть представителей: зеленые водоросли класса Mamiellophyceae – *Micromonas pusilla*, *Bathycoccus prasinus* и класса Trebouxiophyceae – *Stichococcus bacillaris*; диктиофициевая водоросль *Florenziella parvula*; гаптофитовая водоросль *Dicrateria* (синоним *Imantonia*) *rotunda*; диатомея *Skeletonema marinoi*. Помимо этого, выявлены неопределенные до вида последовательности, относящиеся к родам *Chrysochromulina*, *Nannochloris*, *Pyramimonas*, *Bolidomonas*, *Prasinoderma*, *Mamiella* и *Ostreococcus*. Согласно опубликованным данным (Vaulot et al., 2004; Massana, 2011) в этих родах есть виды, соответствующие по размерам пикоформам. Отдельные рода пикоавтотрофов существенно различались по числу выявленных последовательностей. Так, например, класс Mamiellophyceae был представлен 590 последовательностями, из которых к роду *Micromonas* отнеслось 90, к роду *Bathycoccus* – 24, а к родам *Ostreococcus* и *Mamiella* – по 1 последовательности.

Таким образом, на основе метода NGS-секвенирования получены первые данные по таксономическому составу пикоэукариот Белого моря, впервые на видовом уровне идентифицирован ряд пикоавтотрофов, включая формы, представленные в пробе единичными экземплярами. С учетом происходящих в Арктическом регионе изменений абиотических условий, вызванных климатическими факторами, следует ожидать возрастания роли пикоформ в создании первичной продукции, и увеличения доли мельчайших фотоавтотрофов в суммарной биомассе фитопланктона (Li et al., 2009, 2013). Это обуславливает актуальность и необходимость дальнейших исследований планктонных пиководорослей Белого моря.

ИНДУСТРИАЛЬНОЕ ВТОРЖЕНИЕ САДКОВОГО ЛОСОСЯ В НАТИВНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ *SALMO SALAR*

Е.Г. Берестовский

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Индустриальное садковое лососеводство в Норвегии выявило ряд серьезных научных и технологических просчетов, которые оказали очень серьезное влияние на благополучие естественных популяций атлантического лосося в норвежских реках. Поскольку садковый лосось является селективной формой (фактически – породой) как атлантического, так и стальноголового лососей, которые адаптированы к искусственно сбалансированному рациону, то встречи беглых садковых лососей с “дикими” особями на нерестовых площадях

крайне нежелательны, поскольку это приводит к изменению популяционной структуры и, чаще всего, к постепенной необратимой деградации естественных популяций. Вместе с садковым лососем в реки проник опаснейший чужеродный паразит лососевых – гиродактилус, который за короткое время практически уничтожил многие процветавшие ранее популяции атлантического лосося в скандинавских реках, и норвежскому правительству пришлось принимать экстренные, в том числе чрезвычайные и запретительные меры по сохранению и восстановлению гибнувших популяций.

По имеющимся данным в начале XXI века на каждого дикого атлантического лосося в Норвегии приходилось около 300 особей заводского выращивания. Одна норвежская ферма размером с футбольное поле может содержать почти 1 млн особей лососей, т. е. больше численности всех диких популяций страны. Были годы, когда официально зафиксировано свыше 0.5 млн “беглых” фермерских лососей.

Так, например, в результате проведенных исследований было показано, что не менее 80 % крупных лососей, пойманных в р. Маана (каждая третья из пойманных в Норвегии), выросла не на воле в Северном море, а на ферме.

Современный искусственно выращиваемый товарный лосось совсем не похож на диких сородичей. Это стадные особи, произведенные из тех гибридных линий, которые быстро росли и поздно созревали, чтобы лососи могли достигать максимального веса до забоя. Их устойчивость и способность к выживанию разрушила многие теоретические представления об уровне критических параметров.

Многие считали, что лососи, выращенные в пластиковых садках и на искусственном корме, никогда не смогут постоять за себя в дикой природе. Однако когда в результате штормов или аварий садки рвались, и заводские лососи оказывались на природе, где выживали вполне успешно.

Считалось, что даже если такие лососи выживут, они никогда не найдут пути в реку на нерест. Но они находили его без труда. Даже такой лосось пройдет вверх по реке, он никогда не сможет освоить искусство размножения. Но они успешно размножились.

Заводская рыба появлялась в естественных местообитаниях, имея преимущества перед дикой. Быстрый рост способствовал тому, что организм искусственных лососей был наводнен гормонами, что делало их поведение более агрессивным. Гибридизируя с дикими лососями, сбегавшие разрушали генетические механизмы, которые позволяли диким особям адаптироваться к условиям жизни. В результате получалось, что гибриды имели меньшую вероятность выживания. Это привело к тому, что биологи называют “водоворотом вымирания”.

Морские вши, обнаруживаемые на диких лососях обычно в небольшом количестве, используют фермерские садки как места массового размножения. В замкнутом пространстве садков они быстро размножаются: одна женская особь производит свыше 8 тыс. яиц. Через 2 мес. из этих яиц развиваются взрослые особи, откладывающие собственные яйца. Прожорливые вши распространяются и на диких лососей, мигрирующих на нагул в море, где заражают дикие популяции.

Всего несколько вшей могут ослабить малька атлантического лосося до летального исхода. Норвежские исследователи обнаружили, что в ряде фьордов, где были установлены фермы, в некоторые годы до моря добирается всего один дикий лосось из 10 особей.

Если товарные лососи сбегают из садка и оказываются за пределами обработки лекарствами, они становятся переносчиками лососевых вшей и болезней. В первые годы рыборазведения мальков для подращивания импортировали в Норвегию из других стран, и они несли с собой инородных паразитов, которые размножились в садках в огромном количестве, в результате чего погибло огромное количество посадочного материала и многие фермы обанкротились.

В настоящее время норвежские фермеры смогли сократить долю сбегавших из садков рыб до долей процента от общей численности и снизить зараженность популяций лососевых вшами, однако ведь производство товарного лосося на норвежских фермах продолжает расти и дальше.

“Проблемой является то, что объем продукции настолько высок, что если даже процент зараженности небольшой, то общее количество подрощенных пестряток с болезнями оказывается огромным, – говорит Торбьорн Форсет из Норвежского института исследований природы. – Поэтому, чем больше рыбы, тем больше вшей и выше зараженность”.

Специалисты в области рыбоводства предпринимают в Норвегии жесткие меры по контролированию процессов удержания особей в садках и их физическому состоянию, пытаясь использовать более крепкие сетки, химическую обработку молоди, а также запуская в садки рыб-утилизаторов, питающихся погибшей рыбой.

Норвежский Департамент по рыболовству получил в конце сентября 2014 г. 25 отчетов о побегах лососей, однако множество случаев не было зафиксировано вследствие невозможности подсчета потерь и ошибок в подсчетах, поэтому вероятно количество потерянных компаниями лососей значительно больше, чем официально зафиксировано.

Согласно статистике Департамента по рыболовству, из садков по товарному выращиванию лосося, в 2010 г. сбежало 291000, 2011 г. – 368000, 2012 г. – 38000, 2013 г. – 198000, в 2014 г. (данные на 30 сентября) – 228000 особей.

МАКРОЗООБЕНТОС РАЙОНОВ КОСЫ ТУЗЛА И КОСЫ РУБАНОВА ТАМАНСКОГО ЗАЛИВА

С.В.Бирюкова

Азовский филиал Мурманского морского биологического
института КНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Одним из наиболее важных факторов, влияющих на распределение макрозообентоса в Таманском заливе, является наличие обширных площадей, занятых макрофитами, которые создают благоприятные условия для развития многоуровневых сообществ, включающих как перифитон, так и пелофильный зообентос. Еще одним важнейшим фактором для распределения сообществ является многообразие донных отложений, включающих все типы грунта: песок, глинистый ил, алевролиты, глинисто-песчаный ил с высоким содержанием детрита, ракушечник. Таманский залив является ключевым районом для обмена видами между фаунами Азовского и Черного морей.

Антропогенное воздействие (дноуглубительные работы, создание крупных терминалов и портов, строительство Тузлинской дамбы, нефтяное загрязнение) является основным фактором в изменении сообществ макрозообентоса. Изменение рельефа дна и состава донных отложений приводит к исчезновению уникальных псаммофильных (*Donax-Moerella*) и пелофильных (*Chamelea-Spisula*) морских сообществ и заменой их на обедненные эвригалинные сообщества с доминированием *Cerastoderma*. Скорость, с которой происходят изменения в структуре донных сообществ, наталкивает на необходимость подробного изучения макрозообентоса этого сложного района, а также постоянного мониторинга с целью исследования необратимых изменений в бентосных сообществах под влиянием антропогенных факторов.

Материалом для работы послужили пробы, отобранные в Таманском заливе в ходе береговой экспедиции летом 2012 г. Всего было отобрано 22 пробы макрозообентоса (5 качественных и 17 количественных) по стандартным гидробиологическим методикам на 4 станциях (районы косы Тузла и косы Рубанова) на глубине до 6 м.

В районе окончания дамбы на косе Тузла отмечено небольшое видовое разнообразие макрозообентоса с доминированием *Gammaridae* в обрастаниях на камнях в зоне заплеска,

а на глубине 4 м на *Zostera* sp. массово отмечена молодь *Cerastoderma rhomboides*, *Abra* sp., *Mytillus galloprovincialis*. В средней части дамбы массово встречаются Actiniaria, Polychaeta (*Heteromastus fluviatilis*, *Capitella capitata*), Mollusca (*Cerastoderma rhomboides*, *Mytillus galloprovincialis*, *Anadara kagoshimensis*, *Bittium reticulatum*, *Rissoa benzii*), Ascidiacea.

На песчаном грунте с зарослями *Zostera* sp. на глубине до 6 м доминировали *Actinathoe clavata* (численность 290 экз/м², биомасса 3 г/м²), полихеты *Heteromastus fluviatilis* (численность 1920 экз/м², биомасса 0.6 г/м²) и *Capitella capitata* (численность 1200 экз/м², биомасса 0.18 г/м²), брюхоногие моллюски *Parthenina interstincta* (численность 240 экз/м², биомасса 0.06 г/м²), *Retusa truncatella* (численность 190 экз/м², биомасса 0.16 г/м²), *Bittium reticulatum* (численность 32 экз/м², биомасса 0.8 г/м²) и *Ebala pointeli* (численность 24 экз/м², биомасса 0.004 г/м²).

На косе Рубанова от берега до глубины 2.5 м наблюдается смена донных осадков: плотный песок с ракушей → песок с *Zostera noltii* → заиленный песок с ракушей и зарослями *Cladophora* sp. → песок с ракушей → заросли *Zostera noltii*. На этом разрезе встречаются Actiniaria, *Cerastoderma rhomboides* (половозрелые, численность 7 экз/м²), *Diogenes pugilator*.

Таким образом, на косе Рубанова и косе Тузла (район дамбы) можно выделить 6 сообществ макрозообентоса:

Сообщество *Diogenes pugilator*–*Ampelisca diadema* отмечено на косе Рубанова на грунте с песком и ракушей (глубина 0.8 м). Доминанты – ракообразные *Ampelisca diadema* (численность 1440 экз/м², биомасса 1.24 г/м²) и *Diogenes pugilator* (молодь, численность до 30 экз/м², биомасса 1.18 г/м²). Субдоминанты по численности – Cumacea (500 экз/м²) и полихеты *Heteromastus fluviatilis* (до 600 экз/м²) и Spionidae (180 экз/м²), молодь двустворчатых моллюсков *Lucinella divaricata*, *Abra* sp., *Spisula triangular* и *Mytillus galloprovincialis* (общая численность до 160 экз/м², биомасса 0.1 г/м²).

Сообщество *Loripes lucinalis* отмечено на косе Рубанова на границе песка и *Zostera* sp. Доминант – пелофильный двустворчатый моллюск *Loripes lucinalis* (численность 5 экз/м², биомасса 7 г/м²), а на песке без растительности его численность составляет до 3 экз/м² и биомасса – 5 г/м². Субдоминантом здесь выступают *Diogenes pugilator*, *Cerastoderma rhomboides* и *Mytillus galloprovincialis*.

Сообщество Gammaridae распространено в обрастаниях на камнях в зоне заплеска в районе окончания дамбы.

Сообщество *Anadara*: доминантом на илистых или илисто-песчаных грунтах на выходе из залива (в понижениях рельефа) является детритофаг *Anadara kagoshimensis* (численность 16 экз/м², биомасса 71 г/м²). Этот вид в центре залива встречается редко, характерен на выходе из залива. Субдоминантами по биомассе выступают Ascidiacea (численность 16 экз/м², биомасса 31 г/м²), *Cerastoderma rhomboides* (численность 40 экз/м², биомасса 19 г/м²) молодь *Mytillus galloprovincialis* (численность 717 экз/м², биомасса 8 г/м²). По численности доминируют полихеты *Heteromastus fluviatilis* (численность 1920 экз/м²) и *Capitella capitata* (численность 1184 экз/м²).

Сообщество *Cerastoderma* представлено особями крупных размеров в соленых лиманах Таманского залива. *Cerastoderma rhomboides* выступает доминантом в прибрежной части дамбы на косе Тузла с каменистым дном в зарослях *Zostera* (численность 8 экз/м², биомасса 40 г/м²). Неполовозрелые особи *Cerastoderma rhomboides* доминируют в поясе *Zostera* sp. с илисто-ракушечным дном (численность 484 экз/м², биомасса 9 г/м²).

В сообществе *Bittium*–*Mytillus*–*Rissoa* одним из доминантов в многокомпонентных ярусных сообществах Таманского залива является *Bittium reticulatum* (численность 990 экз/м², биомасса 30 г/м²) – обитатель *Zostera*. Молодь церастодермы массово (численность 484 экз/м², биомасса 9 г/м²) заселяет основание стеблей зостеры. К стеблям *Zostera* крепится биссусом также молодь *Mytillus galloprovincialis*, в скоплениях достигая численности 4600 экз/м² и

биомассы 9 г/м². В поясе макрофитов встречаются представители Isopoda (*Idothea* и *Sphaeroma*), которые достигают большой численности в мелководных прогреваемых участках Таманского залива. Gastropoda достигают большой численности почти на всех станциях: *Rissoa benzii* (численность 232 экз/м², биомасса 0.27 г/м²), *R. venusta* (численность 560 экз/м², биомасса 4.68 г/м²). У основания макрофитов на ракушке и камнях прикрепляются представители отрядов Actiniaria (*Actinia equina* и *Actinathoë clavata*) и Ascidiacea (*Eugyra adriatica*, *Ascidiella aspersa* и колонии *Botryllus schlosseri*).

В результате обработки проб было зарегистрировано 64 таксона макрозообентоса, относящегося к типам Porifera, Cnidaria, Nemertini, Plathelminthes, Annelida, Tentaculata, Phoronida, Arthropoda, Mollusca, Chordata. Наиболее массовые группы Mollusca (*Bivalvia*, Gastropoda), Polychaeta, Crustacea. Основу бентофауны Таманского залива у косы Рубанова составляют азово-черномоские виды средиземноморского происхождения, у косы Тузла – средиземноморско-атлантического происхождения.

В исследуемом районе было выделено 6 сообществ макрозообентоса. Следует отметить, что по итогам съемки не обнаружено выделенных ранее уникальных псаммофильных (*Donax–Moerella*) и пелофильных (*Chamelea–Spisula*) морских сообществ на выходе из Таманского залива. В пробах не были отмечены *Donax semistriatus*, *Moerella tenuis* и *Lentidium mediterraneum*, ранее встречавшиеся здесь в большом количестве.

Характерными для Таманского залива являются нектобентические и перифитонные сообщества с доминированием Gastropoda и молоди *Bivalvia* и субдоминированием Isopoda (*Idotea baltica*, *I. viridis*, *Sphaeroma pulchellum*). Эти сообщества представлены на зарослях *Zostera* sp. и *Cladophora* sp. Среди Gastropoda доминирует *Rissoa benzii*, *R. venusta* и *Bitium reticulatum*, среди *Bivalvia* – молодь *Mytillus galloprovincialis*, *Cerastoderma romboides*.

СОЦИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЛУХИ *DELPHINAPTERUS LEUCAS* КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

Н.С.Бойко

Кандалакшский государственный природный заповедник, г. Кандалакша, Россия

Белуха – обитатель арктических морей России и постоянный вид для Белого моря. Ежегодно часть белух заходит в Кандалакшский залив, вплоть до его вершины. Пребывание их здесь носит сезонный характер. Наблюдения по экологии, численности, распределению, возрастному составу белух в Кандалакшском заливе проводили в районе Порья губа–о. Великий–кут залива (г. Кандалакша). Материалом послужили данные Летописи природы Кандалакшского заповедника с 1999 по 2014 гг. и наблюдения автора. Материал за более ранний период опубликован Н.С.Бойко в 2003 г. Значительная часть сведений о встречах белух предоставлена работниками охраны заповедника, которым выражаю свою глубокую признательность и благодарность.

В Кандалакшский залив белуха заходит в период нагула. Сроки весеннего появления их в шхерной части залива в среднем не изменились и приходятся на 3 июня (n = 44 года). За период наблюдений с 1999 по 2014 гг. зарегистрировано 1969 встреч белух, из них в мае – 1.3, июне – 10.8, июле – 23.5, августе – 30.5, сентябре – 21.0, октябре – 10.9, ноябре – 2.0 %. Продолжительность пребывания животных в вершине Кандалакшского залива за период наблюдений составляет в среднем 168 дней (n = 13 лет; 121 день 2000 г.–193 дня 2012 г.). Последние встречи их здесь приходятся на ноябрь, в среднем 14 (04.11.2009 г.–30.11.2007 г.).

Среди исследованных групп белух нами выделены следующие: одиночки, группы из 2–4 и 5–8 особей. Одиночки составили 48.8 % (1429 голов), группы из 2–4 особей – 42.8 %

(1253 особи), группы из 5–8 особей – 5.3 % (155 голов). По одному разу регистрировали стада из 10 и 15 (0.8 %) и 30 и 35 особей (2.2 %). Стада с большим количеством животных не отмечали.

В мае в период захода белух в шхерный район частота встречаемости одиночек составляет 1.5 %, в июле – 22.5 %, в августе – 32.3 %, к ноябрю этот показатель уменьшается до 2.2 %. Одиночки были представлены взрослыми особями (белый окрас). Группы из 2–4 особей, как и одиночки, регистрировали ежегодно. В мае встречаемость составила 0.7 %, в июне – 10.4 %, в июле – 27.1 %. Максимум встреч особей этой группы был в августе – 26.0 %, затем этот показатель постепенно снижался и в ноябре составил 1.6 %. Группы из 5–8 особей отмечали не каждый год. Они отсутствовали в вершине залива в 2000 и 2001, 2007 и 2008, 2010 и 2012 гг. Животные этой группы не отмечены в мае, в июне их встречаемость составила 14.2 % (2011 и 2013 гг.), в июле – 21.9 % (2003, 2009 и 2014 гг.), в августе – 23.9 % (1999, 2003, 2004, 2006, 2009, 2013 гг.), в сентябре – примерно 11.0 % (2009, 2013 и 2014 гг.), в октябре – 25.8 % (2002, 2004, 2005, 2009 гг.), в ноябре – 3.2 % (2014 г.). Стада из 10 и 15 особей отмечали в 2014 и 2005 гг. соответственно, а из 30 и 35 животных – в 2000 и 2013 гг. соответственно.

Возрастной состав белух определяли по их окраске. Животных белого цвета считали взрослыми. Кроме того, различали особей светло-серой окраски, серой и темно-серой. В последнюю группу мы включали встречи с формулировкой “белуха с детенышем”. Разновозрастных особей отмечали в основном с взрослыми животными. Но были встречи белух серого окраса без взрослых особей: по 1 экз. в июне 1999 и 2005 гг., в июле 2004 г., в августе 2003 и 2005 гг., в октябре 2005 г. (дважды).

Белуху с одним детенышем видели в июне 2009 и 2012 гг., в июле 2008 и 2014 гг. и в августе 2008 г. (дважды). Один раз отметили белуху с двумя детенышами (июль 2003 г.), две взрослые особи с одним детенышем (июль 2009 г.) и четыре взрослые особи с одним детенышем (июль 2009 г.).

4 сентября 2013 г. у северного берега Княжегубской Седловатой луды (о. Седловатый) наблюдали проход белух разных возрастных групп (по окрасу). 35 особей шли Западной салмой к югу между лудой и Карельским берегом в течение 20 мин. 19 животных имели белую, 9 – светло-серую, 5 – серую и 2 – темно-серую окраску. Из 19 особей белого окраса не менее 5 зверей имели “горб”. Мы предполагаем, что это взрослые самцы. Возрастной состав стада: в двух случаях 1 взрослая особь + 1 особь серого окраса; в одном случае: 1 взрослая особь + 3 особи светло-серого окраса + 1 особь серого окраса; 1 взрослая особь + 1 особь светло-серого окраса + 1 особь темно-серого окраса; 3 взрослых особи + 1 особь светло-серого окраса + 1 особь темно-серого окраса; 2 взрослые особи + 2 особи серого окраса; 2 взрослые особи + 3 особи светло-серого окраса; 5 взрослых особей + 1 особь светло-серого окраса. И только в одном случае наблюдали 3 взрослые особи без молодых.

Таким образом, мы видим, что в вершину Кандалакшского залива ежегодно заходят в основном одиночные животные. Встречаемость их в среднем составляет 51.9 %. Несколько меньший процент (36.4) составляют группы из 2–3 особей.

ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В КОМПОНЕНТАХ ЛЕСНЫХ И ТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.А.Валуйская

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Актуальность изучения радиоэкологической обстановки на Кольском полуострове вызвана наличием здесь потенциальных источников радиоактивного излучения, а также выпадений радиоизотопов в результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. и ново-

земельских ядерных взрывов в атмосфере в 1953–1962 гг. В условиях повсеместного распространения техногенных радионуклидов существует риск получения населением Российской Федерации и некоторых стран Западной Европы дополнительной дозы внутреннего облучения при потреблении пищевых продуктов лесного происхождения. Особую значимость приобретают количественные оценки воздействия техногенных радионуклидов на компоненты лесных и тундровых экосистем региона.

Школа научных радиоэкологических исследований прибрежных тундровых и лесных экосистем наряду с морскими экосистемами была заложена в ММБИ в 1990-х гг. академиком Г.Г.Матишовым и продолжена Д.Г.Матишовым, впоследствии член-корреспондентом РАН. К исследованиям привлекались известные отечественные и зарубежные лаборатории, специалисты из Финляндии, Норвегии и Польши. Первые совместные радиоэкологические исследования флоры наземных экосистем побережья арктических морей были проведены в 1991–1992 гг. Анализируя динамику накопления радионуклидов в 1987–1991 гг. в более чем 50 пробах лишайников и мхов, а также в ягодах и грибах, отобранных на островах Печорского моря и Кольском полуострове, исследователи наблюдали заметное снижение уровня ^{137}Cs по сравнению с прошлыми годами, выявили основные особенности территориального распределения радиоизотопов на изученной территории в многочисленных картограммах (Матишов и др., 1994).

Практика международной кооперации в исследованиях продолжается в настоящее время. В частности, изучение радиоэкологического фона лесных и тундровых экосистем Кольского полуострова и севера Фенноскандии было включено в международный проект “СЕЕРА”.

В качестве объектов исследования выбраны массовые виды дикорастущих грибов, лишайников, ягод и почва, а главными индикаторами радиоактивного загрязнения – ^{137}Cs и ^{90}Sr . Отбор проб проведен в 2011–2014 гг. в нескольких районах Мурманской области, наиболее посещаемых местным населением при сборе дикорастущих ягод и грибов.

Измерения содержания ^{137}Cs выполнены на гамма-спектрометрической установке фирмы Canberra. Для определения удельной активности ^{90}Sr проводилась радиохимическая подготовка проб оксалатным методом с последующим измерением счетного образца на альфа-бета-сцинтилляционном счетчике LS 6500 фирмы Beckman.

По данным проведенных исследований удельная активность ^{137}Cs в верхнем слое почвы варьировала в диапазоне 11.6–113.0 Бк/кг. Лишайники сем. Cladoniaceae в среднем содержали 22.6 Бк/кг ^{137}Cs и 3.2 Бк/кг ^{90}Sr . Активность ^{137}Cs на 1–2 порядка ниже, чем в 1990-е гг. Измеренные уровни также ниже средних значений загрязненности мохово-лишайникового покрова на севере европейской территории России.

При исследовании грибов семейств Boletaceae и Russulaceae была выявлена широкая вариабельность удельных активностей ^{137}Cs . Наиболее популярные и часто встречающиеся съедобные грибы – подосиновик желто-бурый *Leccinum versipelle* (^{137}Cs – 1.2–19.1 Бк/кг), сыроежка болотная *Russula paludosa* – (^{137}Cs – 6.2–49.4 Бк/кг). Удельная активность ^{90}Sr во всех исследованных видах грибов значительно ниже, чем ^{137}Cs .

По современным данным удельная активность ^{137}Cs составила в лишайниках рода *Cladonia* 1–30 Бк/кг, *Cetraria* 6.5–60 Бк/кг, что на несколько порядков меньше, чем в 1990-е гг.

Среднее содержание ^{137}Cs в плодах ягодных кустарников сем. Ericaceae составляет 2.1 Бк/кг, при этом максимальная удельная активность радионуклида отмечалась в чернике обыкновенной *Vaccinium myrtillus* – 7.1 Бк/кг. Удельная активность ^{90}Sr в ягодах всех исследованных видов не превышала 2.6 Бк/кг.

Современное содержание основных дозообразующих радионуклидов в грибах и в ягодах Мурманской области значительно ниже предельно допустимых уровней, регламентируемых СанПиН 2.3.2.1078-01. По сравнению с началом 1990-х гг. удельная активность ^{137}Cs в грибах снизилась приблизительно в 10 раз, в ягодах – в 4 раза.

Измерения радиоактивности продуктов питания в совокупности с рационами питания жителей позволили оценить поступление радионуклидов в организм человека и дозу внутреннего облучения при отсутствии прямых измерений. Годовая эффективная доза внутреннего облучения за счет потребления основных продуктов питания населением Мурманской области в 2012 г. составила менее 1 % от установленного уровня безопасных дозовых нагрузок, установленных в Российской Федерации (СанПиН 2.6.1.2523-09). Вклад грибов в формирование годовой дозы внутреннего облучения населения региона составил менее 10 %.

Сравнение существующих уровней накопления ^{137}Cs в съедобных дикорастущих грибах и ягодах с аналогичными данными, полученными финскими и норвежскими исследователями, показало, что “продукты леса”, произрастающие на территории Мурманской области, имеют более низкие уровни загрязнения по сравнению с аналогичными видами, собранными на севере Финляндии и Норвегии.

Расчет дозы внутреннего облучения человека ^{137}Cs и ^{90}Sr при употреблении лесных ягод и грибов, выполненный для “условного потребления” (1 кг в год), показал, что население Северной Финляндии получает несколько большие дозы техногенного облучения, что объясняется повышенным загрязнением территории финской Лапландии после аварии на Чернобыльской АЭС. Однако с точки зрения радиационной гигиены, употребление в пищу продуктов леса безопасно как для населения Мурманской области, так и для северных регионов Норвегии и Финляндии.

ОСНОВНЫЕ БИОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНОГО БОГАТСТВА БАРЕНЦЕВА МОРЯ АТЛАНТИЧЕСКОЙ ТРЕСКИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АРКТИЧЕСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

А.М.Васильев¹, В.В.Комличенко²

¹Институт экономических проблем им. Г.П.Лузина КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

²Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича, г. Мурманск, Россия

Треска является наиболее ценным в коммерческом отношении объектом промысла на Северном рыбохозяйственном бассейне России. Среднегодовые объемы ее вылова отечественным рыбодобывающим флотом в Баренцевом море и сопредельных водах в 1990–2013 гг. составили 234 тыс. т (26.4 % общего вылова рыбы на бассейне). Еще большее ее значение в обеспечении финансовых результатов промысловой деятельности. В силу своих диетических свойств и высокой потребительской стоимости продукция из трески являются основной экспорта предприятий Северного бассейна в страны ЕЭС и США (в 2013 г. экспортировано 72 % уловов).

В постсоветский период в Баренцевом море и сопредельных водах наибольшую угрозу устойчивому рыболовству в первую очередь представляли незаконный, несообщаемый и нерегулируемый промысел (ННН-промысел), массовая гибель молоди при облове скоплений рыбы донными тралами и “возвращение части улова в море по экономическим, юридическим и другим причинам” (далее выбросы). В настоящее время благодаря техническим мерам регулирования массовая гибель ее молоди при облове тралами в значительной степени снижена. Согласованный с преобладающим количеством европейских стран, режим государственного портового контроля выгрузки, а также другие меры по контролю над промыслом трески, принятые в рамках СРНК по рыболовству, способствовали практически полной ликвидации ННН-промысла трески в Баренцевом море. В результате в настоящее время наибольшую угрозу устойчивому рыболовству трески представляют выбросы.

Проблема эта международная. По данным европейских источников рыночная стоимость выбросов в Северном море, к концу 1990-х гг. достигала 700 млн евро. Особенно “преуспевали” в этом английские рыбаки, ежегодно избавляясь таким способом от 600 тыс. т пищевой рыбы с низкой рыночной стоимостью.

В России, по устным сообщениям участников промысловых рейсов, в условиях весьма хорошей сырьевой базы трески и пикши, которая наблюдается последние 4–5 лет, количество выбрасываемой рыбы на отдельных траулерах, особенно ориентированных на выпуск филе, может быть сопоставимо с их реальным задекларированным выловом.

Основным экономическим фактором, обуславливающим выбросы неконвенционной и мелкой, а в последнее время и среднеразмерной рыбы, является дифференциация цен на треску разных размерных групп в первом звене продаж, а также конъюнктура рыбного рынка. Следовательно, одной из мер борьбы с этим видом браконьерства, могло бы быть, по нашему мнению, введение в первом звене продаж единых цен на треску, независимо от “навесок”.

Эффективной мерой в борьбе с выбросами мог бы стать учет размерного ряда реализуемой продукции и доначисление выбора квот за счет необоснованного отсутствия продукции из некондиционной и мелкой трески. Круглогодичный научный мониторинг сырьевой базы промысла, включая ассортимент и размерно-весовую структуру уловов во всех районах добычи рыбы, и оценка соответствия видового и размерно-весового ассортимента продукции реальным уловам, как показала практика, вполне возможны.

Существенного снижения выбросов можно достичь также в результате своевременной передислокации добывающего флота в районы концентрации крупной рыбы: из исключительной экономической зоны Российской Федерации (ИЭЗ) в норвежскую экономическую зону (НЭЗ) и район архипелага Шпицберген. Так, в уловах на северо-западе моря в 2001–2010 гг. доля мелкой трески (длиной менее 45 см), которая в первую очередь становится жертвой конъюнктуры рыбного рынка, составляла в различные месяцы промысла от 0.9 до 4.0 % (в среднем 2.9 %). В исключительной экономической зоне России этот показатель был кратно выше и колебался от 10.6 до 12.0 % (в среднем 11.4 %). Одновременно доля крупной, наиболее ценной в коммерческом отношении трески (длиной более 70 см), в НЭЗ и районе архипелага Шпицберген изменялась от 17.5 до 33.4 % (в среднем 20.7 уловов), а в ИЭЗ России не превышала в среднем 14.7 % уловов.

По оценке специалистов, недополученная прибыль в результате недоиспользования сырьевой базы промысла трески в северо-западных районах моря только по одной группе судов (СРТМк) составила в 2003–2007 гг. не менее 1 млрд рублей.

Весьма эффективной мерой охраны молодежи является временное или постоянное закрытием для тралового лова отдельных участков моря с повышенной концентрацией маломерной рыбы по рекомендации научных учреждений или по результатам контрольных проверок органов рыбоохраны.

Для обеспечения урожайных поколений и высокого уровня ОДУ трески, в соответствии с господствующими методологическими воззрениями, необходим соответствующий уровень нерестового запаса. Поскольку тралами облавливаются преимущественно младшие, неполовозрелые возрастные группы рыб, а пассивными орудиями – в большей части старшие половозрелые, то для обеспечения высокого уровня ОДУ, по мнению норвежских ученых, необходимо поддерживать определенный баланс между этими видами лова.

Сравнительные экономические результаты добычи и переработки трески рыбодобывающей отраслью Мурманской области и Норвегии можно показать, используя данные об отечественном экспорте баренцевоморской трески, поскольку свыше 70 % ее вылова вывозится за рубеж. Проведенный анализ показывает, что в 2011–2013 гг. экспортная стоимость 1 кг обезглавленной трески норвежского производства дороже аналогичной трески

российского производства на 15–24 %, а филе на 28–51 %, хотя российская продукция более высокого качества, так как произведена непосредственно в море из свежевывловленного сырья.

В норвежское рыболовное законодательство запрет на выбросы введен еще в 1988 г. Благодаря присутствию на борту некоторых промысловых судов наблюдателей, выборочной проверке патрульных служб, сверке ассортимента уловов с контрольными уловами научных судов, требованием обязательной регистрации всей выловленной рыбы на берегу, жестким предписанием для капитанов сообщать о всех случаях приловов и выбросов, а также применением действенной системы штрафов и других наказаний удалось достичь существенных результатов по борьбе с выбросами в НЭЗ и районе архипелага Шпицберген. Например, если рыбаки предъявляют улов, где отсутствует мелкая рыба, то он пересчитывается на усредненную размерную структуру уловов в аналогичных районах промысла, а квота уменьшается на объем мелкой рыбы, который считается выброшенным. В последние годы Директорат рыболовства Норвегии разработал новые эффективные методы выявления случаев выброса рыбы, основанные на использовании системы судовой электронной промысловой отчетности. С 1 января 2011 г. все суда длиной более 15 м обязаны передавать свои промысловые рапорты в электронном формате. Этот метод помогает быстро выявлять нехарактерные изменения видового состава уловов, причины этих изменений и оперативно реагировать.

На Северном бассейне выбросы “нетоварной” рыбы также запрещены Правилами рыболовства. Постановлением от 25 мая 1994 г. № 515 (в редакции от 26.09.2000 г. № 724) утверждены “Таксы для исчисления размера взыскания за ущерб...”, где определено наказание в размере 60 руб. за 1 треску, пикшу, сайду, независимо от размера и веса. В качестве усиления мер борьбы с выбросами в Баренцевом море в докладе предлагается ряд мер, реализация которых будет способствовать их существенному снижению.

РАЗРАБОТКА КАРТ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ: НЕОБХОДИМОСТЬ, ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ

П.С.Ващенко

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

При разливе нефтепродуктов в море прибрежная и береговая зоны наиболее часто подвержены нефтяному загрязнению (Патин, 2008). При попадании нефти на берег экологические последствия и трудности при уборке нефти на разных типах побережья различны. Поэтому важно иметь представления о расположении участков побережья, попадание нефти на которые приведет к наиболее значимым экологическим последствиям и(или) уборка которого будет более трудной. На сегодняшний день одно из эффективных средств для расстановки приоритетов при ликвидации разливов нефти (ЛРН) – карты экологической чувствительности побережья (ESI).

Цель настоящей работы – анализ мирового опыта по картографированию чувствительности побережья к разливам нефти и сложностей применения данного подхода к береговой линии российской части арктических морей.

Существующая система оценки чувствительности береговой линии. Для оценки степени возможного негативного воздействия нефтепродуктов на береговую зону в международной практике широко применяется индекс ESI (Environmental Sensitivity Index) (NOAA ..., 2002). Он характеризует интегральную восприимчивость побережья к нефтяному загрязнению при разливах нефти и нефтепродуктов. В основе ранжирования лежат

качественные и количественные характеристики побережья, отражающие связь между строением, структурой берега и физическими процессами, происходящими при попадании нефти на берег. Учитывается, что чувствительность берега к нефти возрастает по мере увеличения защищенности берега от воздействия волн, глубины проникновения нефти в подстилающий слой грунта, времени естественного удержания нефти на берегу и биологической продуктивности береговых и прибрежных сообществ. Данная система индексов позволяет разбить берега по их чувствительности на 10 типов (1 – минимальная чувствительность, 10 – максимальная), которые в свою очередь могут быть разбиты на подтипы (до 5 в каждом). Конечный материал принято представлять в виде карт как на бумажных носителях, так и в виде цифровых ГИС. На карты наносится краткая сопутствующая информация об инфраструктуре и логистике, относящейся к ЛРН. В виде полигонов на акваторию также наносится информация о чувствительных биологических, коммерческих и рекреационных ресурсах используемых человеком. Важным элементом являются практические рекомендации по уборке нефти, разработанные в системе ESI для каждого типа берега (Introduction ..., 2008).

Опыт применения ESI в мире. Применение карт ESI широко распространено и рекомендуется международными организациями IMO, IPIECA, OGP. Имеются карты ESI для побережий США, Канады, ОАЭ, Израиля, Германии, Южной Африки, Новой Зеландии и др. Лишь для побережья США по состоянию на 1998 г. имелось 2756 карт ESI в 61 атласе (Jensen et al., 1998). Данная система индексов предполагает возможность модификации принятой классификации в первую очередь с целью учета региональных особенностей побережья. Это может выражаться в увеличении или уменьшении числа используемых индексов. Индекс чувствительности, используемый в атласе Южной Африки, насчитывает шесть категорий. Региональные изменения в системе ESI также могут заключаться в повышенной значимости антропогенных объектов, расположение которых наносится на карту. Так в Японии на картах ESI наносятся объекты аквакультуры, расположенные вблизи берега или непосредственно на берегу. Таким объектам не присваивается индекс ESI, и они не меняют его значение для ближайшего участка берега, но при ЛРН приоритетом является защита объектов аквакультуры (Shintaro et al., 2004).

ESI для арктических морей. Применение ESI в исходном виде для Арктики не вполне корректно. В классификации присутствуют типы берегов, которые, как правило, здесь не встречаются. В работе (Ващенко, Калинин, 2013) сформулированы предложения по модификации исходной системы индексов ESI с целью ее применения для Арктики. Для этого были исключены типы берегов, не встречающиеся в арктических морях, и внесены заболоченные земли. Полученная классификация имеет вид: ESI 1 – искусственные конструкции и портовые сооружения; ESI 2 – скально-глыбовые развалы, выходы трещиноватых пород; ESI 3 – мелкопесчаные пляжи; ESI 4 – крупно-песчаные пляжи; ESI 5 – песчано-галечные пляжи; ESI 6 – гравийные и щебнистые пляжи, каменная осыпь; ESI 7 – обсыхающие отмели; ESI 8 – плоские гравийно-песчаные пляжи с крупными валами водорослей и трав; ESI 9 – защищенный обсыхающий берег; ESI 10 – зарастающие, заболоченные земли. Существенный момент дальнейшего развития ESI для Арктики – учет влияния льда на чувствительность побережья к нефти.

Сбор данных для картографирования чувствительности. При определении чувствительности побережий к нефтяному загрязнению (выборе значения индекса ESI) основополагающим фактором являются геоморфологические характеристики берега (NOAA ..., 1997). Определение этих характеристик можно осуществлять различными способами. Как правило, для этой цели применяется фотосъемка побережья с использованием различных средств. Используют фотосъемку с борта судна, с летальных аппаратов (в том числе беспилотные), спутниковую фотосъемку, а также фотосъемку, осуществляемую непосредст-

венно с берега. Жестких правил ведения такой съемки нет, основными специфичными требованиями являются: полное покрытие снимками всей картографируемой береговой линии и привязка снимков к координатам. Собственный опыт автора работы включает две судовые и одну вертолетную экспедиции в 2008–2013 гг. (Калинка, Ващенко, 2009; Ващенко, Калинка, 2011; Ващенко, 2014). Экспедиционные исследования проводились в пределах акватории Кольского залива Баренцева моря.

Организация данных о чувствительности побережья. Для Кольского залива, подготовлена базы геоданных (БГД), которая включает массив фотоснимков, таблицу данных о фотоснимках и ГИС-проект для отображения материалов на карте. Такое решение необходимо не только для составления карт, но также является полезным инструментом для планирования ЛРН. В составе БГД имеется ряд вспомогательных элементов, позволяющих просматривать фотоснимки. Каждый снимок сопровождается информацией о дате и времени съемки, координатах места съемки, водном часе в момент съемки, использованной модели камеры и индексе экологической чувствительности участка берега на фотоснимке. В нашей базе данных примерно 8 тыс. фотоснимков, обеспечивающих практически полное покрытие побережья Кольского залива (за исключением губ Пала, Оленья и Сайда).

Чувствительность исследованной береговой линии Кольского залива к разливам нефти по результатам анализа полученных карт может быть охарактеризована следующим образом: берега с индексом ESI 1 составляют 23.6 %, ESI 2 – 34.2 %, ESI 3 – 0.5 %, ESI 4 – 1.0 %, ESI 6 – 14.0 %, ESI 7 – 26.1 %, ESI 8 – 0.3 %. Берега с индексами 5, 9 и 10 отсутствуют. Результаты картографирования чувствительности берегов Кольского залива представлены в работе (Ващенко, 2014).

Перспективы дальнейших действий. На основе имеющихся карт чувствительности берегов Кольского залива необходимо провести обсуждение конечной формы представления таких карт и их наполнения. Оно должно быть проведено с участием лиц непосредственно вовлеченных в процесс планирования и реализации операций ЛРН. Принять нормативные документы, предписывающие включение карт чувствительности в планы ЛРН и их использование в процессе ЛРН. Для применения карт ESI в планах ЛРН арктических районов необходимо проработать вопрос влияния льда на значение ESI. Необходимо расширить имеющуюся базу данных, включив в нее побережье Мурмана от Горла Белого моря до норвежской границы (начальный этап) и все побережье арктических морей.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРОФИЛЛА АРКТИЧЕСКОГО ФИТОПЛАНКТОНА В УСЛОВИЯХ ПОЛЯРНОЙ НОЧИ

В.В.Водопьянова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Исследование концентрации хлорофилла *a* микрофитопланктона Баренцева моря было проведено на станциях стандартного разреза “Кольский меридиан” (рейс НИС “Дальние Зеленцы”, 9–25 ноября 2013 г.).

В настоящее время измерения содержания хлорофилла *a* в арктических морях проводятся в основном в поверхностном слое как в полевых условиях, так и с привлечением спутниковых данных. Однако при таком подходе не учитывается глубинный максимум хлорофилла, который может вносить существенный вклад в первичную продукцию океана (Ardyna et al., 2013).

Целью настоящей работы было изучение особенностей вертикального распределения хлорофилла арктического фитопланктона при минимальном уровне солнечной радиации (полярная ночь).

По стандартным методикам (ГОСТ ..., 2001) были отобраны пробы морской воды для дальнейшего определения концентрации хлорофилла *a*. Пробы отбирали с нескольких горизонтов: поверхностный слой, глубины 10, 25, 50, 100 м и придонный слой (характерны глубины от 150 до 310 м). С момента отбора проб на пигментный состав и до процесса фильтрации проходило не более 1 ч. Фильтрацию осуществляли в полевых условиях под вакуумом через мембранные фильтры, продолжительность фильтрования не превышала 60 мин. Фильтры хранили в морозильной камере до обработки в стационарных условиях. Фотосинтетические пигменты экстрагировали 90 %-м ацетоном в течение 1 ч. Для удаления светорассеивающей взвеси экстракт центрифугировали при 8 тыс. оборотов в минуту. Спектрофотометрирование осуществляли на UV-Visible спектрофотометре Nicolett Evolution 500 “Spectronic Unicam”, использовали кюветы с рабочей длиной 1 см. Концентрацию хлорофилла *a* вычисляли по стандартным формулам (ГОСТ ..., 2001).

Полученные данные свидетельствуют о том, что в период наблюдений хлорофилл в толще воды был распределен равномерно. Его содержание во всех выбранных для исследования горизонтах варьировало в незначительном диапазоне. Так, в поверхностном слое концентрация хлорофилла *a* изменялась от 0.05 до 0.15 мг/м³, в 10-метровом слое – от 0.09 до 0.16 мг/м³. На глубинах 25, 50 и 100 м концентрация хлорофилла *a* составляла 0.04–0.18, 0.06–0.21 и 0.03–0.22 мг/м³ соответственно. Для придонного слоя были характерны концентрации хлорофилла *a* от 0.05 до 0.08 мг/м³, за исключением одной станции, где было зарегистрировано 0.50 мг/м³. Согласно данным многолетнего мониторинга фитопланктона Баренцева моря, содержание хлорофилла *a* в зимний период не превышает 0.04 мг/м³ как в поверхностном, так и в придонном слое (Трофимова, 2007). По данным суточных наблюдений, концентрации хлорофилла в зимнем фитопланктоне могут достигать 0.06–0.08 мг/м³ (Трофимова, Макаревич, 2008). Зарегистрированные нами концентрации хлорофилла *a* на большинстве станций разреза “Кольский меридиан” соответствуют литературным данным (0.05–0.08 мг/м³), но на некоторых станциях этого разреза существенно их превышают (0.15–0.22 мг/м³). По составу доминантов и уровню обилия фитопланктон был типичен для данной части Баренцева моря в осенне-зимний календарный период. Однако при изучении видового состава микрофитопланктонного сообщества впервые для изучаемой акватории были отмечены тепловодные виды динофлагеллат: *Amphidoma caudata* Halldal, *Dinophysis hastata* Stein, *Dinophysis nasuta* Parke & Dixon, *Dinophysis ovata* Claparède & Lachmann, *Heterodinium milneri* Kofoid, *Mesoporos perforatus* Lillick, *Oxytoxum milneri* Murray & Whitting, *Podolampas palmipes* Stein, *Protoperidinium brochii* Balech, *Pyrophacus horologicum* Stein. Такое глубокое проникновение тепловодных планктонных форм в северные широты объясняется, по-видимому, действием современной аномалии температуры воды в Баренцевом море (Олейник, 2014).

Таким образом, сообщество фитопланктона в период полярной ночи находилось в состоянии активного функционирования. Это подтверждают довольно высокие концентрации хлорофилла *a* и видовой состав микрофитопланктона. Результаты исследования совпадают с литературными данными, свидетельствующими о том, что минимальный уровень солнечной радиации в полярную ночь в Баренцевом море оказывается достаточным для протекания в клетках фитопланктона процесса фотосинтеза, и хлорофилл находится в активном состоянии (Быков, 2003; Макаревич, 2004; Трофимова, 2007). Равномерное вертикальное распределение хлорофилла *a* в водной толще можно объяснить практически полным отсутствием в период наблюдений таких регулирующих вертикальные миграции фитопланктона факторов как солнечная радиация и стратификация водной толщи. Очень высокие значения концентрации хлорофилла, полученные в придонном слое на единственной станции, по-видимому, являются исключением, а не характерным для данного района глубинным максимумом концентраций, и, вероятно, связаны с растущим влиянием на фитопланктонное сообщество Баренцева моря тепловодной атлантической флоры.

ИССЛЕДОВАНИЯ АДАПТАЦИИ, РЕГУЛЯЦИИ РОСТА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАКРОФИТОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ: СВЯЗЬ ВРЕМЕН

Г.М. Воскобойников

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Водоросли арктических морей живут в условиях уникального природного эксперимента, испытывая смену фотопериода от полярного дня до полярной ночи, температуры воздуха на литорали во время отливов до 20 °С летом и до –20 °С зимой, ультрафиолета, осушения, влияния льда в зимний период.

Какие факторы являются определяющими в географии распространения многолетних видов в высокие широты, каковы механизмы адаптации к данным факторам и чем определяется видовое разнообразие морских макрофитов в Арктике? Какие изменения возможны в биологическом разнообразии флоры арктических морей в случае ожидаемого изменения климата?

Ответы на эти вопросы волновали альгологов Мурманской биологической станции (МБС) Петроградского общества естествоиспытателей в Александровске, МБС в Дальних Зеленцах, и, по-прежнему, входят в задачи исследований ученых ММБИ КНЦ РАН.

В связи с тем, что в природных условиях влияние отдельных факторов выделить достаточно сложно, натурные наблюдения сочетаются с проведением лабораторных экспериментов, позволяющих проследить адаптационные процессы у водорослей на разных уровнях организации: от клеточного до фитоценотического, популяционного.

Фотопериод. Относительная скорость роста площади таллома у большинства многолетних водорослей в условиях Баренцева моря увеличивается в начале февраля, достигает максимума весной, затем, к середине лета наблюдается снижение скорости роста, которая достигает минимума к ноябрю месяцу. Учитывая, что в феврале–марте температура воды имеет самый низкий среднегодовой показатель (–0.5...–1.2 °С), можно говорить о компенсаторной роли фотопериода в регуляции роста макрофитов, когда при низкой температуре окружающей среды за счет увеличения фотопериода усиливается скорость роста водорослей. Для роста большинства водорослей Мурманского побережья Баренцева моря оптимальным является фотопериод: 16:8 (свет:темнота).

Эксперименты по влиянию темноты показали, что если на Мурманском побережье, побережье Грен-фьорда (арх. Шпицберген) возможность существования водорослей при минимальном освещении в период полярной ночи обеспечивается адаптацией фотосинтетического аппарата к низкому уровню освещения, то переживание при полной темноте осуществляется за счет потребления запасных веществ, продуктов автолиза таллома и внешних растворенных органических веществ. Способность фукоидов при длительном отсутствии освещения сохранять тканевые и клеточные структуры без признаков деградации свидетельствует о возможности их перехода с фотоавтотрофного на гетеротрофный способ питания (Воскобойников и др., 1997 и др.).

Температура является одним из основных факторов, определяющих биогеографические границы произрастания водорослей. Выдвинуты три гипотезы переживания водорослей при отрицательных температурах: 1) устойчивость водорослей к замерзанию является следствием синтеза и накопления ими криопротекторов (глицерин, пролин, маннит, фукоидан). В клетках фукоидов содержится большое количество фенольных соединений, также являющимися антифризами; 2) экскреция литоральными фукусовыми водорослями полисахарида фукоидана способствует формированию пленки (ледяного футляра) с внешней стороны водорослей предохраняющей макрофиты от гибели во время отливов зимой;

3) способность к дегидратации без потери жизнеспособности обеспечивает сохранность тканей некоторых видов литоральных водорослей зимой. Эксперименты последних лет, выявившие наличие у фукуса пузырчатого большого процента связанной воды в клетках, подтверждают реальность данного предположения (Воскобойников, Макаров, 1997 и др.).

Ультрафиолетовая радиация. Фактором, оказывающим значительное воздействие на репродукцию водорослей и процессы восстановления природных зарослей, является ультрафиолетовая радиация. Облучение спорогенной ткани *Saccharina latissima* ультрафиолетом Б вызывает гибель парафиз, что влечет за собой выход не только подвижных зрелых, но и незрелых спор и отрыв целых спорангиев. Скорость оседания зооспор также напрямую зависит от интенсивности ультрафиолетовой радиации. Облучение ультрафиолетом эмбриоспор вызывало задержку или нарушение развития (Макаров, Воскобойников, 1999 и др.).

Гидростатическое давление. Существенное влияние на вертикальное распределение макрофитобентоса в сублиторальной зоне может оказывать гидростатическое давление. В частности, давление в 3 атм (соответствует давлению на глубине 30 м) значительно тормозит или нарушает развитие прорастающих спор ламинарии (Макаров, 2013).

Интенсивность движения воды (ИДВ), тип субстрата и соленость. Экспериментально определен ряд устойчивости доминантных видов водорослей к распреснению: *Fucus vesiculosus* > *F. distichus* > *Ascophyllum nodosum* > *F. serratus* > *S. latissima*. *F. vesiculosus* выдерживает распреснение до 2.5 ‰, а *S. latissima* погибает при 17 ‰. *A. nodosum*, *F. distichus* и *F. serratus* занимают промежуточное место по уровню резистентности. Физиологический оптимум солености у *F. vesiculosus* из местообитаний в Баренцевом море с постоянной морской соленостью воды составляет 25.5–34 ‰, а из солоновато-водных – 17 ‰, т. е. для данного вида доказаны наибольшие адаптивные возможности. Показано, что ведущими факторами в распространении *F. vesiculosus* на литорали Мурмана являются размерный состав грунта, интенсивность движения воды и соленость. Вероятно, на открытом побережье элиминирующим фактором является волноприбойная активность, а в эстуарной зоне – распреснение ниже 5–8 ‰. По-видимому, длительное существование *F. vesiculosus* в эстуарных зонах возможно лишь благодаря постоянным колебаниям солености на литорали, так называемым “приливным окнам”. В эстуарной зоне отмечено снижение линейных размеров слоевища, возможно, обусловленное распреснением ниже 5–10 ‰, которое является критическим для морских организмов (Воскобойников и др., 2003 и др.).

Влияние нефтяного загрязнения. Выявлена высокая устойчивость у взрослых растений фукусовых водорослей к влиянию нефтепродуктов, способность водорослей не только аккумулировать нефтепродукты на поверхности, а поглощать их, включая в метаболизм. Продемонстрирована возможность использования природной симбиотической ассоциации бурых водорослей и углеводородокисляющих микроорганизмов при создании плантации – биофильтр для очистки прибрежных акваторий от нефтяного загрязнения, развития санитарной аквакультуры (Воскобойников и др., 2004 и др.).

Связь времен. В основе практически всех направлений научных работ, развиваемых в настоящее время в лаборатории альгологии ММБИ, лежат исследования ученых альгологов, которые начали трудиться на побережье Баренцева моря с первых лет создания Мурманской биологической станции (Александровск–Дальние Зеленцы), а затем Мурманского морского биологического института: Е.Ф.Гурьяновой, З.П.Тиховской, А.Р.Гринталь, Г.К.Барашкова, К.М.Хайлова, М.В.Проппа, В.Е.Джуса, В.Н.Макарова, В.Л.Шмелевой, Е.В.Шошиной, К.Б.Хохрякова, С.А.Прохоровой, а также большой группы специалистов из отечественных и зарубежных научных институтов, проводивших природные и лабораторные эксперименты в Дальних Зеленцах. Взаимосвязь научных идей, результатов прошлых и настоящих исследований будет отражена в докладе.

БИОТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОНОМИКА АКВАКУЛЬТУРЫ И ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ МОРСКИХ МАКРОФИТОВ НА ПОБЕРЕЖЬЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Г.М.Воскобойников¹, И.В.Голяк¹, Ю.Ф.Куранов², М.В.Макаров¹

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

²Институт экономических проблем им. Г.П.Лузина КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

Запасы ламинариевых водорослей на Мурманском побережье Баренцева моря составляют примерно 300 тыс. т. Промысел последние годы практически отсутствует. Причиной тому является низкая рентабельность промысла: большое расстояние от мест добычи и первичной переработки (заморозки, сушки или консервации), отсутствие рентабельных технологий первичной переработки, высокая влажность воздуха на побережье, делающая невозможной высушивание водорослей без использования искусственных теплоносителей.

Альтернативой промыслу является аквакультура. Возможность размещения водорослевых плантаций в акваториях максимально приближенных к местам первичной переработки, получение однородной продукции с заданными свойствами: размерно-массовыми характеристиками, высоким содержанием биологически активных веществ, параллельно с разработкой и внедрением технологий первичной и тонкой переработки водорослей может значительно повысить рентабельность аквакультуры.

Двухгодичное выращивание ламинарии производится в слое воды 0.5–20 м на плантационных установках, представляющих собой систему из синтетических веревок и канатов, закрепленных с помощью якорей из бетонных массивов или каменных глыб массой от 50 до 200 кг и поддерживаемых в толще воды с помощью наплавов. В качестве субстрата для ламинарии используются веревки, на которые производится посев зооспор ламинарии. Зооспоры ламинарии получают от зрелых спороносных растений, которые отбирают из естественных зарослей или с плантации. Для получения зооспор производится стимулирование их выхода из спорангиев. Процесс стимулирования заключается в выдерживании спороносной ламинарии при определенном режиме вне воды. После окончания стимулирования ламинарию погружают в емкость с морской водой, где в течение часа происходит интенсивный выход зооспор. Полученную суспензию разливают в посевные емкости и доводят ее разбавлением морской водой до расчетной концентрации. Затем в посевную емкость помещают субстраты, которые выдерживают в ней в течение суток. За это время зооспоры успевают осесть и закрепиться на субстратах. После окончания посева субстраты размещаются на плантации. Дальнейшее участие человека в процессе культивирования заключается в регулировании плавучести плантационных установок и поддержании их целостности.

Возможно сокращение процесса выращивания почти в 2 раза при использовании в качестве посадочного материала природных или искусственно выращенных “молодых” спорофитов длиной 30–60 см. Рассада вплетается в вертикальные субстраты длиной до 15–20 м, которые размещаются на горизонтальных канатах.

В настоящее время биотехнология культивирования *Saccharina latissima* (*Laminaria saccharina*) достаточно отработана. Вместе с тем, проводимые в лаборатории ММБИ исследования, позволяют постоянно модернизировать процессы получения репродуктивного материала, оспоривания субстратов, технологические этапы: постановки, мелиорации, стимулирования роста, сбора урожая, обеспечивая улучшение качества конечной продукции, снижая себестоимость.

Важным элементом, повышающим прибыль от процесса выращивания и переработки ламинарии, является включение в объекты промысла фукусовых водорослей. Фукусы обитают в приливоотливной зоне. Период сбора фукусов с апреля по октябрь, это значительно продолжительнее, чем для ламинарии. Для сбора не требуются плавсредства.

Фукусовые водоросли обладают меньшей гигроскопичностью по сравнению с ламинариевыми, более упрощенной и дешевой схемой сушки, первичной переработки. По количеству же направлений использования фукусы не уступают ламинариям, а по ассортименту возможной конечной продукции даже их превосходят.

Анализ запасов и распределения ламинариевых и фукусовых водорослей на Мурманском побережье, наличие губ, пригодных для размещения плантаций водорослей, имеющейся инфраструктуры выявил наиболее перспективные районы для размещения комплексов по выращиванию, добыче и переработке водорослей. К таким на побережье Кольского залива можно отнести район Лиинахамари, а на Восточном побережье Мурман – район Териберки.

Предварительные экономические расчеты с учетом закупочной стоимости ламинарии, вариантов направлений комплексной переработки ламинариевых и фукусовых водорослей, затрат на выращивание, сбор и переработку показали, что рентабельность при производстве может превысить 25 %. Ламинария, выращенная на плантации в прибрежье Баренцева моря, может быть конкурентом продукции, поступающей на российский рынок из Китая.

В последние годы новым направлением технологии плантационного выращивания стала санитарная аквакультура. Продемонстрирована возможность использования природной симбиотической ассоциации бурых водорослей и углеводородокисляющих микроорганизмов при создании плантации как биофильтра для очистки прибрежных акваторий от нефтяного загрязнения. Фукусовые водоросли в возрасте от 2+ обладают высокой устойчивостью к нефтяному загрязнению. Экспериментально показано, что фукусовые водоросли не только аккумулируют нефтепродукты на поверхности таллома, но и способны поглощать их, включая в метаболизм. Стандартная схема плантации-биофильтра состоит из горизонтальных канатов с вплетенными талломами *Fucus vesiculosus* и вертикальными с талломами *Saccharina latissima*. Углеводородокисляющие микроорганизмы на поверхности водорослей преобразуют нефтепродукты, превращая их формы доступные для поглощения водорослями и включения в метаболизм. Данной схемой плантации достигается очистка поверхностных и глубинных слоев воды. Разработаны варианты технологии плантации для районов с пониженной соленостью, где в вертикальные канаты вплетаются талломы не ламинарии, а фукуса, более устойчивого к распреснению.

Предотвращенный экологический ущерб при использовании плантации-биофильтра в прибрежных акваториях Баренцева моря, рассчитанный на основе средних величин сорбционной способности плантации площадью 0.5 га и массой 30 т составляет 13.3 млн руб.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СТОЛ ДЛЯ РАЗБОРА ПРОБ МАКРОЗООБЕНТОСА

Е.А.Гарбуль, Д.В.Моисеев

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

В практике морских гидробиологических работ широко применяются специальные столы, необходимые для взятия и первичного разбора проб макрозообентоса. Из известных нам бентосных столов по выполняемым задачам и особенностям конструкции можно выделить два основных типа.

Стол для разбора проб, взятых тралом Сигсби (драгой). Он представляет из себя деревянный прямоугольный короб (размерами примерно 0.6x0.8 м) на ножках, нижняя открытая часть которого затянута металлической сеткой с диаметром ячеей 1–3 мм. На эту сеть осуществляется механическое нанесение грунта из трала Сигсби (драги), с последующей его промывкой. Достоинство этой конструкции – высокая пропускная способность, так как трал Сигсби приносит до 500 кг грунта. К недостаткам можно отнести неподвижный сетный блок; при промывке сеть быстро забивается органическими остатками, и стол при-

ходится переворачивать, промывая с обратной стороны. Эту проблему решают, обычно, с помощью изготовления отдельного сетного блока, что позволяет переворачивать его при неподвижном столе.

Стол для разборки проб, взятых дночерпателем. Особенностью данного стола (при тех же размерах и материалах) является деревянное дно, на которое осуществляется приемка дночерпателя “Океан” (площадь пробоотбора 0.25 м², масса примерно 150 кг). В центральной части дна вырезано небольшое забранное металлической сеткой круглое отверстие, снабженное обратным конусом. Для исключения при промывке грунта потерь биологического материала ниже стола на конус надевается промывочное сито (диаметр ячеек 0.5 мм). Стол имеет небольшую пропускную способность вследствие относительно небольшого отверстия дна.

В настоящее время в практике исследований макрозообентоса преимущественно используется дночерпатель ван-Вина (площадь пробоотбора 0.1 м², масса примерно 80 кг),

В 2009 году в лаборатории зообентоса ММБИ разработана гибридная модель бентосного стола, с помощью которой можно осуществлять как промывку проб из трала Сигсби (драги, донного трала), так и прием дночерпателей различных типов. В новой модели применен более прочный материал для изготовления стола и конструктивные дополнения к комплектующим (съёмные посадочная площадка и металлическая сетка). Это позволило увеличить производительность работ и значительно сократить объем бентосного оборудования, необходимого в экспедиции.

Для уменьшения общей массы и увеличения прочности конструкции в качестве основного материала использованы уголки из нержавеющей стали толщиной 3 мм. Для рамы сети использована нержавеющая сталь толщиной 2 мм, так как рама сама по себе не несет никакой нагрузки. Посадочная площадка изготовлена из т-образных уголков со сторонами 50 мм. На боковых сторонах стола (на расстоянии 300 мм от верхнего уреза) крепятся г-образные держатели для промывочной сетки. В нашем случае диаметр кольца промывочной сетки равен 540 мм. При приведении стола в рабочее положение сеть устанавливается на держатели таким образом, что нижний срез сливного отверстия стола вдевается в промывочную сеть. Такое решение позволяет избежать потери биологического материала при промывке.

Усовершенствованный бентосный пробораборочный стол широко используется в морских экспедициях ММБИ. Технические решения, использованные в конструкции данного стола, позволили поднять производительность бентосных работ, сократить объем бентосного экспедиционного оборудования (что важно при погрузке и разгрузке судна), увеличить срок службы за счет использования нержавеющей стали взамен дерева и черного металла.

На данное изобретение получен патент на полезную модель № 91683, приоритет полезной модели от 16 октября 2009 г., зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 27 февраля 2010 г.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫЖИВАНИЯ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ *MYA ARENARIA* L. В ЛИТОРАЛЬНЫХ ПОСЕЛЕНИЯХ БЕЛОГО МОРЯ

А.В.Герасимова, Н.В.Максимович

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Песчаные ракушки *Mya arenaria* L. встречаются почти повсеместно на мягких грунтах в прибрежной зоне Белого моря и способны образовывать массовые скопления на илисто-песчаных литоральных пляжах (Русанова, 1963; Свешников, 1963, Maximovich, Guerassimova, 2003), что делает их удобными объектами в демэкологическом анализе морских двустворчатых моллюсков. В акваториях Керетского архипелага Белого моря (Кандалакшский залив) сотрудниками кафедры ихтиологии и гидробиологии Санкт-Петербургского

государственного университета проводятся многолетние наблюдения за структурой поселений *M. arenaria* на четырех типичных литоральных пляжах (Maximovich, Guerassimova, 2003; Герасимова и др., 2006; Gerasimova, Maximovich, 2013): 1 – губа Лебяжья, 2 – пролив Сухая салма, 3 – у о. Большой Горелый, 4 – губа Яковлева. На участках 1 и 2 исследования осуществляли отдельно в среднем и нижнем горизонтах литорали. Характерной чертой изученных поселений *M. arenaria* оказалось преобладание на протяжении многих лет представителей отдельных генераций при практически полном отсутствии следов ежегодного пополнения. Причем появление значительного количества молодежи в поселениях мий неоднократно наблюдалось на фоне почти полного отсутствия особей других возрастных групп. В результате на протяжении нескольких лет (на одном из участков – практически 11 лет) развитие поселений *M. arenaria* происходило как динамика одной генерации. В течение таких периодов межгодовые изменения структурных характеристик поселений (показателей обилия, размерной и возрастной структур), по-видимому, были определены скоростями линейного роста и элиминации моллюсков преобладающей генерации. На участках 1 и 2 развитие поселений в течение длительного периода проходило практически как динамика генерации 1988 г. (период наблюдения 1989–2014 гг.), на участке 3 – генерации 1999 г. (период наблюдения 2000–2006 гг.) (Maximovich, Guerassimova, 2003; Gerasimova, Maximovich, 2013). Кроме того, генерация 1999 г. доминировала и на участке 4 с 2000 по 2006 гг. Из-за практически полного отсутствия пополнения поселений песчаных ракушек в течение 5–11 лет особей анализируемых генераций было сравнительно легко отличить (по внешней морфологии раковины) от представителей других поколений на протяжении всего периода исследований. В результате нам удалось проследить судьбу этих генераций в разных местообитаниях на протяжении 7–25 лет. Стандартная ошибка учета численности моллюсков генераций 1988 и 1999 гг. на протяжении большего периода исследований не превышала 30 %. Максимальные величины ошибок достигали 40–50 %. Таким образом, были получены достаточно надежные оценки численности песчаных ракушек генераций 1988 и 1999 гг. в каждый момент наблюдения. Данные по динамике численности этих генераций послужили основой для построения когортных таблиц выживания для *M. arenaria* из разных местообитаний (Gerasimova et al., 2015). Соответственно, основная задача данного исследования – анализ характера распределения смертности по возрастам в поселениях песчаных ракушек в Белом море.

В нижнем горизонте литорали одного из участков (1) исследования носили наиболее долговременный характер (1980–2014 гг.) и охватывали динамику генерации 1988 г. практически на протяжении всего жизненного цикла вида (25 лет). Результаты этих наблюдений уже представлены в литературе (Gerasimova et al., 2015). Показано, что скорость смертности мий на протяжении периода исследований менялась более чем в 10 раз (от 0.06 до 0.68 год⁻¹). При этом периоды низкого уровня смертности чередовались с резкими повышениями степени элиминации. Было выделено несколько возможных причин повышения скорости смертности *M. arenaria* на протяжении онтогенеза: а) обитание в поверхностном слое грунта на ранних стадиях развития (нестабильная среда, смертность нежизнеспособных особей, влияние хищников); б) напряженные внутривидовые отношения в плотных скоплениях молодежи; в) усиление внутривидовой конкуренции вследствие быстрого роста моллюсков; г) достижение средней и максимальной продолжительности жизни. Проверим, насколько выше сказанное справедливо для других поселений песчаных ракушек.

Изучение динамики генераций 1988 и 1999 гг. в разных местообитаниях (всего в анализ включено шесть поселений *M. arenaria*) показало, что скорость смертности моллюсков на протяжении жизненного цикла отдельных генераций может меняться в десятки раз – по максимуму от 0.04 до 0.92 год⁻¹. Однако в большинстве изученных поселений строго закономерных изменений темпа элиминации с возрастом особей не наблюдалось. Только в одном поселении (в нижнем горизонте литорали на участке 2) изменчивость скорости смертности генерации 1988 г. с возрастом носила U-образный характер, когда

смертность достаточно велика в младших возрастных группах, понижается в средних и снова возрастает в старших. В основном наблюдалось чередование периодов низкого уровня смертности моллюсков с резкими повышениями степени элиминации. При этом почти во всех поселениях высокой скоростью смертности отличались моллюски в возрасте 1 года. Причины повышенного темпа элиминации мий в первые годы жизни, очевидно, аналогичны уже названным выше: обитание в поверхностном слое грунта (нестабильная среда, истирающее действие льда, воздействие хищников и т. п.), внутривидовая конкуренция. При изучении динамики генераций в разных поселениях одного и того же участка прослеживалась явная зависимость уровня элиминации годовиков от величины обилия генераций. Так, в 1989 г. численность генерации 1988 г. в среднем и нижнем горизонтах литорали участка 1 различалась почти в 2.5 раза – 818 и 2156 экз/м² соответственно. Через год численность особей в нижней литорали сократилась почти в 2 раза, в то время как статистически значимых различий между показателями обилия песчаных ракушек в среднем горизонте литорали в 1989 и 1990 гг. не наблюдалось. Похожая ситуация отмечена и при изучении динамики генерации 1988 г. в разных горизонтах литорали участка 2.

Практически во всех изученных поселениях *M. arenaria* относительно высокая скорость смертности анализируемых генераций наблюдалась в середине–конце периода активного линейного роста особей (возраст 4–7 лет) – ежегодные приросты раковины 4–5 мм. Вследствие увеличения размеров мий происходило довольно резкое возрастание биомассы песчаных ракушек в анализируемых биотопах. Увеличение скорости снижения численности генераций, возможно, отражало усиление конкуренции среди моллюсков за пищу при увеличении их размеров.

Повышенным уровнем смертности отличались также моллюски на поздних этапах онтогенеза, однако последнее отмечено в поселениях песчаных ракушек только на двух участках (1 и 2). Исследования динамики численности генерации (в данном случае генерации 1988 г.) в поселениях обоих горизонтов литорали участков проведены практически на протяжении всего жизненного цикла – в течение 9 (участок 2) и 25 лет (участок 1). Наблюдения завершились после почти полной элиминации моллюсков этой группы в изучаемых местообитаниях. На участке 2 высоким темпом элиминации в обоих горизонтах литорали отличались особи в возрасте 8 лет. В результате 9-летние мии в поселениях обоих горизонтов литорали были представлены единичными особями. На участке 1 повышенной смертностью характеризовались особи в возрасте 15 и 23–24 лет, по-видимому, соответствующих средней и максимальной продолжительности жизни *M. arenaria* в данном местообитании.

Таким образом, анализ изменений скорости смертности *M. arenaria* с возрастом в разных поселениях вида показал, что вышеназванные причины повышения уровня смертности моллюсков на протяжении их жизненного цикла (Gerasimova et al., 2015), очевидно, в той или иной степени справедливы и для поселений песчаных ракушек в разных местообитаниях Белого моря.

ЗАВИСИМОСТЬ ЗНАЧЕНИЙ РАДИАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТ КОЛИЧЕСТВА И ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ СНЕЖНО-ЛЕДНИКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН

А.В.Гневашева^{1,2}, Б.В.Иванов^{2,1}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

²Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия

Отражательные характеристики подстилающей поверхности (альбедо) являются важным элементом полярной климатической системы, определяющим радиационный обмен между поверхностью Земли и атмосферой. Как известно, альбедо арктических регионов

в значительной степени определяется состоянием снежно-ледового покрова. Однако в современный индустриальный период радиационный обмен в полярных районах в определенной степени обусловлен и антропогенными факторами, такими как загрязнение подстилающей поверхности аэрозольными выбросами вблизи крупных промышленных, жилых и прочих объектов. Но не стоит забывать и о естественном загрязнении (например, ветровой перенос с открытых участков склонов гор), которое, как и антропогенное, изменяют радиационный баланс естественной поверхности через величину альbedo.

Для сравнения интенсивности антропогенного (промышленного) загрязнения снежного покрова в различных обитаемых поселках архипелага Шпицберген, мы использовали данные измерения альbedo, выполненные одновременно в Баренцбурге и норвежском пос. Нью-Олесунн, находящемся в 150 км к северу. Среднее альbedo поверхности по данным наблюдений в Нью-Олесунне составило примерно 80 %, а в Баренцбурге – примерно 65 % с 18 по 31 апреля 2007 г. Очевидно, что это объясняется более интенсивным загрязняющим влиянием местной (русской) ТЭЦ в Баренцбурге.

Для выявления зависимости значений альbedo от плотности загрязнения и размера загрязняющих частиц обратимся к результатам измерений, полученным индийскими специалистами в бассейне р. Бис (Beasbasin; Гималаи, север Индии), находящемся на высоте 2000–4000 м над уровнем моря. Эти наблюдения были произведены после периодов выпадения снега между ноябрем и апрелем, температура в это время оставалась также примерно постоянной. Был использован ASD-спектрометр, который измерял радиометрические показатели, такие как солнечное излучение, отражательную способность поверхности в диапазоне 350–2500 нм. Спектральное альbedo убывало с увеличением уровня загрязненности. Исследуя зависимость экспериментальных измерений отражательной способности снежного покрова с различным количеством загрязнений (3.18, 15.92, 63.69 и 95.54 мг/см²) от длины волны, когда исследователи поочередно “загрязняли” участки снежного покрова угольной крошкой, можно отметить некоторое увеличение отражательной способности в видимом спектре, затем – падение в ближней ИК зоне, а от значений 1350 до 2350 нм отмечается скачкообразное поведение кривых альbedo для малых загрязнений и постоянство значений отражательной способности для сильно загрязненных поверхностей. Также индийскими исследователями была вычислена отражательная способность в зависимости от длины волны, но уже с разным размером загрязняющих частиц. Существенный спад в отражательной способности с соответствующим загрязнением – а их было три градации (< 0.5, < 1.0 и 1.0–2.0 мм) – наблюдается в видимом и ближнем инфракрасном спектре (до 1350 нм), а далее, как и в случае с зависимостью от площади загрязнения, при загрязнении малыми частицами можно наблюдать скачкообразное изменение альbedo, а при загрязнении крупными угольными частицами альbedo примерно постоянно и находится в пределах 5–10 %.

С целью изучения влияния загрязнения снежного покрова на его отражательные характеристики сотрудниками СПбГУ, ААНИИ и НПИ был проведен специальный эксперимент с искусственным загрязнением снежной поверхности угольной крошкой и последующей оценкой спектральных свойств преобразованной поверхности. В видимом диапазоне наблюдалось увеличение отражательной способности снега как чистого, так и с различной степенью загрязнения. Далее значения, которые иллюстрируют альbedo чистого снега и снега с относительно малым загрязнением (до 16 мг/см²), идут на убыль в промежутке длин волн от 850 до 1500 нм, причем в интервале 1400–1500 нм наблюдается очень резкое падение (40 и 20 %).

Проведем сравнение данных альbedo снега, полученных в двух точках земного шара – в пос. Баренцбург (Шпицберген) и в долине р. Бис (Гималаи). Стоит отметить схожесть тенденций падения отражательной способности чистого снега от 350 до 900 нм, в условиях

загрязненности снежного покрова в обоих случаях наблюдается сначала некий рост альбедо (до 600–700 нм). При увеличении длин волн наблюдается некий спад, который мы можем в дальнейшем оценить по измерениям, выполненным индийскими исследователями. В условиях же незагрязненного снега (при наличии и отсутствии прямой солнечной радиации) наблюдаются заметные расхождения в альбедо. Особенно это четко видно при малых длинах волн (в видимом участке спектра), различия в значениях альбедо составляют порядка 10 %. Причины такой дифференциации значений могут быть различны. Во-первых, это различная высота Солнца и высота площадок измерений над уровнем моря. Очевидно, что площадка в Гималаях (3000–4500 м) находилась намного выше площадки около Баренцбурга. Во-вторых, это возможные ошибки в одном или другом случаях, допущенные в процессе самих измерений. В-третьих, различия в алгоритмах обработки данных, полученных приборами разного типа.

В дальнейшем планируется выполнить исследования временной изменчивости альбедо различных по степени загрязнения участков снежной поверхности (также в зависимости от характеристик облачности), организовать и провести более детальные измерения загрязненного (естественным и искусственным путями) снега и льда (провести спектральный анализ состава и структуры частиц с помощью ресурсного центра СПбГУ).

Можно сделать вывод, что естественные и антропогенные загрязнения уменьшают величину альбедо, изменяя этим радиационный баланс. По земному шару чаще встречается загрязнение естественного характера, но в Арктическом регионе из-за особенностей циркуляции загрязняющие частицы антропогенного происхождения выносятся в высокие широты, что является одним из факторов усиленного потепления климата в Арктике.

ОБ ОТДЕЛЬНЫХ СЛУЧАЯХ ОБНАРУЖЕНИЯ НОВЫХ КОРМОВЫХ СТАЦИЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЯМИ СИНАНТРОПНОЙ ГРУППИРОВКИ СЕРЕБРИСТЫХ ЧАЕК В ОКРЕСТНОСТЯХ МУРМАНСКА

А.А.Горяева

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Синантропная группировка серебристых чаек *Larus argentatus*, обитающая в Мурманске и его окрестностях, начала активно формироваться в 1970–1980-е гг. В этот период использование чайками антропогенного ландшафта для поиска кормов приобрело массовый характер, что связывают с ухудшением кормовой базы птиц в естественной среде обитания и одновременным сокращением рыбного промысла, отходами которого птицы кормились в значительном количестве (Татаринкова, Краснов, 1984; Панева, 1989).

Обычными источниками корма для птиц в окрестностях Мурманска стали зверосовхозы, свалка бытового мусора, контейнеры с мусором в черте города, популяции сизых голубей *Columba livia* и серых крыс *Rattus norvegicus* в городе (охоту серебристые чайки освоили с начала гнездования в Мурманске), сток канализации на акватории залива возле южной части города (Панева, 1989; Горяева, 2007; Горяев и др., 2011).

Между тем интересны факты внезапного появления новых кормовых станций и быстрого реагирования птиц на их появление. Рассмотрим три частных случая появления таких станций в неожиданном для птиц месте. Скопление птиц образовывалось в этих случаях в течение 1–2 сут. с момента появления корма.

Так, например, 18 мая 2012 г. на р. Кола (в 25 км от Кольского залива) наблюдалось скопление примерно из 300 особей серебристых чаек, кормящихся на воде (Краснов Ю.В., личное сообщение), хотя, как правило, на регулярной основе серебристые чайки не используют подобные реки для ловли рыбы. Позже выяснилось, что за день до этого специали-

сты одного из рыбзаводов выпустили в р. Кола 100 тыс. мальков атлантического лосося *Salmo salar* L. в возрасте 1 года, часть из которых, вероятно, и стала добычей чаек. Длина мальков атлантического лосося в возрасте 1+ может составлять 4.4–13.2 см (Самохвалов и др., 2014), что соответствует требованиям серебристой чайки к потребляемой ею рыбе. Средняя глубина обитания заводской молоди – 62 см (Сафонов и др., 1985), и это позволяет серебристым чайкам ловить такую рыбу способом ударного ныряния (Краснов и др., 1995). По-видимому, мальки атлантического лосося, выращенные в неволе и выпущенные в естественные условия, имеют ряд отличий в поведении от диких мальков. Исследования заводской молоди показали, что ее двигательная активность статистически значимо ниже, чем у одноразмерной дикой молоди (Сафонов и др., 1985), что делает, вероятно, ее более легкой добычей для птиц. Заводская молодь в первые дни после выпуска отличается неспособностью удерживаться даже несколько минут на участках потока, избираемых дикой молодь для ожидания дрейфа. Не успевая адаптироваться и приобрести необходимые навыки плавания, пищевого и оборонительного поведения, значительная часть выпущенной заводом молоди оказывается в море уже на 2–3 сут., представляя легкую добычу для хищников (Бакштанский и др., 1981). Дикая молодь атлантического лосося часто занимает места для кормления возле камней, что требует от нее соответствующих навыков плавания, заводская же молодь не обладает такими навыками. Она чаще кормится на открытых пространствах, что, вероятно, делает ее легкой добычей для птиц. Скорость движения и дальность пищевого броска заводской молоди ниже аналогичных показателей у дикой молоди. Заводские мальки значительно чаще, чем дикие принимают несъедобные объекты за съедобные. В результате этого они более ослаблены. Все вышесказанное указывает на том, что заводская молодь атлантического лосося при определенных условиях может стать массовой добычей серебристой чайки.

Второй случай обнаружения чайками корма был зафиксирован на заброшенной дороге (район пос. Дровяное) к находящейся здесь ранее воинской части. Дорога осматривалась регулярно на протяжении нескольких лет. На данном участке в воздухе птицы встречаются достаточно редко, так как дорога находится в лесу в 700 м от берега Кольского залива и относительной удаленности от озер. Таким образом, данный биотоп не представляет интереса для чайковых птиц. Ближайшее место локального пролетного пути чаек на свалку находится в 1 км от этого места. Однако летом 2011 г. здесь сформировалась группа птиц, насчитывающая примерно 100 особей. Как выяснилось, на дороге однократно были сброшены отходы рыбного производства – головы крупных морских окуней, упакованные в большие мешки (примерно 150 кг). Птицы обнаружили появление свалки в первые же сутки (дорога осматривалась нами в летний период ежедневно). Массово птицы кормились на свалке в течение 3–5 сут., затем кормовые ресурсы истощились, и лишь одиночные особи посещали данный участок.

Третье новое скопление птиц было зафиксировано на берегу Кольского залива. На протяжении нескольких лет значительных скоплений чаек при регулярном осмотре территории здесь не наблюдалось. На акватории площадью 0.06 км² обычно отмечалось не более 5 особей серебристых чаек. Данная площадь была представлена на 1/5 обнажающейся во время отлива литоралью и на оставшуюся часть акваторией с глубиной до 5–10 м. В данном месте в залив впадает ручей, на берегу находятся частично заброшенные складские помещения. Летом 2014 г. стали наблюдаться смешанные скопления серебристых и озерных чаек – до 50 особей. Скопления появлялись на протяжении одного дня, после чего исчезали, через несколько дней появлялись на один день и снова исчезали. В результате выяснилось, что в складских помещениях было организовано небольшое рыбное производство, отходы которого периодически выбрасывались в ручей, а затем попадали на мелководье залива. Чайки дожидались появления рыбных остатков на мелководье, так как

возле ручья обитали собаки, которые, по всей видимости, отпугивали птиц. Молодые особи серебристой чайки находились на участке больше, чем взрослые птицы. После истощения рыбных отходов птицы покидали данный участок полностью и появлялись вновь лишь с появлением новых отходов.

Данные случаи быстрого обнаружения серебристыми чайками новых кратковременных кормовых станций демонстрируют высокую адаптивную способность птиц к изменяющимся условиям среды, а также высокую способность этого вида к синантропизации.

НАБЛЮДАЕМЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ ПЕЧОРСКОГО МОРЯ

И.В.Грищенко

Северное управление гидрометеослужбы, г. Архангельск, Россия

Печорское море является частью Баренцева моря, однако отличается от него гидрометеорологическим и ледовым режимом. Официальные границы акватории Печорского моря определены Постановлением ЦИК СССР от 28 ноября 1935 г. С северо-запада Печорское море ограничивается линией о. Колгуев–мыс Черный в Междущарском проливе на Новой Земле, а с юго-запада линией о. Колгуев–мыс Святой Нос на Тиманском берегу Малоземельской тундры.

Мониторинг гидрометеорологических условий на акватории Печорского моря осуществляется сетью морских прибрежных станций: МГ-2 Индига, Бугрино, Колгуев Северный, Ходовариха, Сенгейский, мыс Константиновский, Варандей, Белый Нос.

Температура является одним из важнейших параметров любой среды. Анализ данных по температуре воздуха (1976–2011 гг.) в этом районе показывает, что средняя годовая температура воздуха понижается с запада на восток и составляет $-2.5 \dots -3.2$ °С в западной части моря и $-4.2 \dots -5.1$ °С в восточной части, на крайнем востоке – до -6.2 °С. Средние месячные температуры воздуха являются отрицательными с января по май и с октября по декабрь.

Наиболее холодные месяцы – январь и февраль ($-12 \dots -15$ °С в западной и $-16 \dots -20$ °С в восточной части моря). Самыми теплыми месяцами являются июль и август ($8-10$ °С). С мая по октябрь на всей акватории моря сохраняется практически однородный фон температуры воздуха – средняя месячная температура в различных частях акватории отличается на $1-2.5$ °С.

Анализ трендов по средней месячной температуре воздуха показывает положительную тенденцию практически в течение всего года. Коэффициент тренда средней годовой температуры составляет $0.5-0.6$ °С/10 лет (в районе Индиги – 1.0 °С/10 лет). В наибольшей степени тенденция повышения средней месячной температуры воздуха проявляется в январе, апреле и октябре – коэффициент тренда на всей акватории моря равен $1.0-1.5$ °С/10 лет. Практически не прослеживается существенное изменение значений средней месячной температуры в феврале и ноябре.

В силу большой теплоемкости температура воды является более инертным параметром по сравнению с температурой воздуха. Особенно это проявляется в зимний период, когда акватория максимально покрыта льдом. С января по март и в декабре средняя месячная температура воды составляет $-1.8 \dots -1.9$ °С с незначительными отклонениями в отдельные годы. В период отсутствия льда начинается интенсивный прогрев поверхностного слоя акватории моря. Если в июне средняя месячная температура воды ниже температуры воздуха и составляет $2.6-5.4$ °С, то в июле–августе она превышает средние месячные значения температуры воздуха и составляет $9-12$ °С. В сентябре начинается процесс охлаждения

воды, который происходит медленнее по сравнению с выхолаживанием воздуха, поэтому средняя месячная температура воды практически по всей акватории остается выше значений средней месячной температуры воздуха. В октябре она еще положительна – 1.2–2.5 °С.

Межгодовые изменения средней месячной температуры воды характеризуются существенными отклонениями от средних многолетних значений и в значительной степени связаны с аномалиями температуры в атмосфере. При этом наибольшие отклонения от среднего как в сторону отрицательных значений, так и положительных характерны для июня–июля. В отдельные годы этого периода они достигали 4.0–6.5 °С.

Так 1978–1979 годы оказались холодными. Средняя годовая температура воздуха над акваторией моря была ниже средней многолетней на 1.6–2.4 °С, в июне–июле температурная аномалия в атмосфере достигала –4.5 °С. В июне средняя месячная температура воды составила всего 0–1.0 °С, в июле – 4–6 °С (в районе Колгуева Северного до 1.0 °С). Особенно показателен 1989 г., когда в мае–июне положительные отклонения от нормы средней месячной температуры воздуха достигали 4–6 °С, вода в поверхностном слое прогревалась выше обычных значений в июне на 3–6 °С, в июле до 3 °С.

Вместе с тем нельзя однозначно утверждать, что температура воздуха влияет на температуру воды, поскольку кроме весенне-летнего прогрева на температуру воды оказывают влияние конвекция, которая происходит от поверхности до дна, а также горизонтальный перенос атлантических вод.

Изменение климата, которое наиболее выражено именно в арктической зоне, находит свое отражение и в динамике средних значений температуры воды. Анализ трендов по средней месячной температуре воды показывает положительные тенденции в течение всего безледного периода. Наиболее они значимы в июне (коэффициент тренда 0.8–1.3 °С/10 лет) и октябре (коэффициент тренда 0.6–0.9 °С/10 лет), что совпадает с общей картиной потепления климата, наблюдаемого в настоящее время.

НЕСКОЛЬКО ЗАМЕЧАНИЙ О МЕТОДЕ БРАУН-БЛАНКЕ В МОРСКОЙ ГИДРОБОТАНИКЕ

В.В.Громов

Азовский филиал Мурманского морского биологического
института КНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Не так давно в печати появилась статья о классификации морской растительности по системе Браун-Бланке (Афанасьев, Рубан, 2012). Ранее Д.Ф.Афанасьев (2010) при исследовании и описании морских бентосных растительных сообществ использовал метод Сукачева. Что это: дань моде или крупное заблуждение? Статья дискуссионная, тем не менее, остановимся на некоторых спорных моментах.

Вызывает сомнение выделение ассоциации *Cladophora abida–Ulva compressa*, так как в акватории Черного моря, согласно определителям, числится только *Ulva rigida*.

Вряд ли целесообразно выделять для Черного моря также ассоциацию *Sphacelaria cirrosa–Cladostephus spongiosus*. *Sphacelaria cirrosa* встречается в сообществах лишь иногда в роли эпифита. Это характерно и для красных водорослей. По-видимому, все-таки следует учитывать специфику фитоценозов в разные сезоны года.

Существуют и другие спорные вопросы, обсудить которые не позволяет формат издания. Хотелось бы посоветовать авторам статьи вернуться к литературе по методикам исследования фитоценозов с выяснением выделения “пробной площади” фитоценоза, особенно с определением “площади выявления” фитоценоза как одного из главных критериев любого растительного сообщества.

ПЕРВЫЙ ОПЫТ НЕПРЕРЫВНОГО ОН-ЛАЙН БИОМОНИТОРИНГА В УСЛОВИЯХ ПРИБРЕЖЬЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

А.В.Гудимов^{1,2}, Ж.-Ч.Массабу (J.-Ch.Massabuau)³, Г.Г.Матишов^{1,2}

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

²Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

³Университет Бордо, г. Бордо, Франция

До последнего времени стандартный экологический биомониторинг не имел альтернативы в применении к водным объектам и был основан на пробоотборе при проведении регулярных экспедиций (съемок) и последующей обработке проб с большой долей ручного труда. При этом экологический биомониторинг не являлся гарантом экологической безопасности водных объектов, так как отражал результаты влияния среды за несколько прошлых лет, а не ее современные изменения.

Влияние антропогенного загрязнения при традиционном мониторинге обнаруживается только *post factum*, со значительным отставанием от момента его возникновения. За это время запаздывания изменения биологических сообществ уже произошли, а они могут быть и необратимы, особенно при действии токсикантов. Традиционный биомониторинг несомненно важен для фундаментальных исследований, но совершенно непригоден в качестве средства мониторинга текущего экологического состояния среды и контроля уровня загрязнения вод.

Действительный экологический контроль состояния водной среды возможен только при непрерывном и оперативный контроле экологического состояния водных объектов. Получение оперативной экологической информации позволяет своевременно обнаружить экологическую опасность – токсичность (загрязненность) вод, например, и принять необходимые меры на ранних этапах возникновения загрязнения.

Выходом из этой ситуации является разработка нового подхода к биомониторингу – создание системы непрерывного мониторинга и оперативной биоиндикации. В создание таких систем вовлечены несколько стран: Голландия, Германия, Франция, Венгрия, Польша, Норвегия, Россия, США.

Ядром системы оперативного экологического биомониторинга, технически основанного на удаленном автоматическом биомониторинге реакций организмов в реальном времени (он-лайн), является технология биосенсорного обнаружения токсичности (опасности) загрязнения.

Биосенсорный базовый комплекс состоит из датчика, усилителя, АЦП, компьютера. Сигнал от организма-биосенсора, отражающий его реакцию на воздействие (загрязнение), передается по цепи измерительно-регистрирующего комплекса через интернет на сервер и затем к оператору (клиенту). В случае значительного отклонения регистрируемых параметров от нормы немедленно генерируется сигнал тревоги.

В технологии оперативного биомониторинга водной среды в качестве организмов-биосенсоров сегодня используются, преимущественно, донные беспозвоночные, в первую очередь, двусторчатые моллюски-фильтраторы. В течение 30 лет от начала первых экспериментов в ММБИ прошли испытания как биосенсоры и объекты биотестирования разных видов загрязнения такие моллюски-мониторы как мидия, модиолус, гребешок, кардиум, мия и др.

С 2012 года по настоящее время в губе Дальнезеленецкая (Баренцево море) проводятся пилотные испытания технологии биосенсорного мониторинга водной среды на основе поведенческих реакций моллюсков – морских гребешков и мидий. Оперативный биомониторинг осуществляется по проекту совместных российско-французских исследований, поддерживаемых французской компанией Total.

Исследования выполнены в Южном научном центре РАН при поддержке проекта “Разработка методов и создание экспериментального образца биотехнической системы мониторинга шельфовых зон морей Западной Арктики и Юга России, в том числе в районе Крымского полуострова на основе спутниковых и контактных данных” (шифр 2014-14-579-0115-020, RFMEFI60714X0059).

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ПРИГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В.А.Даувальтер, Н.А.Кашулин

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

На основе исследований, начатых с момента организации ИППЭС КНЦ РАН в 1989 г. и продолжающихся до настоящего времени, проведена оценка экологического состояния и установлены основные закономерности распределения тяжелых металлов (ТМ) в донных отложениях (ДО) озер северо-западной части Мурманской области и приграничной территории сопредельных стран.

Значительная часть ТМ, поступающих в озера в составе сточных вод и выпадающих на территории водозабора в составе атмосферных выпадений, сорбируется на взвешенных частицах, затем оседает на дно озер и накапливается в ДО. Поэтому их содержание в ДО характеризует полную антропогенную погрузку на водосбор и само озеро, позволяет определять источники загрязнения и установить исторические тренды в нагрузке и изменении содержания загрязняющих элементов в воде и ДО. В большинстве водных систем, концентрации элементов в верхних нескольких сантиметрах ДО намного выше, чем их концентрации в водной толще. Тесная связь микроэлементов (например, ТМ) во взвешенном материале и в ДО означает, что распределение, транспорт и доступность этих элементов водным организмам не может быть правильно оценена посредством только отбора образцов воды и анализа растворимой фазы. Поэтому при оценке экологического состояния озер и интенсивности их загрязнения необходим отбор проб ДО и исследование их химического состава, особенно содержание основных приоритетных загрязняющих элементов.

Средние скорости осадконакопления, рассчитанные с помощью определения возраста по хронологии ^{210}Pb с использованием модели датирования CRS и CIC, в исследуемых озерах довольно постоянны и находятся в пределах 0.7-1.6 мм/год. Увеличение содержания Ni, Cu и Co в ДО озер обычно обнаруживалось в слоях, возраст которых оценивается 1920–1930-ми годами, а максимальных значений достигает в 1970–1980 гг., как результат металлургической деятельности в этом регионе. Заметный рост концентраций Pb в ДО озер зафиксирован в начале VIII века. С увеличением расстояния от комбината “Печенганикель” Pb становится одним из основных загрязнителей. Особенно это характерно для финляндских и норвежских озер. Заметное увеличение содержания халькофильных металлов (Pb, Hg, As и Cd) в ДО озер произошло в середине прошлого века, и связано это с интенсивным развитием промышленности после Великой Отечественной войны, в том числе все усиливающимся использованием этилированного бензина, и возобновлением металлургического производства в регионе.

Образцы ДО озер дают хорошую возможность оценить экологическое состояние озер и влияние загрязнения местного и глобального характера. Анализ территориального распределения ТМ в ДО озер северо-запада Мурманской области и приграничной территории сопредельных стран показал, что ареалы высоких концентраций загрязняющих элементов,

таких как Ni, Cu, Co и Hg совпадают и ограничены 50-километровой местной зоной вокруг металлургических предприятий. Увеличение содержания Pb прослежено с востока на запад, что отражает общий поток загрязнения веществ из центра Европы на северо-восток в Арктику. Наряду со Pb, глобальными загрязняющими элементами являются также другие халькофильные элементы – Cd, As и Hg. Максимальные концентрации Ni и Cu, которые превышают их фоновое содержание в 10-130 раз, были зарегистрированы в пределах 10 км от комбината “Печенганикель”. В пределах 10–30 км от источника загрязнения, эти концентрации только в 3–7 раз превышали фоновое содержание. Концентрации Co были в 4–10 раз больше фонового содержания в пределах 15 км от источника загрязнения и до 3 раз больше в других озерах, удаленных на большее расстояние, что является следствием загрязнения атмосферными выбросами плавильных цехов комбината “Печенганикель”. Озера Куэтсъярви и другие более мелкие вблизи комбината получают основную часть выбросов комбината “Печенганикель”, и в поверхностных слоях ДО этих озер отмечены максимальные концентрации Ni, Cu, Co, Zn, Cd, Hg и As. Высокие концентрации Cd, Pb, Hg и As отмечены также в ДО некоторых озер, удаленных от комбината “Печенганикель”, что связано с глобальным загрязнением этими элементами в последние десятилетия.

В результате исследований химического состава ДО озер северо-запада Мурманской области и приграничных районов Норвегии и Финляндии выявлена тенденция усиления антропогенной нагрузки на водосборы озер и на сами озера, несмотря на снижение выбросов и стоков загрязняющих веществ комбинатом “Печенганикель” в последние 20 лет. Средние выбросы Ni и Cu комбинатом составляли 300 и 200 т/год соответственно, а стоки – 5 и 0.2 т/год. В компонентах окружающей среды (главным образом в наземных экосистемах – в почвах и растениях) накопилось огромное количество ТМ, которое после отмирания растений и разложения органических остатков со склоновым стоком, почвенными и подземными водами в виде органических и неорганических соединений постепенно поступает в водотоки и водоемы. С учетом накопленных ТМ в наземных экосистемах и многолетнего периода их самоочищения, интенсивное поступление ТМ в водоемы будет продолжаться еще не один десяток лет, даже если резко снизятся их выбросы в окружающую среду.

Для оценки экологического состояния поверхностных вод нами была выбрана методика определения коэффициента и степени загрязнения (предложена шведским ученым Л.Хокансоном) адаптированная для условий европейской Субарктики с учетом выявленных закономерностей формирования химического состава ДО и фоновых содержаний элементов в ДО. Коэффициент загрязнения C_f^i подсчитывался как частное от деления концентрации элемента или соединения в поверхностном сантиметровом слое к доиндустриальному фоновому значению. Степень загрязнения C_d определялась как сумма коэффициентов загрязнения для всех загрязняющих веществ. Очень высокие значения C_d отмечены в исследуемых озерах на расстоянии до 30 км от источников загрязнения, а значительные значения – до 50 км, причем, озера, расположенные по преобладающему направлению господствующих ветров (к северо-западу от комбинатов), имеют большие значения C_d . В озерах, расположенных в радиусе до 40 км от источника загрязнения, основной вклад в величину C_d вносят металлы Ni, Cu, Co, выбрасываемые в атмосферу комбинатом “Печенганикель” в больших количествах, а в более удаленных озерах основными загрязняющими элементами становятся Pb, Cd, Hg и As, которые в последние десятилетия приобрели статус глобальных загрязняющих элементов.

Функционирование горно-металлургического комплекса в Печенгском районе Мурманской области и приграничных районах Норвегии в XX веке привело к загрязнению озер сточными водами и атмосферными выбросами, содержащими газы и пылевые составляющие, в том числе и ТМ, в повышенных концентрациях. Анализ антропогенной нагрузки в этом регионе на водоемы позволил выделить три основных блока, влияющих на изменение их экологического состояния и аккумуляцию элементов (главным образом ТМ) в воде и ДО:

1) сточные воды предприятий горно-металлургического комплекса (оз. Куэтсьярви, р. Пасвик). Их поступление в водоемы сопровождается загрязнением хозяйственно-бытовыми стоками, что активизирует адсорбцию и седиментацию ТМ;

2) аэротехногенное загрязнение пылеватыми выбросами медно-никелевых производств, содержащих ТМ. Пылеватые выбросы выпадают вблизи промышленных центров, их растворение в воде сопровождается повышением уровня ТМ в воде и ДО;

3) воздушное загрязнение кислотообразующими веществами (сернистым газом и окисями азота) и ионными формами металлов, распространяющимися на значительные расстояния. Закисление водоемов способствует переходу металлов в ионные наиболее токсичные формы из ДО в водную толщу. Несмотря на низкие концентрации, токсичные эффекты ТМ в кислой среде увеличиваются.

ВАРИАЦИИ РАЗМЕРОВ СОЗРЕВАНИЯ САМОК КАМЧАТСКОГО КРАБА В ПРИБРЕЖЬЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

А.Г.Дворецкий, В.Г.Дворецкий

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* – крупный вид десятиногих ракообразных, обладающий высокой промысловой значимостью. В Баренцево море краб был завезен в 1960-х гг. для увеличения биоресурсного потенциала акватории. К середине 1990-х гг. сформировалась новая баренцевоморская популяция данного вида, коммерческая добыча которого в российских водах была начата в 2004 г. В последнее время зарегистрированы резкие колебания запаса камчатского краба с тенденцией к его увеличению. Камчатский краб, являясь объектом промысла и чужеродным видом, стал объектом пристального внимания как прикладной, так и фундаментальной науки. Однако основная доля исследований приходится на мористую часть акватории Баренцева моря, тогда как данных по биологии вида в прибрежье Кольского полуострова не так много. По этой причине исследования камчатского краба на мелководных акваториях, где происходит нерест, рост молоди и формирование будущих поколений представляется актуальной задачей.

Важным показателем для популяций промысловых видов является размер, при котором особи становятся половозрелыми. Для этих целей принято использовать размер 50 %-й половозрелости – длина или ширина тела, при которой половина особей в популяции считается достигшими половой зрелости. Что касается самок камчатского краба, то половозрелыми принято считать особей, которые несут наружную икру или ее остатки, а также имеют характерный цвет гонад.

Длину карапакса, при которой 50 % самок в популяции имеют икру, рассчитывали на основе логистического уравнения

$$P = \frac{100}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 \cdot CL}},$$

где P – доля половозрелых самок; β_0 , β_1 – константы.

Размер половозрелости (SM_{50}) определяли из следующего соотношения:

$$SM_{50} = -\frac{\beta_0}{\beta_1}.$$

В работе использованы данные по самкам камчатского краба, отловленным в губах Сайда (2004, 2005 и 2012 гг., n = 382), Долгая (2005 и 2006 гг., n = 148) и Дальнезеленецкая (2002–2013 гг., n = 895). В течение периода исследований во всех районах только 0.5 % всех самок с длиной карапакса более 120 мм не несли наружной икры.

В губе Сайда размер наступления половозрелости самок составил 104.0 мм по длине карапакса, в губе Долгая – 104.2 мм, в губе Дальнезеленецкая – 110.6 мм. В пересчете на ширину карапакса эти показатели составили 111.0, 113.0 и 119.1 мм.

Все полученные цифры примерно соответствуют тому диапазону величин, которые приводятся для самок камчатского краба Баренцева моря в работах других исследователей. Выявленный размах (110–130 мм по ширине карапакса) зачастую превышает аналогичную величину, отмеченную для камчатского краба в других районах его обитания. Например, в Беринговом море, длина карапакса, при которой 50 % самок достигают половой зрелости, варьирует в очень широких пределах – от 86 до 102 мм. В заливе Анива размер 50 %-й морфометрической половозрелости составлял 120 мм по ширине карапакса (Клитин, 2003), а у самок в районе Западно-Камчатского шельфа – 89 мм (Лысенко, Гайдаев, 2005). Известно, что SM_{50} самок камчатского краба испытывает сильные вариации в зависимости от географического положения и года исследований, и во многом зависит от гидрологических условий района. В ходе полевых и экспериментальных работ было показано, что в зависимости от температуры воды могут изменяться как сроки нереста и последующей линьки, так и темпы роста самок камчатского краба.

Таким образом, выявленные нами пространственные вариации размера наступления 50 %-й морфометрической половозрелости самок в прибрежье Кольского полуострова (постепенное возрастание при продвижении на восток) связаны с изменением температурного режима акваторий, а также с количеством и доступностью пищевых объектов и их видовым составом. При повышении температуры воды увеличиваются темпы роста камчатского краба, как и других видов ракообразных, следовательно, самки созревают быстрее. Такая же ситуация была описана для самок камчатского краба из восточной части Берингова моря: особи из более северных популяций характеризовались более крупными размерами, при которых фиксировали наступление половозрелости. Общей закономерностью является снижение размера наступления половозрелости при продвижении с севера на юг.

При этом стоит отметить, что подобные вариации обычно имеют место для крабов, относящихся к одной и той же популяции. Если гидрологический режим акватории характеризуется низкими температурами, то общей темп роста крабов будет существенно ниже, чем у крабов, проживающих при более высоких температурах. В этом случае подобное правило снижения размеров половозрелости действовать не будет, что хорошо заметно при сравнении этих показателей у крабов из Баренцева и Охотского морей.

При этом нельзя исключать и влияние промысла. Как известно, добыча самок камчатского краба запрещена, и попавшие в орудия лова самки должны быть отпущены. По данным ТИНРО-центра, смертность крабов, отпущенных в море после сортировки улова, может достигать 50 %. При нелегальном вылове в переработку идут все крупные крабы вне зависимости от их пола. Все это ведет к снижению внутривидовой конкуренции и повышению доступности пищевых ресурсов. Это находит свое отражение в том, что понижение размера наступления половозрелости, как правило, свидетельствует о высоком давлении промысла. Поскольку акватория Кольского залива наиболее доступна для браконьеров и самки в их уловах могут составлять значительную часть, можно предполагать, что более низкая величина SM_{50} для губы Сайда обусловлена также влиянием вылова, а не только природными условиями, при которых обитают местные крабы.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ЗООПЛАНКТОН НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН” В 2003–2010 гг.

В.Г.Дворецкий, А.Г.Дворецкий
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Выяснение механизмов влияния климата на наземные и водные экосистемы занимает центральное место в современных научных исследованиях (Brierley, Kingsford, 2009;

Комплексные ..., 2011; Dvoretzky, Dvoretzky, 2013). Одна из приоритетных задач – изучение морских систем в условиях колебаний глобальной атмосферной циркуляции. Баренцево море, расположенное за Полярным кругом, относится к числу уникальных районов Мирового океана. Климат отдельных частей этого моря различается в зависимости от их географического положения, обусловленного значительной меридиональной протяженностью водоема, а также притоком большого объема атлантических вод на юго-западе и холодных вод из Арктического бассейна (Жизнь ..., 1985). В начале XXI века в Арктике отмечены процессы потепления (Комплексные ..., 2011). Для Баренцева моря характерны значительные межгодовые изменения температуры воды. Исследования ММБИ показали, что в пределах атлантической водной массы прослеживаются положительные аномалии температуры воды с 1999 г. Однако с 2008 г. регистрируется понижение температуры воды (Комплексные ..., 2011). Цель работы – исследование межгодовых колебаний состава и количества зоопланктона на стандартном вековом разрезе “Кольский меридиан” в связи с внешними факторами (климатические и кормовые условия), а также определение показателей, которые можно использовать как индикаторы потепления и похолодания. Для проверки было выбрано лето, поскольку именно в этот сезон отмечается массовое развитие зоопланктонных организмов и формируется основная часть их годовой продукции.

Пробы зоопланктона были отобраны во время экспедиций ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” в июле–августе 2003–2010 гг. на разрезе “Кольский меридиан” (33°30' в. д. 69°30'–74°30' с. ш.). Этот район подвержен интенсивному воздействию теплых вод атлантического происхождения. В основном изучался наиболее продуктивный верхний 100-метровый слой. Пробы отбирали сетью Джели (площадь входного отверстия 0.11 м², ячей 168 мкм), обработку и анализ полученного материала проводили в лаборатории по стандартной методике (Инструкции ..., 2001). Биомассу зоопланктона рассчитывали по стандартным таблицам, размерно-весовым зависимостям или номограммам. Подробное описание методики было опубликовано ранее (Dvoretzky, Dvoretzky, 2009a,b, 2011; Дворецкий, 2012). Полученные значения сырой биомассы были переведены в миллиграммы сухой массы на 1 м³ с учетом того, что 1 мг сырой массы = 0.16 мг сухой массы. Аномалии биомассы зоопланктона рассчитывали как отклонение десятичного логарифма от средней многолетней величины. В качестве климатических переменных использовали аномалии температуры воды и солености на разрезе “Кольский меридиан” для слоя 0–200 м. Для оценки концентраций потенциальных источников пищи для зоопланктона использовали опубликованные данные по концентрации хлорофилла *a*, а также карты распределения этого показателя, заимствованные с сайта Giovanni и сайта лаборатории оптики океана Института океанологии РАН. Для оценки потенциального влияния выедания пелагических рыб использовали годовые индексы обилия мойвы (0-группа), скорректированные с учетом уловистости. Для определения возможных связей между зоопланктонными сообществами и ледовыми условиями были использованы аномалии ледового покрова в Арктике в августе 2003–2010 гг. Кроме того, для анализа использовали характеристики глобальной атмосферной циркуляции – индексы Североатлантического колебания. Математическую обработку данных проводили методами описательной статистики. Средние значения в работе представлены со стандартной ошибкой ($\pm SE$). Для определения связей между биомассой зоопланктона и климатическими факторами применяли корреляционный, регрессионный анализ и метод главных компонент.

Средняя температура воды в слое облова колебалась от 1.1 (2010 г.) до 10.5 °С (2006 г.). Соленость изменялась от 34.11 (2008 г.) до 35.01 ‰ (2009 г.). Для всего периода исследований средние значения этих показателей составили 5.5 \pm 0.3 °С и 34.62 \pm 0.04 ‰ соответственно. Усредненная концентрация хлорофилла *a* в поверхностном слое в июле–августе была самой высокой в 2006 г. и самой низкой – в 2009 г. Индекс обилия мойвы достигал

максимума в 2008 г. (995101 млн экз.) и минимума в 2004 г. (53250 млн экз.). Наибольшие отрицательные аномалии площади ледового покрова в Арктике в августе были отмечены в 2007 и 2010 гг. Регрессионный анализ показал тесную прямую зависимость концентрации хлорофилла *a* в поверхностном слое воды от температурных условий ($p < 0.03$).

Средняя численность зоопланктона в июле–августе колебалась от 143 до 7607 экз/м³. В составе сообщества доминирующей группой были веслоногие ракообразные, на долю которых приходилось 60–96 % общего обилия. Суммарная биомасса зоопланктонного сообщества изменялась от 3 до 63 мг сух. массы/м³. Наибольшие средние значения этого показателя были зарегистрированы в 2007 и 2010 гг. Аномалии биомассы зоопланктона были положительными только в 2007, 2008 и 2010 гг. В 2003 году аномалия биомассы была близка к нулю.

Значимость внешних факторов (в процентах) в детерминации межгодовых вариаций зоопланктона на разрезе “Кольский меридиан” ранжируется следующим образом (текущий год/предыдущий год): аномалия температуры воды в слое 0–200 м (10.9/10.7), концентрация хлорофилла *a* (10.3/11.1), средняя температура воды в слое облова (9.4/5.2), индекс обилия мойвы (7.6/5.6), аномалия солености (7.3/7.7), аномалия ледового покрова (7.0/9.8 %), средняя соленость (6.9/3.4), NAO_w (6.1/8.3 %).

Показано, что, сдвиг отклика зоопланктонного сообщества на процессы потепления на разрезе “Кольский меридиан” составляет около 1 года. В целом общая биомасса зоопланктона может быть использована как индикатор климатических изменений в водах атлантического происхождения. Для объяснения задержки ответа можно предложить следующий механизм. В годы с интенсивным притоком атлантических вод повышаются температура воды и содержание хлорофилла *a*. Генерации планктонных организмов текущего года развиваются в благоприятных условиях. На следующий год они дают больше потомства лучшего качества. Кроме того, в теплые годы в Баренцевом море формируются две генерации *C. finmarchicus*, причем вторая размножается осенью (Тимофеев, 2000). Особи, формируемые этим поколением, также вносят свой вклад в суммарную биомассу зоопланктона в последующий год.

По биомассе лидирующее положение в 2003–2010 гг. занимали бореальные виды. Самым многочисленным из них был *Calanus finmarchicus*. Прослеживалась тенденция увеличения вклада видов атлантического происхождения в общую биомассу зоопланктона на протяжении 2003–2007 гг., после чего их доля в последующие годы постепенно снижалась. Для арктических видов прослеживалось повышение их относительной биомассы, начиная с 2007 г. Вклад космополитов (особенно *Oithona similis*) не превышал 12 %.

Таким образом, соотношение биомасс бореальных и арктических видов можно использовать в качестве критерия потепления или похолодания. В первом случае биомасса тепловодных представителей будет в 6–7 раз, а во втором в 2–3 раза больше, чем холодноводных.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента России (МК-52.2014.4).

ДИНАМИКА ВОДРОСЛЕВЫХ СООБЩЕСТВ БАСЕЙНА РЕКИ ПАЗ (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Д.Б. Денисов

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

Система реки Паз представляет собой каскад водохранилищ, где одним из основных факторов, определяющих жизнь гидробионтов, является колебание уровня воды.

Экосистема реки подвергается долговременному разнотипному антропогенному воздействию, включая как прямые сбросы загрязняющих веществ с предприятий металлургии

ческой и плавильной промышленности, так и поступление их с атмосферными выпадениями. Загрязненные сточные воды комбината “Печенганикель” и сопутствующих производств сбрасываются в р. Колос-йоки и оз. Куэтсъярви, которые расположены в нижнем течении р. Пасвик. Наряду с токсическим загрязнением происходит интенсивная эвтрофикация отдельных плесовых и озерных участков системы стоками объектов сельского хозяйства и городов.

Познание динамики сообществ фитопланктона является неотъемлемой составляющей мониторинга состояния водных объектов в промышленно развитых регионах Субарктики. Водоросли планктона играют важную роль в формировании первичной продукции водных экосистем и самоочищении водоемов. Различные показатели состояния водорослевых сообществ с успехом используются для оценки трофического статуса вод, уровня органического загрязнения и интенсивности процессов эвтрофирования. Данные о структуре и таксономическом составе водорослей фитопланктона озерно-речных систем в различные сезоны необходимы для создания и уточнения систем биоиндикации, расширения представлений о многообразии условий в пределах одного водного объекта в зависимости от ландшафта, особенностей локальных местообитаний на различных участках, антропогенной нагрузки, а также для выявления определяющих факторов развития водоемов как научной основы для реконструкции условий формирования качества пресных вод высокоширотных регионов в ходе локальных и глобальных изменений окружающей природной среды.

Водорослевые сообщества были изучены в летний период 2012 г. в различных плесовых участках озерно-речной системы Паз (Раякоски, Ваггатем, Рускебукта, Тьеребукта, Скруккебукта и оз. Куэтсъярви).

Всего в составе фитопланктона озерно-речной системы Паз (2012 г.) было обнаружено 95 таксонов водорослей рангом ниже рода из семи систематических групп: Cyanophyceae – 9, Chlorophyta – 25, Charophyceae – 8, Chrysophyceae – 5, Dinophyta – 8, Bacillariophyceae – 37, Euglenophyceae – 1. Наиболее высоко видовое богатство (число обнаруженных таксонов) вблизи стока оз. Куэтсъярви, как результат сочетания водных масс различного типа и наличия течения. Наиболее резко отличается структура и количественные характеристики фитопланктона залива Рускебукта, где численность водорослей оказалась на два порядка выше, чем в других участках. Массовым видом, определившим такую высокую численность, явилась диатомовая водоросль *Urosolenia eriensis* (Smith) Round & Crawford. Массовое развитие этой водоросли свидетельствует о процессах эвтрофирования этого участка озерно-речной системы Паз. *Urosolenia eriensis* – типичный бентосный вид, и ее переход к планктонному существованию также указывает на эвтрофикацию. Эти данные хорошо согласуются с результатами гидрохимического анализа – для залива Рускебукта характеры самые высокие для р. Паз концентрации биогенных веществ, в первую очередь нитратов и фосфатов.

Озеро Куэтсъярви отличается от остальных станций обилием зеленых водорослей. Сообщества фитопланктона существенно различаются в северной и южной части водоема. В северной части обильны золотистые, диатомовые и зеленые водоросли, в южной части, куда поступают загрязненные стоками комбината “Печенганикель” воды р. Колос-йоки, активно развивались синезеленые водоросли

По уровню содержания хлорофилла *a* трофический статус исследованных участков р. Паз изменяются от α -олиготрофного (Скруккебукта) до β -мезотрофного (Куэтсъярви) согласно шкале С.П.Китаева (1984). Наибольшие концентрации хлорофилла *a* в 2012 г. были характерны для эвтрофируемых участков озерно-речной системы р. Паз – Рускебукта и оз. Куэтсъярви, эти данные хорошо согласуются с показателями обилия фитопланктона и результатами гидрохимических анализов. Концентрации феопигментов и каротиноидов наиболее высоки оказались в оз. Куэтсъярви, а также плесе Раякоски, что, очевидно свидетельствует о более высоком, чем в других участках, содержании детрита в водной толще.

Вероятно, в этих участках также присутствовали популяции стареющего планктона с замедленной фотосинтетической активностью. Минимальным среди исследованных станций содержанием каротиноидов характеризовались воды залива Рускебукта, что подтверждает активное развитие фитопланктона и его высокую фотосинтетическую активность.

Биомасса фитопланктона исследованных участков озерно-речной системы Паз в период исследований (2012 г.) находилась в пределах от 0.23 (Скруккебукта) до 2.94 г/м³ (Куэтсьярви, Колос-йоки). Наиболее высокие уровни биомассы были характерны для озера Куэтсьярви и залива Рускебукта, трофический статус которых может быть отнесен к α - и β -мезотрофному трофическому статусу, остальные водные объекты сохраняли олиготрофный статус. Следует отметить, что средний уровень биомассы фитопланктона озерно-речной системы Пасвик за исследованный период не превышал таковой для озер Кольского полуострова: 0.6–2.5 г/м³ в тундровых и лесотундровых озерах и 0.56–2.96 г/м³ в озерах северной тайги (Летанская, 1974; Большие озера ..., 1976).

Таким образом, видовой состав фитопланктона озерно-речной системы Паз характеризуется высоким видовым богатством, неодинаковым для различных плесов. Сравнительно высокое видовое богатство характерно для пограничных условий, где сочетаются водные массы, отличающиеся по гидродинамическим и гидрохимическим характеристикам. Массовыми таксономическими группами во всех исследованных участках являлись диатомовые, синезеленые и золотистые водоросли. Озеро Куэтсьярви отличается от остальных станций обилием зеленых водорослей. Видовой состав и структура сообществ фитопланктона р. Паз претерпела ряд существенных изменений. Доминирующие ранее диатомовые и золотистые водоросли постепенно заменяют зеленые и синезеленые, что указывает на климатические изменения в сторону потепления, усиленные процессами эвтрофикации. Впервые для Кольского полуострова зафиксирован факт массового развития в перифитоне диатомовой водоросли *Didymosphenia geminata* в верхних участках р. Паз, что представляет угрозу как для нерестилищ ценных видов рыб, так и для их кормовой базы. Массовое развитие этого вида можно также рассматривать, как реакцию на глобальные климатические изменения.

ГОЛЛАНДЕЦ ФЛАМИНГ – ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЬ “ДОМА БАРЕНЦА” НА НОВОЙ ЗЕМЛЕ

В.Л.Державин

Институт археологии РАН, г. Москва, Россия

Давно и неоспоримым считается тот факт, что место зимовки голландской экспедиции Баренца-Хеемскерка в 1596/97 г. на Новой Земле в “Доме спасения” (“Het Behouden Huys”), впервые обнаружил зверобой Эллинг Карлсен в 1871 г. Норвежец застал в Ледяной гавани “дом... в таком виде, будто бы он только вчера был построен. Внутри все было на своем месте и представлялось совершенно в таком же виде, как это изображено на одной из картин в книге Де Веера”. Он нашел множество предметов, которые позже были переданы голландскому правительству. В доме находились матросские сундуки, содержавшие плотницкие инструменты, навигационные приборы, часы, венецианское стекло, одежду, книги. Среди находок оказались даже гравюры известных голландских художников – современников Баренца. В 1875 году в Ледяной гавани побывал еще один норвежский промышленник М.Гундерсен, который обнаружил две морские карты и рукопись с голландским переводом о плавании английской экспедиции А.Пита и Ч.Джекмана, пытавшихся в 1580 г. безуспешно попасть в Карское море через пролив Вайгач из-за тяжелой ледовой обстановки. Год спустя голландское зимовье посетил англичанин Ч.Гардинер,

тщательно обыскавший дом, который уже после первого визита Э.Карлсена стал интенсивно разрушаться. Таким образом, в XIX веке это место посещалось трижды, причем в течение очень сжатого срока (1871–1876 гг.). Если Э.Карлсен нашел жилище еще в приличном состоянии, то Ч.Гардинер “перевернул верх дном весь дом, чтобы забрать последнее, что не успели собрать”. Процесс разрушения одного из самых известных и северных в мире археологических памятников (76°16' с. ш.) после этого стал необратим.

В 1933 году советский геолог Б.В.Милорадович застал постройку в Ледяной гавани уже в виде груды досок и бревен. Тогда же были получены первые фотографии того, что сейчас называется “Домом Баренца”. В конце 1970–начале 1980-х гг. исследования в Ледяной гавани проводились под руководством Д.Ф.Кравченко. С 1992 года там работала экспедиция П.В.Боярского. В том же году в гавани с краткосрочным визитом побывал голландский археолог Л.Хакеборд, который ограничился фотосъемкой объекта и составлением его плана. В 1993 и 1995 годах на Новой Земле проводила комплексные работы российско-нидерландская экспедиция, завершившая археологическое исследование памятника. Еще раз напомним, что первооткрывателем “Дома Баренца” считается норвежец Эллинг Карлсен. Однако так ли это на самом деле?

В 2010 году в Амстердаме был издан в переводе на русский язык фундаментальный труд замечательного голландского дипломата, картографа, бургомистра Амстердама и предпринимателя Николаса Витсена – “Северная и Восточная Тартария”, в котором содержится ценная информация о голландском мореплавателе и китобое Виллеме Фламинге, с которым Витсен был знаком лично. Неудачный промысел в Гренландском и Баренцевом море вынудил голландца в 1664 г. отправиться по маршруту третьей экспедиции Баренца. В результате он смог обойти северную оконечность Новой Земли (77° с. ш.), а дальше “прошел так далеко, что взял курс на юг и юго-запад до уцелевшего дома после перенесенного кораблекрушения, где он (т. е. Баренц) и перезимовал”. От самого дома Фламинг направился на юго-восток, достигнув 74° с. ш., и в этом районе Карского моря “ничего кроме открытого моря не видел”. Но дальше он идти не рискнул, а развернувшись, направился на север к Оранским островам. В.Фламинг, вероятно, решил не рисковать и предпочел вернуться в Баренцево море известным прежним ему путем – через северную оконечность Новой Земли. Оказавшись позже у западного побережья на небольшом островке Адмиралтейства (теперь это полуостров), “он нашел жердь, на которой было написано – 1594”. Этот знак был оставлен голландцами во время их первого плавания к Новой Земле, поэтому археологическую находку Фламинга по праву можно считать первой, прямо связанной с историей плаваний Баренца.

Витсен также обратил внимание и на то, что другие мореплаватели, которые раньше в разные годы “плыли туда в то же самое время, то ничего, кроме льда, не встречали и застревали в этих льдах”. Вывод, к которому он пришел, основывался на гипотезе известного голландского географа XVI века Петера Планциуса, считавшего околополюсное пространство свободным от льда, который, согласно его мнению, формировался в прибрежной зоне вблизи устья крупных рек (Двина, Печора, Обь и др.) и впоследствии выносился в океан. Эту точку зрения разделял и Баренц, дважды пытавшийся в 1594 и 1596 гг. найти дорогу в Китай через северную оконечность Новой Земли, а в 1595 г. – через Вайгач. Лишь в XVIII веке русский мореход Савва Лошкин впервые сумел пройти вдоль восточного берега Новой Земли от Карских Ворот до мыса Желания, обогнув который, западным берегом вернулся на материк. Но одолел он этот путь только в три навигации. Дважды ему пришлось зимовать на восточном берегу архипелага, однако видел ли он “Дом Баренца”, если проходил мимо Ледяной гавани, неизвестно.

Фламинг, конечно, знал о существовании голландского зимовья и до своего плавания в Карском море, так как “Дом Баренца” был обозначен на многих старых картах, начиная

с 1598 г. Именно голландца следует считать тем моряком, который увидел его первым после того, как был покинут командой Баренца. И произошло это примечательное событие ровно 350 лет назад и без малого на 200 лет раньше экспедиции Карлсена. Но не совсем понятно, почему сведения Витсена о Фламинге до последнего времени не были известны голландским и другим исследователям, ошибочно отдавшим пальму первенства открытия “Дома В.Баренца” норвежцу Э.Карлсену. А ведь классическая работа Витсена на староголландском языке была опубликована в Нидерландах еще в 1705 г.

ТРАГЕДИЯ НЕМЕЦКОЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ ЛЕЙТЕНАНТА ШРЁДЕРА-ШТРАНЦА

В.Л.Державин

Институт археологии РАН, г. Москва, Россия

Весной 1912 г. между Берлином и Петербургом велась активная переписка в связи с просьбой Германии допустить на Таймыр научную экспедицию. В письме председателя Совмина В.Н.Коковцова министру иностранных дел С.Д.Сазонову сообщалось, что капитан германской арктической экспедиции В.Берг просит разрешить проведение на Таймыре исследования по “океанографии, зоологии, ботанике, геологии, палеонтологии, метеорологии, астрономии, картографии и геодезической картографии” с условием передачи полученных материалов правительству России. Помимо этого немцы для обеспечения связи добивались разрешения на установку ими на полуострове небольших переносных телеграфных станций. Вся эта официальная переписка на русском и немецком языках хранится в Москве в Архиве внешней политики Российской империи (Фонд 155, опись 445, дело 52, листы 1–44).

В Германии и не скрывали, что экспедиция под руководством Герберта Шрёдера-Штранца была рассчитана на 3 года, из них 2 отводились работам на Сибирском побережье, а ее основная цель состояла в решении “вопроса о практическом использовании Северного морского пути к Беринговому проливу”. Однако в 1912 г. намечалось только “пробное” плавание к Шпицбергену для испытания оборудования в полярных условиях. Но предполагали заняться и изучением малых народов Севера, поэтому в экспедицию собирались привлечь главного хранителя Кунсткамеры в Петербурге, а впоследствии известного ученого-антрополога польского происхождения Яна Чекановского, на которого возлагалось проведение этнографических работ в глубине полуострова в 1913–1914 гг.

В ответном письме Д.С.Сазонов сообщал В.Н.Коковцеву, что “при условии предоставления нашему правительству всего добытого материала, Министерство не усматривает препятствий к допущению экспедиции Шрёдера-Штранца в пределы России и оказания ей возможного содействия”. Кроме Министерства иностранных дел в отношении предстоящей немецкой экспедиции были сделаны соответствующие запросы в Министерство внутренних дел, а также в Военное и Морское ведомства, из которых были получены положительные ответы. В мае 1912 г. МИД известил наше посольство в Берлине о том, что “со стороны Русского правительства нет препятствий к учреждению германской экспедиции Шрёдера-Штранца в Северный Ледовитый океан”. А 20 июля русский вице-консул в Хаммерфесте Теодор Лаврентьевич Броссе, как бы подводя итог всей переписке, направил во 2-й Департамент МИД письмо следующего содержания:

“Снаряженная в настоящее время в Германии... научная экспедиция для исследования Северного пути вдоль Сибирского побережья до Тихого океана... предполагает совершить пробное арктическое путешествие для испытания имеющихся в ее распоряжении научных приборов, а также предполагаемых способов достижения намеченной цели. Ввиду

сего начальник этой экспедиции лейтенант прусской армии Шрёдер-Штранц решил отправиться в ближайшем будущем на Шпицберген для производства означенных испытаний в Северо-Восточной части архипелага, а именно между Ис-фьордом и Вейде-бей. В этом пробном путешествии будут участвовать капитан Берг и около 12 членов главной экспедиции, в том числе специалисты по зоологии, ботанике, геологии, океанографии, картографии, метеорологии. Настоящая подготовительная экспедиция располагает 24 специально выписанными из Германии собаками сен-бернардской и нью-фаунлендской пород... В Тромсе циркулируют слухи будто бы подобно той группе немецких ученых и предпринимателей, которые работают уже в западной части архипелага на участках, занятых ими на Кросс-бей, Магдалена-бей и Гамбург-бей – подобная подготовительная экспедиция не ограничится производством на Шпицбергене научных наблюдений и исследований, а, по всей видимости, займет все вышеуказанное пространство между Ис-фьордом и Вейде-бей”.

В действительности все вышло иначе, и планам, если таковые имелись у немецких ученых, не суждено было осуществиться. Предполагаемые 3-летние комплексные исследования трагически завершились на северо-востоке Шпицбергена в первый же год, не успев развернуться. Немецкая экспедиция в какой-то степени повторила несчастную судьбу русских экспедиций, отправившихся в Арктику в том же роковом 1912 г. К походу на Шпицберген Шрёдер-Штранц стал срочно готовиться еще до окончания официальных переговоров с русской стороной. Опыта работы в полярных широтах у 28-летнего офицера, как и у других, не было абсолютно никакого, но в его активе значились путешествия по Аргентине, Карелии, Кольскому полуострову и боевые действия в Юго-Западной Африке. Идея прохода Северным морским путем была продиктована желанием Германии использовать это направление исключительно для переброски коммерческих грузов на восток, а совсем не для маскировки якобы имеющихся у нее “милитаристских” замыслов, как иногда полагают. Как раз по этой причине научный характер экспедиции был вполне очевиден русскому правительству и не вызывал возражений. До этого только А.Э.Норденшельду на судне “Вега” удалось Северо-восточным проходом достичь Берингова пролива в 1878–1879 гг., поэтому и немцы собирались уложиться в две навигации в 1913 и 1914 гг. Единственный человек среди них, который имел опыт работы в высоких широтах, был капитан Берг, которому поначалу и отводилась роль командира корабля, но в Арктику его тогда не отпустило руководство. Слишком поздно, только в августе 1912 г., купленное в Норвегии судно “Стерлинг” и переименованное в “Герцог Эрнст” в честь спонсора экспедиции, вышло из Тромсё, направившись на север Шпицбергена. Всего на борту находилось 15 человек, в том числе 5 норвежцев (кок и 4 моряка). Капитаном корабля стал Альфред Ритшер, который должен был еще заняться и аэрофотосъемкой. Шрёдер-Штранц не исключал зимовку на Шпицбергене, однако в августе у него созрела мысль достижения Берингова пролива на собачьих упряжках, хотя никакого опыта передвижения на этом виде транспорта у немцев не было, да и четко продуманный проект масштабной 3-летней экспедиции, вероятно, отсутствовал.

Осенью “Герцог Эрнст” был затерт льдами вблизи Северо-Восточной Земли. В итоге экспедиция завершилась гибелью 8 человек, в том числе и самого Шрёдера-Штранца, бесследно исчезнувшего во льдах в декабре 1912 г. Выжили лишь капитан Ритше, который в условиях полярной ночи к Рождеству за неделю и в одиночку, но с сильными обморожениями, прошел более 200 км из Сергофьорда в Лонгиерсити, 4 норвежских моряка, добравшиеся весной 1913 г. пешком в Адвент-бей, а также художник Кристофер Раве и геолог Герман Рюдигер. При этом в трапперской избе в Вейде-фьорде, в котором немцы пробыли без малого 2 месяца после того как покинули корабль, Раве, из-за начавшейся у Рюдигера гангрены, пилой ампутировал ему стопу без наркоза. Все же весной оба были спасены капитаном норвежского судна “Герта” Арве Стаксрудом. Нельзя не признать, что фатальная

неудача немецкой экспедиции сочеталась с проявлениями поразительного личного мужества ее участников. Приобретенный в ней печальный опыт не прошел напрасно, по крайней мере, для капитана Альфреда Ритше, возглавившего в 1938–1939 гг. вторую германскую антарктическую экспедицию. Вместе с тем, Фритъоф Нансен справедливо считал экспедицию лейтенанта Шрёдера-Штранца самой неподготовленной из всех когда-либо направлявшихся в Арктику.

ФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОНИТОРИНГА МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ

С.Л.Дженюк

Мурманский морской биологический институт КНЦРАН, г. Мурманск, Россия

Мониторинг морских экосистем, как и экологический мониторинг в целом, традиционно включает прослеживание и анализ физических, химических и биологических показателей состояния морской среды и биоценозов. По современным представлениям, он должен дополняться социально-экономическими показателями, характеризующими состояние морской деятельности и уровни антропогенных нагрузок. Отсюда следует, что при проведении мониторинга должны быть согласованы методы сбора и анализа данных, относящихся к разным предметным областям и, что не менее важно, входящих в компетенцию разных органов управления.

Методология геофизического (и близкого к нему в этом отношении геохимического) мониторинга во многом существенно отличается от методологии биологического мониторинга по определению перечней объектов, применяемым средствам наблюдений, требованиям к пространственно-временному разрешению данных. Здесь мы не рассматриваем демографический и социально-экономический мониторинг, так как его организация полностью автономна, тогда как наблюдения за характеристиками морской среды и биоты обычно проводятся по единым программам.

При проведении геофизического и геохимического мониторинга перечень объектов строго регламентирован и пересматривается лишь в исключительных случаях. Изменчивость объектов мониторинга хорошо изучена, что позволяет однозначно задавать шкалы наблюдений и их допустимые погрешности. Поэтому требования к этим видам мониторинга, основанные на интуитивно очевидных представлениях о повторности наблюдений, необходимости равномерного пространственного покрытия и учете природных циклов, остаются неизменными уже длительное время. Мониторинг морской среды, включающий наблюдения береговых станций и глубоководные океанографические съемки, четко регламентирован по методам измерений, периодичности и сеткам наблюдений. Применяются стандартные технологии прохождения данных: заполнение журналов наблюдений, статистическая обработка, формирование ежемесячников и ежегодников в заданных форматах, обновление климатических справочников и гидрологических кадастров. На современном этапе стройность этой системы нарушилась, и доступность первичных данных намного понизилась, но фонд климатической информации в целом достаточен для интерпретации текущих мониторинговых данных.

Напротив, морской биологический мониторинг отличается слабой формализацией при выборе объектов, планировании наблюдений, использовании методов обработки и анализа информации. Очень разнородны способы представления сводных биологических данных, в чем легко убедиться, сравнивая климатические и биологические разделы морских атласов. Это объясняется как разнообразием и сложностью биологических объектов по сравнению с абиотическими, так и отсутствием централизованного управления биоло-

гическим мониторингом. В сборе и анализе данных участвуют многочисленные ведомства, инспекции, научные учреждения, вузы, предприятия. Информация во многих случаях не выходит за пределы организаций-участников и вышестоящих органов управления. Если в морской климатологии и океанографии есть хотя бы подобие рынка информационных услуг, то в отношении морских экосистем такая постановка вопроса даже не обсуждается.

Важно и то, что интерпретация данных о физических и геохимических параметрах морской среды основана на представлении о стационарности климата и устойчивости статистических распределений его показателей. Только при наличии сведений о климатических нормах и вероятностях крупных аномалий (“хвостах распределений”) можно делать обоснованные выводы о естественных и антропогенных изменениях климата, оценивать риски природных катастроф. Есть представления об оптимальных климатических и гидрологических условиях, которые не всегда сводятся к сохранению существующей природной обстановки. В биологии также есть свои представления о нормах и аномалиях, но они относятся скорее к состоянию отдельных видов и популяций, чем к экосистеме в целом. Очевидно, что даже при стабильности внешних условий структура и динамика экосистемы многовариантны, и оценки ее оптимальности с разных точек зрения могут расходиться. От этого во многом зависит организация мониторинга, которая начинается с выбора приоритетных показателей, районов и сроков наблюдений.

По нашему мнению, при организации комплексного морского мониторинга необходимо сближать требования к сбору и обобщению гидрофизических, гидрохимических и биологических данных. В гидрометеорологии стандартом являются наблюдения на наземных (в нашем случае – береговых) станциях и сетках морских разрезов. Они требуют дальнейшей интерпретации с учетом микроклиматических закономерностей (например, волновое воздействие на литораль может изменяться на расстояниях порядка сотен метров, и никакая сеть наблюдений не может охватить этот диапазон). Результаты любых точечных наблюдений или основанных на них расчетов распространяются на участки акватории или линейные отрезки берега, в пределах которых пространственной неоднородностью можно пренебречь. В гидробиологии аналогом такого подхода можно считать ведение кадастра морской экосистемы. Это, очевидно, требует однозначного определения ее границ и районирования (зонирования), учитывающего разнообразие геологической среды, гидрологических и ледовых условий, распределения антропогенных нагрузок. Размеры таких районов, в зависимости от изменчивости экологических ниш, могут различаться на несколько порядков: от десятков тысяч квадратных километров на однородных участках шельфа до долей квадратного километра в малых заливах. Возможности современной информатики позволяют создавать наполнение кадастра, включающее все разнообразие биологических объектов и процессов с любой дискретностью в пространстве и времени.

Здесь мы остановились только на некоторых аспектах проведения мониторинга морских экосистем. В целом же эта задача является необходимым (хотя и не достаточным) условием организации морского природопользования в Арктике.

МНОГОЛЕТНЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СООБЩЕСТВ ПОЛИХЕТ НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Д.Р. Дикаева, Е.А. Фролова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Стандартным районом мониторинга в Баренцевом море является разрез “Кольский меридиан”, на котором с 1890 г. проводятся регулярные исследования зообентоса (Дерюгин, 1924; Танасийчук, 1927; Зенкевич, 1927, Несис, 1960; Galkin, 1998). Современный мони-

торинг зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” был начат научной группой ММБИ при поддержке Института полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера (AWI, г. Бремерхафен, Германия) в 1995 г. и продолжается в настоящее время (Денисенко и др., 2000; Денисенко, 2005; Фролова и др., 2007; Дикаева, 2009; Любина и др., 2012; Lyubina et al., 2012; Любина и др., 2013).

Несмотря на то, что исследования зообентоса на разрезе имеют многолетнюю историю, изменение количественных характеристик донных организмов во времени изучено мало. Полихеты являются одной из многочисленных групп в сообществах донных беспозвоночных. Динамика их видового состава и количественных характеристик может служить объективным показателем климатических и антропогенных воздействий.

Проведенные нами исследования с применением однотипных методов сбора и анализа материала позволяют получать новые данные по количественным характеристикам полихет, а также оценке пространственной неоднородности и изменения во времени их сообществ.

Материалом для работы послужили 415 количественных проб бентоса собранных с 10–12 станций на разрезе “Кольский меридиан” в 1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2007, 2010–2012 гг. в интервале глубин от 138 до 330 м. В 1995 году сбор бентосных проб производили дночерпателем “Океан-50” (0.25 м²) в 2-кратной повторности, в последующие годы – дночерпателем ван-Вина (0.1 м²) в 5-кратной повторности. Обработка материалов осуществлялась по стандартной гидробиологической методике.

Анализ полученных результатов показал, что особенности распределения многощетинковых червей на разрезе “Кольский меридиан” находятся в прямой зависимости от условий среды.

Вдоль разреза по направлению с юга на север расположены три фаунистических комплекса, различие в видовом составе которых обусловлено типом донных осадков, глубиной и наличием водных масс различного происхождения.

Прибрежный фаунистический комплекс, с доминированием разных видов полихет характеризуется достаточно высоким видовым разнообразием и большим количеством бореальных видов, за счет прохождения теплой ветви Прибрежного течения. Данный комплекс отличается отсутствием постоянного доминанта за весь период исследования, что вероятно связано с достаточно высокой амплитудой внутригодовой изменчивости температур в данном районе, где даже в самые холодные годы единично отмечаются высокие температуры (более 5 °С) (Карсаков, 2009). В прибрежной зоне разреза с активной гидродинамикой, процессы переноса осадков доминируют над процессами их образования (Жирков, 2012). Здесь формируются плотные илисто-глинистые грунты со спикулами губок, что создает малоприспособный биотоп для жизни грунтоядных форм (Филатова, 1938), и приводит к снижению биомассы, при увеличении плотности поселения и видового разнообразия, за счет мелких видов с коротким периодом жизни.

Комплексы с доминированием детритофагов *Maldane sarsi* и *Spiochaetopterus typicus* приурочены к глубоководным центральным и северным участкам разреза, покрытым илисто-песчаными, илисто-глинистыми грунтами. В центральной части разреза в зоне влияния Основной ветви Мурманского течения доминирует грунтоед *M. sarsi*. В самой холодной северной части разреза в зоне влияния Основной ветви Нордкапского течения отмечено доминирование *S. typicus*, являющегося характерным и руководящим видом сообществ макрозообентоса открытых районов почти всего Баренцева моря (Броцкая, Зенкевич, 1939; Жирков, 2001) и некоторых районов Карского моря (Филатова, Зенкевич, 1957). С увеличением глубины и доминированием илисто-песчаного грунта, где оседание взвеси преобладает над ее переносом, создаются благоприятные условия для развития полихет, что приводит к увеличению их биомассы, которая достигает максимума в северной части разреза, за счет доминирующего вида *S. typicus*. Необходимо отметить достаточную ста-

бильность данных сообществ во времени, что, вероятно, связано с глубоководностью этого района, а следовательно постоянством гидрологических условий и минимальными колебаниями температуры (Карсаков, 2009; Любина и др., 2013).

За исследованный период (1995–2012 гг.) отмечены изменения количественных характеристик сообществ полихет. Анализ количественных данных показал увеличение биомассы, плотности поселения и видового разнообразия в 2010 г., после длительного теплого периода, с аномально высокими показателями теплосодержания вод в 2006 г. Увеличение общей биомассы полихет после периода потеплений является результатом более высокой выживаемости молоди в большинстве видовых популяций (Денисенко, 2006; Фролова и др., 2007).

Сравнение современных данных с материалами 1927–1969 гг. показало некоторые отличия в распределении сообществ полихет. Значительное пополнение видового списка многощетинковых червей, вероятно, связано с разными орудиями количественного сбора, а также изменениями в систематике. Отличия в составе доминирующих видов в центральной части разреза “Кольский меридиан” связаны с разной методикой отбора и обработки проб, а также влиянием природных и антропогенных факторов. Однако, увеличение биомассы полихет в северной части разреза по сравнению с данными 1927–1969 гг., за счет доминирующего вида *S. typticus*, вероятно связано с достаточно продолжительным предшествующим теплым периодом.

Наибольшее количество видов имеют аркто-атлантико-тихоокеанский шельфовый тип ареала. На втором месте приатлантические шельфовые виды, причем количество последних заметно увеличилось в 2003 и 2010–2012 гг. *Amphitrite grayi* был отмечен в 2012 г., *Clymenura borealis* – с 2007 по 2012 гг., *Diplocirrus glaucus* – в 2003 и 2007 гг., *Filograna implexa* – в 2007–2011 гг. С 2007 года отмечено появление фареро-исландских шельфовых видов – *Harmothoe fratherthomsoni*, *Nicolea venustula*, *Pista cristata*.

Доли бореальных и арктических видов на станциях разреза изменяются из года в год, причем наблюдается корреляция их отношения с среднегодовыми температурными аномалиями воды (Матишов и др., 2011). Реакция видов разных биогеографических групп имеет противоположное направление и различное время задержки. Это объясняется тем, что при потеплении пелагические личинки бореальных видов разносятся течениями и выживают севернее границ своих ареалов. Арктические же виды, не имеющие планктонных личинок, при изменениях термического режима вод могут расселяться только путем активных миграций (Несис, 1960). Максимальная положительная корреляция отношения бореальных и арктических видов с среднегодовыми температурными аномалиями воды (0.92) наблюдается с задержкой в 3 года.

Дальнейшие мониторинговые исследования на разрезе “Кольский меридиан” с однотипной методикой сбора материала, позволят проследить за изменениями, происходящими в распределении донных сообществ в результате изменения условий среды. Динамика структуры таксоцены полихет отражает тенденции развития донных сообществ в целом. Поэтому изменения, происходящие в данной таксономической группе, могут служить для оценки состояния всего бентоса.

МОНИТОРИНГ ЗАЛЕЖЕК ГРЕНЛАНДСКОГО ТЮЛЕНЯ НА СУДОХОДНЫХ ТРАССАХ В БЕЛОМ МОРЕ

И.О.Евдокимова

Северное управление гидрометеослужбы, г. Архангельск, Россия

Каждую весну на судоходных маршрутах Белого моря появляются детеныши гренландского тюленя – бельки. По данным ученых традиционными местами формирования ценных залежек морского зверя являются Бассейн и Горло Белого моря. Первые залежки

тюленей наблюдаются обычно в начале марта, когда дрейфующий лед в Белом море достигает возраста тонкого однолетнего и ледовые поля служат своеобразными “родильными домами” для появления потомства.

В последние годы численность беломорской популяции гренландского тюленя стала стремительно снижаться, одной из основных причин, наряду с коммерческим промыслом бельков, явилось бесконтрольное прохождение судов через ледовые поля, на которых тюлени размножаются и их детеныши проводят первые недели жизни. Поэтому вопрос мониторинга ценных залежек особей гренландского тюленя на судоходных трассах в Белом море и составление рекомендаций плавания судов во льдах в обход мест массового скопления морского зверя в целях предотвращения их гибели стал весьма актуальным.

Наблюдения за появлением и районами расположения залежек гренландского тюленя в Белом море осуществляются отделом речных и морских гидрологических прогнозов Северного управления гидрометеослужбы. Специалисты отдела в оперативном режиме ведут прием и анализ спутниковых данных о ледовых условиях в Белом море, в частности, для слежения за перемещением полей плавучего льда с возможным массовым нахождением на них залежек морского зверя, составляются прогнозы дрейфа льда, в зависимости от ветровой ситуации. В качестве основной информации используются снимки спутника серии NOAA, принимаемых станцией “Алиса”. Данные о местах скопления тюленей также постоянно уточняются с помощью авиационных облетов, которые проводятся сотрудниками Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии, что позволяет получать точные координаты районов нахождения ценных залежек тюленей, наносить их на карту, делать фотоматериалы. Кроме того, осуществляется прием информации о характере ледовой обстановки в море и случаях встречи морских зверей с судами и ледоколов, идущих по трассе.

На основании этих данных в адрес администрации морских портов Западной Арктики составляются рекомендованные курсы для следования судов во льдах по основным маршрутам плавания Архангельск–мыс Святой Нос и мыс Святой Нос–Кандалакша (Витино) в Белом море в обход мест расположения тюленей, насколько это практически возможно и безопасно. Готовятся также ледовые карты с обозначением районов массового скопления морского зверя. По согласованию со Штабом ледокольных операций рекомендованные курсы плавания рассылаются капитанам ледоколов и судов.

26 февраля 2009 г. премьер-министром России В.В.Путиным была поднята тема защиты популяции гренландского тюленя на заседании Правительства РФ.

Весной 2009 г. ОРМГП активно сотрудничал с Инженерно-технологическим центром (ИТЦ) “СканЭкс” в реализации проекта космического мониторинга ценных залежек гренландского тюленя на акватории Белого моря, который стартовал 10 марта 2009 г. совместно с Международным фондом защиты животных IFAW и рядом заинтересованных организаций. Данный проект был направлен на охрану популяции гренландского тюленя в Белом море, в котором впервые широко использовались технологии космической съемки. Главным координатором проекта выступило Федеральное агентство морского и речного транспорта Росморречфлот.

Основными задачами космического мониторинга районов размножения тюленей в Белом море было:

контроль маршрутов движения судов во льдах согласно рекомендованного курса с учетом мест расположения морских зверей, а также выявление возможных нарушений и отклонений от курса, на основе всепогодной радиолокационной съемки;

оценка возможности обнаружения мест массовых залежек морского зверя путем съемки из космоса ледовых полей с помощью оптической аппаратуры с пространственным разрешением выше 1 м.

Для реализации проекта ИТЦ “СканЭкс” принимал радиолокационные изображения акватории Белого моря со спутников RADARSAT-1 и ENVISAT-1 в обзорном режиме SCANSAR (пространственное разрешение 50–150 м). Обработанные и геопривязанные снимки Белого моря помещались на геосервис для свободного доступа к данным проекта всех заинтересованных лиц и организаций. Средняя периодичность наблюдений составляла 1–2 сут.

Космические снимки данных спутников позволяли осуществлять анализ сложившейся ледовой обстановки в Белом море и контролировать движение судов по основным судоходным трассам, а именно с высокой вероятностью обнаруживать суда, идущие под ледокольным сопровождением, возможные отклонения от рекомендованного курса и выявлять ранние каналы, проложенные ледоколами во льдах. В целом результаты спутникового мониторинга подтверждали факты соблюдения капитанами судов рекомендованных маршрутов. Ряд маршрутов пролегал с незначительными отклонениями от курса и через районы залежек с низкой концентрацией морского зверя.

В проекте мониторинга морского зверя и судоходства в Белом море была также разработана методика выявления ценных залежек тюленей в условиях малооблачной погоды по данным оптической съемки спутников IRS-P6 (пространственное разрешение 60 м) и EROS B (пространственное разрешение менее 1 м). Снимки спутника IRS-P6 позволили хорошо дешифровать каналы в ледовых полях, пробитые ледоколами на основных маршрутах движения судов. На оптических снимках спутника EROS B удавалось распознавать косвенные признаки присутствия морского зверя – длинные петляющие следы, которые животные оставляют при передвижении по льду, а также округлые лунки (продыхи) в молодых льдах, к которым ведут многочисленные следы. Полученные в результате оптической аппаратуры снимки сравнивались с фотоматериалами авиационных облетов, что показало их идентичность и тем самым возможность применения методики на практике.

Оперативное наблюдение за особями гренландского тюленя в Белом море в период их размножения и появления на судоходных трассах Белого моря, а также динамики ледовой обстановки в море является важной задачей, для наиболее рациональной организации движения судов в целях предотвращения гибели морских животных во время прокладки канала во льдах.

Для регулярного получения и обновления информации о районах расположения ценных залежек тюленей в море целесообразным является использовать комплекс средств наблюдения: современные спутниковые технологии, авиационные разведки, судовую информацию, а также оптическую съемку, что позволит четко выявить районы, где движение судов должно быть ограничено либо прекращено.

ОСНОВНЫЕ УГРОЗЫ ДЛЯ КОЛОНИЙ МОРСКИХ ПТИЦ ПОБЕРЕЖЬЯ МУРМАНА

А.В.Ежов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Морские колониальные птицы находятся на вершине трофической пирамиды в Баренцевом море. Характеристики популяций морской колониальной авифауны в данном регионе может говорить о состоянии экосистемы в целом, и ее компонентах в частности. Детальное изучение морских колониальных видов птиц особенно актуально для региона Баренцева моря в свете интенсивного рыболовства, активной военной деятельности (усиливающейся в последние годы) и разработки проектов по добыче нефти и газа.

В настоящее время на побережье Мурмана существуют несколько крупных материковых колоний типично морских птиц: моевок, тонкоклювых и толстоклювых кайр. Данная

работа посвящена исследованиям колониальной орнитофауны, расположенной на п-ове Рыбачий (Городецкие птичьи базары), Среднем (колония мыса Крутик) и Восточном Мурмане (колония губы Дворовая). Исследования проводились в гнездовой период (2000–2014 гг.). Изучались численность, репродуктивные показатели и спектры питания колониальных птиц, а также рассматривались основные причины изменений, происходящих в указанных колониях.

На сегодняшний день основной угрозой устойчивому состоянию и развитию колониальной авифауны на побережье Мурмана, является снижающиеся запасы мелкой пелагической рыбы, а именно мойвы и молоди сельди – традиционных видов кормов морских птиц. Промысел, ведущийся в феврале–марте, изымает значительный объем нерестовых скоплений мойвы у побережья Мурмана (в основном в западной части), приводит к тому, что в этот период моевки и кайры зачастую не способны накопить достаточное количество энергетических запасов, необходимых для выхода на гнездование. На протяжении всего периода исследований наблюдается (за исключением некоторых отдельных сезонов) устойчивое снижение количество гнездящихся колониальных птиц в крупнейших материковых колониях на протяжении всего северного побережья Кольского полуострова. Особенно ярко этот процесс выражен в западном ареале гнездования моевок и кайр, где ранее нерестовые подходы мойвы носили более массовых характер. В настоящее время в связи отсутствием этих подходов процесс деградации западной колонии выражен более ярко. В колонии на п-ове Рыбачий численность гнездящихся моевок в 2011 г. сократилась на 77.7 % (беспрецедентно низкий уровень), но по сравнению с 2000 г. уже в 2014 г. – на 33.1 %. В колонии мыса Крутик число гнездящихся пар моевок к 2014 г. сократилось до 7.1 %. По сравнению с 2000 г. отмечено катастрофическое снижение численности на 52.3 % в 2009 г. В районе губы Дворовая наименьшая численность гнездящихся моевок была зарегистрирована в 2008 г., к этому периоду численность моевок снизилась на 21.6 %. Но в 2013 году отмечено снижение численности лишь на 2 % относительно 2003 г.

Наиболее крупные скопления кайр отмечены на Городецких птичьих базарах, где численность тонкоклювой кайры превышала 1.5 тыс. особей, а толстоклювых кайр – 1.3 тыс. особей. К 2014 году число кайр во всех колониях резко сократилось (в 2011 г. в колонии на п-ове Рыбачий полностью отсутствовали толстоклювые кайры), хотя в промежуточные сезоны в некоторых колониях отмечено увеличение числа особей, иногда в несколько раз.

Ситуация с падением численности кайр, как и в случае с моевками, объясняется, скорее всего, ухудшением трофических условий в предгнездовой период.

Отсутствие массовых традиционных кормов во время размножения оказывает влияние на средний размер кладки. Исследования репродуктивных показателей выявило, что во всех колониях лишь четыре раза средний размер кладки моевки превысил уровень 1.7 яйца на гнездо. Низкий средний размер кладки характерен для “голодных” сезонов.

В 2014 году доля гнездящихся пар моевок без потомства на Городецких птичьих базарах составила 11.8 %, в колонии на мысе Крутик – 15 %, в 2013 г. в колонии губы Дворовая – 22.1 %

Примечательно и то, что очень часто наблюдается существенная асинхронность начала размножения моевок внутри колонии. Отмечена значительная разница в возрасте птенцов. Представляется, что основным фактором, влияющим на синхронность начала размножения, наличие достаточных и продолжительных по времени доступных кормов – стайных пелагических рыб.

Состав кормов взрослых моевок во всех обследованных колониях отличался разнообразием и изменчивостью. В питании птиц периодически преобладали то один, то другой вид стайных пелагических рыб. Лишь в поселении моевок на п-ове Рыбачий наблюдалось относительное постоянство в спектре питания (за исключением 2009 г.), где доминировали либо молодь сельди, либо мойва. В колониях, расположенных восточнее п-ова Рыбачий, у моевок при редком доминировании мойвы отмечен высокий уровень встречаемости мелких ракообразных – эвфаузиид.

При исследовании желудков моевок отмечались такие корма как моллюски, полихеты и икра рыб. Ранее подобные случаи встречались крайне редко и сегодня трактуются как использование моевками случайных и дополнительных источников корма в “голодный” период. Эти данные свидетельствуют о том, что птицы в отсутствие основных видов кормов вынуждены искать альтернативные источники питания. В большей степени это касается колонии губы Дворовая, где подходы нерестовых скоплений мойвы случаются только в теплые годы.

Результаты исследования содержимого желудков кайр обоих видов, показывают, что помимо сельди и песчанки, птицы активно использовали в пищу молодь трески. И хотя для толстоклювой кайры использование молодежи тресковых рыб является обычным, имеются данные, что в случае наличия более доступных скоплений пелагических видов рыб, птицы добывают именно их.

Ранее, среди факторов, лимитирующих состояние колоний моевок и кайр, имелось и прямое антропогенное влияние. Это выражалось в виде сбора птичьих яиц и охоте на птиц. В настоящее время данный вид промысла отсутствует.

Среди других угроз, влияющих на устойчивое состояние колоний, может являться участвовавшие в последнее время массовые посещения туристами гнездовых поселений в период размножения и выкармливания птенцов. Это приводит к вспугиванию птиц с гнезд, что может являться причиной гибели кладок и птенцов как от долгого отсутствия родителей (невозможность согреть кладку и птенцов, кормить потомство), так и от разорения со стороны крупных чаек, врановых и хищных во время отсутствия взрослых птиц на гнездах. Испуганные кайры при взлете нередко роняют с карнизов насиживаемые яйца, тем самым увеличивается процент гибели кладки.

Возможно, в дальнейшем угрозой морским колониальным птицам будет служить активная добыча и транспортировка углеводородов с Арктического шельфа Баренцева и Карского морей. Основные транспортные пути лежат вдоль северного побережья Кольского полуострова с расположенными на нем колониями морских птиц. При возникновении аварийных ситуаций, может произойти обширное загрязнение прибрежной акватории нефтепродуктами, что неизменно приведет к массовой гибели птиц и объектов их питания.

Таким образом, в настоящее время существует ряд угроз стабильному существованию колониям морских птиц на Мурмане. Наиболее сильное влияние оказывает рыбный промысел. Часть угроз в настоящее время минимальна, но в дальнейшем может стать значительным лимитирующим фактором.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЕДНИКОВОГО ЛЬДА И СНЕЖНОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

В.П.Елифанов

Институт проблем механики им. А.Ю.Ишлинского РАН, г. Москва, Россия

Решение широкого круга практических задач природопользования в Арктике во многом связано с определением макроскопических характеристик льда и снега и установлением теоретической связи с их структурой. Принципиально новые возможности в разработке полевых экспресс методик для количественного определения структуры и деформационно-прочностных характеристик ледникового льда и снежного покрова могут быть достигнуты в результате применения современных физических методов и аппаратурной реализации методик, учитывающих условия Арктики и термодинамическое состояние исследуемых объектов.

В последнее время для локации источников упругих волн на ледниках (icequakes) используют сейсмические методы (Roux et al., 2008; Faillettaz et al., 2011). Применение акустических методов в диапазоне частот от 15 Гц до 20 кГц делает возможным определять не только координаты источника, но и изучать деформационные механизмы и кинетику разрушения на коренном ложе или подстилающей поверхности. Разработан акустико-механический метод исследования структуры и прочностных свойств снега (Епифанов, 2014). Установлена корреляция акустических спектров с деформационными механизмами ледникового льда (Епифанов и др., 2011, 2013). Количественно оценено влияние продольных и поперечных напряжений на прочность адгезионного контакта (Гольдштейн и др., 2011, 2012). Показана принципиальная возможность физического моделирования движения ледников.

Целью настоящей работы является создание целостной физической картины движения льда и снега на горных склонах. Для этого решаются следующие задачи: разработка теоретической модели, отражающей количественную связь макро свойств льда с его микро свойствами, физическое моделирование процессов, происходящих в ледниках и снежном покрове, и сопоставление с результатами систематических исследований амплитудно-частотных спектров собственных колебаний на ледниках и снежном покрове. Не менее значимой является возможность использования экспериментальных данных для оценки влияния объектов исследования на условия природопользования и экологию Арктического региона в целом.

Теоретическую основу для разработки и реализации методик количественной оценки физико-механических характеристик льда и снега непосредственно в процессе механических испытаний составляет математический аппарат механики распространения упругих волн в сложных средах и общие принципы температурно-временной суперпозиции Больцмана и Ле-Шателье. Комплексный подход включает применение акустико-механических методов, методов физического и математического моделирования, а также традиционных методов исследования структуры и текстуры, определения температуры и плотности. Для работы в условиях Арктики создан переносной макет полевой измерительной акустической лаборатории, в состав которой входит нагружающее механическое устройство и измерительная акустическая линия. Собственные акустические спектры ледников и снежного покрова рассматриваются как индикаторы происходящих в них процессов. С учетом стадийного характера необратимых деформаций во льду, выявленные закономерности накопления дефектов (трещин) и деформационных изменениях структуры позволяют сформулировать прогностический признак потери устойчивости. При этом кинетика и механизмы этих процессов определяются по изменению амплитудно-частотных характеристик сигналов акустической эмиссии (АЭ), т. е. дистанционно. Деформационно-прочностные свойства ледникового льда и снега оценивали по трещиностойкости. Критический коэффициент интенсивности напряжений или вязкость разрушения характеризует предельную концентрацию напряжений вблизи кончика трещины. В основу метода положено известное решение задачи о внецентренном растяжении пластины с боковым надрезом. Испытывали образцы с размерами (25×24×4 см). При разработке метода были исследованы поля напряжений и деформаций внутри образца, проверено соблюдение условий плоской деформации. В процессе испытания образцов изучали сигналы АЭ и составляли кадастр/атлас амплитудно-частотных спектров для разных структур и термодинамических состояний льда или снега. Выявленные закономерности применены для изучения склоновых процессов в снежном покрове и ледниках, а также для решения прикладных задач по прогнозу лавинной опасности и оценке несущей способности снега при движении транспорта на горном склоне.

Разработан метод акустико-механической диагностики снежного покрова. Метод основан на анализе сигналов АЭ, которые возникают при разрушении текстур снежного по-

крова при введении лавинного зонда в снежный покров. При вертикальном введении зонда каждый горизонт или текстура излучает сигнала АЭ, который имеет характерную форму и частоту заполнения. Форма импульсов связана с масштабом и временем контактного разрушения, амплитуда сигнала определяется энергией разрушения, а частота – размером зерен снега. Аналогичным приемом получают акустический спектр в других точках снежного покрова и соотносят его параметры с определенным в тестовых испытаниях для известной текстуры. Для детального изучения акустического отклика структуры снега в разновозрастном горизонте акустический датчик крепят в этом горизонте, а зонд вводят параллельно границам раздела. Полученные результаты используют для решения обратной задачи: масштаб разрушений оценивают по параметрам амплитудно-частотного спектра. Таким образом, метод позволяет определить количество разновозрастных слоев, их толщину, присутствие ледяных прослоек, текстуру снега и работу разрушения.

В качестве параметра, который устанавливает связь между структурой льда и снега и их макроскопическими характеристиками: плотностью, размером “зерен” R и их резонансной частотой, использована обратная акустическая сжимаемость снега k (Скучик, 1976). Эта же физическая величина может рассматриваться как количественная характеристика структуры и текстуры льда и снега при решении обратных задач.

Физическое моделирование взаимодействия ледников с ложем и бортами осуществлено при экструзии льда и в механических испытаниях на сдвиг. Исследована зависимость адгезионной прочности соединения льда с горной породой от условий на контакте. Показано, что на контакте с подложкой формируется переходной слой аномально большой толщины, свойства которого определяют режим движения льда по подложке (сухое трение). Предварительные модельные исследования показали, что лед, содержащий 50 ppm полиоксиэтилена, существенно отличается от пресноводного льда, полученного замораживанием дистиллированной воды как по деформационным свойствам, так и по текстуре. Этот факт согласуется с известным различием прочностных свойств арктического и антарктического льда, которое объясняется разным содержанием биоты. Количественное определение деформационных характеристик в промежуточном слое оказываются перспективными для решения задач природопользования в Арктике.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 15-05-007767).

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ АДсорбЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

И.А.Ерохина

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Эритроциты способны адсорбировать на своей поверхности различные соединения. Давно известно об адсорбции белков на этих клетках (Збарский, Демин, 1949), которая влияет на деформируемость эритроцитов и реологию крови. Кроме того, адсорбированные белки могут использоваться в экстренных случаях для восполнения белка в плазме. В дальнейшем было показано, что перенос органических соединений на эритроцитах более изменчивый и демонстративный процесс, чем сдвиги в соответствующих показателях плазмы, была установлена его регулируемость. Все это стало доказательством существования второй функции эритроцитов, названной по аналогии с газотранспортной адсорбционно-транспортной (Гареев, 1999, 2011). Безъядерные эритроциты млекопитающих, по сравнению с ниже организованными видами животных, обладают повышенной адсорбционной

способностью, физиологическое значение которой состоит в фиксации и выведении из организма твердофазных молекул и поддержания низкой вязкости крови (Игнатъев и др., 2007). Последнее обстоятельство приобретает особое значение у морских млекопитающих, которые в связи с водным образом жизни имеют особенности кровообращения, перераспределения крови во время длительного пребывания под водой и особенности химического состава крови.

Адсорбционно-транспортную функцию эритроцитов (АТФЭ) оценивали по качественному и количественному составу смывов с поверхности мембраны эритроцитов (Gageyev et al., 1998). Методика получения смывов предусматривает целостность структуры мембраны и заключается в обработке эритроцитарной массы 3 %-м раствором хлористого натрия с последующей инкубацией и центрифугированием. В результате этой процедуры в эритроцитарный смыв переходят вещества, адсорбированные на мембране эритроцитов.

Нами изучено содержание основных метаболитов в плазме крови и в смывах с поверхности эритроцитов у представителей ластоногих (гренландский тюлень, серый тюлень, морской заяц) и китообразных (белуха). Установлено, что все определяемые компоненты плазмы крови обнаруживаются и в эритроцитарных смывах – общий белок, мочевины, креатинин, мочевиная кислота, глюкоза, молочная кислота, триглицериды, холестерин, кальций, фосфор, магний, железо, медь, ферменты (лактатдегидрогеназа, аспартатамино-трансфераза, аланинаминотрансфераза, гамма-глутамилтрансфераза, креатинкиназа, щелочная фосфатаза). Уровень адсорбции, выраженный в процентах по отношению к содержанию определенного метаболита в плазме крови, неодинаков для отдельных соединений. У всех изученных видов животных на мембранах эритроцитов в значительной степени адсорбируются ферменты и конечные продукты обмена (в отдельных случаях более 100 %), в наименьшей (менее 25 %) – глюкоза, триглицериды, холестерин, электролиты.

Исследование АТФЭ у ластоногих различного возраста показало, что наименьшая интенсивность адсорбции обнаруживается у новорожденных животных, увеличиваясь к периоду завершения молочного вскармливания и в дальнейшем у молодых животных (3–5 лет). Ослабление АТФЭ, выражающееся в уменьшении уровня адсорбции ключевых метаболитов, отмечено у животных в возрасте 10 лет.

Дальнейшие исследования АТФЭ у морских млекопитающих предполагают характеристику уровня адсорбции у животных различного физиологического состояния и при воздействиях факторов среды, что позволит оценить роль эритроцитов в приспособительных реакциях данной группы животных, в частности, в регуляции состава плазмы крови.

МОНИТОРИНГ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВОДЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

А.Ю.Жилин

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича, г. Мурманск, Россия

Полярный институт традиционно проводит мониторинг состояния загрязнения промышленных гидробионтов Баренцева моря и среды их обитания. Значительную часть индустриальных выбросов в окружающую среду составляют углеводороды различной структуры, некоторые из них обладают канцерогенными, мутагенными и другими токсичными свойствами по отношению к живым организмам. По этой причине в организации защиты водных биологических ресурсов важным является мониторинг таких загрязняющих веществ углеводородного происхождения как неполярные алифатические углеводороды (НАУ) и

полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), которые относятся к сравнительно устойчивым органическим соединениям, накапливаются и длительное время сохраняются в объектах морской среды.

В работе были использованы экспедиционные материалы, собранные сотрудниками ПИНРО в Баренцевом море на трех станциях векового гидрологического разреза “Кольский меридиан” в рейсе № 93 НИС М-0662 “Фричьоф Нансен” в феврале 2014 г. Отбор, подготовка и химический анализ проб воды (поверхностный и придонный слой) выполнены в соответствии с действующими нормативными документами и методическими руководствами. Лаборатория прикладной экологии и токсикологии ПИНРО аккредитована в системе аккредитации аналитических лабораторий СААЛ (Аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.518450).

Концентрации НАУ (*n*-парафинов) C₁₀–C₃₁ в поверхностном слое воды Баренцева моря на гидрологическом разрезе “Кольский меридиан” в феврале 2014 г. варьировали от 0.83 до 0.95 мкг/л, в придонном слое – от 0.94 до 1.12 мкг/л. Ни на одной из станций отбора проб значения концентрации алифатических углеводородов не превышали предельно допустимую концентрацию (50 мкг/л) для нефтепродуктов в воде водоемов рыбохозяйственного значения (ПДК_{р/х}). Для малозагрязненных районов морей характерны концентрации НАУ порядка 5–25 мкг/л, определение которых представляет довольно сложную задачу. Это связано с тем, что в результате жизнедеятельности ряда морских организмов в морской воде накапливаются алифатические углеводороды биогенного происхождения, поэтому в слабозагрязненных районах концентрация нефтяных углеводородов оказывается меньшей или соизмеримой с концентрацией продуктов жизнедеятельности морских организмов, образующих естественный “углеводородный фон” морской воды. Одним из показателей природы НАУ, растворенных в морской воде, служит отношение концентраций изопреноидов пристана и фитана. В исследованных пробах воды отношение пристан:фитан указывает на доминирование фитана над пристаном. Относительно низкие значения этого коэффициента в исследованных пробах воды (0.5–0.6) характерны для углеводородов нефтяного происхождения, а для углеводородов биогенного происхождения величина этого соотношения всегда больше 1.5. Углеродный коэффициент СР1 (величина отношения содержания нормальных алканов с нечетным и четным числами атомов углерода в цепи) варьировал в исследованных пробах воды в интервале 0.5–0.6, т. е. < 1, что также свидетельствует о нефтяном происхождении *n*-парафинов. Данное положение подтверждалось и доминированием в пробах воды низкокипящих алканов, выраженном в величине отношения $\Sigma C_{10}-C_{22}:\Sigma C_{23}-C_{31}$ (от 5.2 до 23).

Таким образом, в воде Баренцева моря на станциях гидрологического разреза “Кольский меридиан” доминировали алифатические углеводороды нефтяного происхождения, их концентрации не превышали утвержденный рыбохозяйственный норматив.

Углеводороды ароматической структуры обычно присутствуют в морской воде в очень малых концентрациях. Рыбохозяйственные нормативы содержания ПАУ в морской воде отсутствуют, поэтому данные о концентрациях ПАУ в морской воде чистых районов Антарктики могут служить приблизительным ориентиром для оценки минимальных концентраций, соответствующих глобальному фоновому уровню. В качестве такого ориентира можно принять среднюю концентрацию ПАУ, составляющую 20 нг/л. Среди индивидуальных ПАУ в нашей стране установлена предельно допустимая концентрация для поверхностных вод только для бенз(а)пирена – 5 нг/л.

Общая концентрация ПАУ [ΣПАУ включала 19 конгенов: нафталин (Naph), 2-метилнафталин (2-Me), 1-метилнафталин (1-Me), аценафтилен (Ac1), аценафтен (Ac), флуорен (Flu), фенантрен (Phe), антрацен (An), флуорантен (Flt), пирен (Py), бенз(а)антрацен (BaA), хризен (Chr), бенз(б)флуорантен (BbF), бенз(к)флуорантен (BkF), бенз(а)пирен (BaP), перилен (Per), индено(1,2,3-сд)пирен (IPy), дибенз(а,h)антрацен (DBA), бенз(г,h,i)перилен

(Vper)] в воде Баренцева моря на станциях гидрологического разреза “Кольский меридиан” в феврале 2014 г. находилась в диапазоне от 67.9 до 129 нг/л для поверхностного слоя и от 35.6 до 115 нг/л для придонного слоя. На всех станциях ΣПАУ превышала глобальный фоновый уровень (20 нг/л), но по сравнению с тем же периодом 2013 г. наблюдается уменьшение как медианных, так и экстремальных значений концентрации ПАУ в морской воде, что было характерно и для поверхностного и для придонного слоев. Наблюдаемое уменьшение концентрации ПАУ в воде обеспечивалось за счет снижения содержания легких бициклических соединений нафталина и его производных, наличие которых является маркерами недавнего поступления нефтепродуктов в морскую среду.

Некоторые незамещенные ПАУ и особенно их метаболиты проявляют ярко выраженные канцерогенные свойства. Суммарные концентрации таких ПАУ (BaA, BbF, BkF, BaP, I_{Ph} DVA) составляли в воде Баренцева моря на станциях гидрологического разреза “Кольский меридиан” менее 1 % от ΣПАУ как на поверхности, так и у дна. Из индивидуальных ПАУ в воде Баренцева моря преобладали нафталин и его метилированные производные, которые составляли 76–1 % от ΣПАУ на поверхности и 73–82 % от ΣПАУ у дна. В исследованных водах на всех станциях отсутствовал Vper.

Значимой корреляции между величинами концентраций индивидуальных ПАУ в исследованных пробах воды не наблюдалось (r – около 0.3), что свидетельствовало об отсутствии постоянных значимых локальных источников загрязнения вод аренами в рассматриваемом районе моря. Полициклические ароматические углеводороды в водных массах Баренцева моря имели как пирогенное, так и петрогенное происхождение. Для всех исследованных проб воды величина отношения концентраций $\text{Phe:An} > 10$, а $\text{Flt:Py} > 1$, что характерно для ПАУ как петрогенного, так и пиролитического происхождения.

Таким образом, суммарные концентрации ПАУ в воде Баренцева моря на исследованных станциях гидрологического разреза “Кольский меридиан” в 2014 г. превышали глобальный фоновый уровень (20 нг/л). Устойчивой тенденции в различии суммарной концентрации ПАУ в придонном слое воды по сравнению с поверхностным слоем воды не наблюдалось. Полициклические ароматические углеводороды в водных массах Баренцева моря имели как пирогенное, так и петрогенное происхождение.

Полученные результаты подтверждают низкий уровень загрязнения углеводородами водных масс Баренцева моря на гидрологическом разрезе “Кольский меридиан”. Установлено, что современный уровень загрязнения воды углеводородами в исследованном районе Баренцева моря является незначительным и не оказывает существенного влияния на состояние запасов промысловых видов гидробионтов.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ПРОМЫСЛОВОЙ ИХТИОФАУНЫ И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ

А.П.Жичкин

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

В Баренцевом море главными объектами рыболовства являются такие важные представители промысловой ихтиофауны как треска, пикша и мойва.

Многочисленные исследования показали, что на формирование промысловых запасов трески и пикши существенное влияние оказывает тепловое состояние водных масс, особенно, в первые годы жизни. Благоприятные условия окружающей среды в год появления на свет нового поколения рыбы определяют обильность пополнения промыслового запаса через 3–4 года, когда треска и пикша достигают промысловых размеров и пополняют промысловое стадо.

Для выявления тесноты связей между изменчивостью природных условий и формированием промысловых запасов трески и пикши на протяжении последних 35 лет автором был выполнен корреляционный анализ.

В результате расчетов была выявлена существенная прямая зависимость между аномалиями температуры воды на вековом разрезе “Кольский меридиан” и годовыми промысловыми запасами трески и пикши. При этом коэффициенты корреляции достигают наибольшей величины при временном сдвиге в 3–4 года (биоцикла).

Коэффициенты корреляции между запасами трески и аномалиями температуры воды в различных слоях и на разных участках разреза составили от 0.78 до 0.88. При этом наиболее тесная связь наблюдалась на участке Центральной ветви Нордкапского течения в слое 150–200 м ($r = 0.88$ при $n = 33$).

Коэффициенты корреляции между промысловыми запасами пикши и аномалиями температуры на разных участках разреза составили от 0.77 до 0.86. Наиболее тесная связь обнаружена в слое 0–200 м и на участке Центральной ветви Нордкапского течения разреза “Кольский меридиан” ($r = 0.86$).

Анализ колебаний природных факторов, промысловых запасов и распределения участков лова показали, что наряду с температурой водных масс значительное влияние на состояние промысловой ихтиофауны Баренцева моря оказывают ледовые условия.

В результате расчетов была выявлена значимая обратная зависимость величины запасов трески и пикши от ледовитости Баренцева моря (как общей, так и локальной различных районов моря). При этом, как и в случае с температурой, коэффициент корреляции достигает наибольшей величины при временном сдвиге в 3–4 года (биоцикла).

Коэффициент корреляции между промысловыми запасами трески и ледовитостью (общей и по различным районам моря) составил от 0.58 до 0.82, а между годовыми промысловыми запасами пикши и ледовитостью – от 0.57 до 0.87. Наиболее существенная связь обнаружена между промысловыми запасами трески и пикши и локальной ледовитостью северо-восточного района моря ($r = -0.82$ и -0.87 соответственно).

Таким образом, тепловое состояние вод на разрезе “Кольский меридиан” и параметры ледовитости различных районов Баренцева моря в год рождения нового поколения трески и пикши могут служить индикаторами величины промыслового запаса, который будет в море спустя 3–4 года.

Значительное влияние климатические флуктуации оказывают на распределение и миграции важного объекта промысла и одного из существенных элементов пищевых цепей в Баренцевом море – мойвы.

Анализ миграции промысловых скоплений мойвы за 1977–2012 гг. показал, что районы нагула мойвы не остаются постоянными и меняются год от года в зависимости от теплового состояния водных масс Баренцева моря. В холодные годы основной промысел нагульной мойвы велся в северо-западных и северных районах, а в теплые значительное количество рыбы проходило в восточные районы моря. Так, в аномально холодный период 1978–1982 гг. основные нагульные концентрации распределялись на акватории района Надежды, Центральной возвышенности, Возвышенности Персея и Зюйдкапского желоба. В теплом 1992 г. нагульные скопления мойвы распределялись гораздо восточнее (Новоземельская банка и район Адмиралтейства).

Анализ миграций преднерестовых косяков мойвы показал, что отрицательные аномалии температуры воды в слое 0–200 м обуславливают смещение районов нерестовых подходов мойвы на запад к берегам Норвегии. В холодный период 1979–1982 гг. основной нерест проходил у побережья п-ова Варангер, в Норвежском желобе и в районе Сёре и Фулей банок.

В свою очередь положительные аномалии температуры водных масс способствуют более массовым подходам промысловых скоплений мойвы к берегам Кольского полуост-

рова. Так, в теплом 1992 г. наблюдался один из наиболее восточных подходов преднерестовых скоплений мойвы к берегам Мурмана. Подобная ситуация наблюдалась и в теплые годы последнего десятилетия, например в 2002 и 2009 гг.

На состояние промысловой ихтиофауны и рыбопромысловую деятельность наряду с природными заметное влияние оказывают и антропогенные факторы. Примером влияния как природных, так и антропогенных факторов на промысловую значимость районов лова является динамика удельного веса акватории на юге Баренцева моря (Мурманское мелководье, Восточный Прибрежный район, Канинская банка, Канино-Колгуевское мелководье), где традиционно в летне-осенний период ведется специализированный промысел пикши.

Так, в 1987–1989 и 1997–1999 гг. происходило уменьшение промысловой значимости указанной акватории, которое определялось в основном природными факторами, похолоданием водных масс. После окончания холодных промежутков удельный вес этого участка вновь восстанавливался. Так было и в благоприятные по гидрологическим условиям 2001–2005 гг. когда удельный вес здесь был на высоком уровне. Однако после этого произошло резкое уменьшение промысловой значимости рассматриваемого участка. Последнее обстоятельство было обусловлено уже антропогенным фактором, а именно введением с 2006 г. запрета на промысел донными тралами на значительной части указанной акватории в течение круглого года.

С экономической точки зрения это влияние имеет негативный оттенок, так как произошло уменьшение вылова (образовавшийся ежегодный недолов на данном участке оценивается примерно в 8–10 тыс. т). Однако, эти потери в вылове были восполнены за счет освоения других участков моря. Сложившиеся обстоятельства заставили рыбодобывающие компании искать альтернативные участки лова и в итоге передислоцировать значительное количество промысловых судов в районы к западу от о. Медвежий и архипелага Шпицберген, где после 2007 г. стал увеличиваться объем российского вылова пикши. В 2012 году он достиг здесь максимальной величины (более 22 тыс. т).

Указанные обстоятельства привели к изменению географии отечественного промысла пикши. С экономической точки зрения к отрицательным моментам в данном случае можно было бы отнести удаленность новых районов промысла, а значит увеличение расхода топлива и времени на переходы судов к участкам лова. Однако это компенсируется более дорогостоящим сырьем (более крупная рыба, которая пользуется на рынке большим спросом). Вместе с тем к позитивным моментам следует отнести снижение пресса промысла на неполовозрелую и более мелкую пикшу, которая составляет основу уловов в российских водах, в частности, на южном участке Баренцева моря. Это в свою очередь позволит сохранить потенциальное потомство, внесет свой вклад в увеличение популяции и пополнение нерестовой части стада, что в дальнейшем будет способствовать устойчивому состоянию промыслового запаса пикши.

Таким образом, определенное влияние на состояние промысловой ихтиофауны и рыбопромысловую деятельность наряду с природными оказывали и антропогенные факторы, которые в основном носили социально-экономический и управленческий характер.

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ЛИЧИНОК АТЛАНТИЧЕСКОГО ПАЛТУСА *HIPPOGLOSSUS HIPPOGLOSSUS*

Н.Г. Журавлева

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия
Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия

Систематизированы материалы, касающиеся онтогенетических аспектов развития и светооптического строения кишечника у молоди палтуса. Представлены особенности морфогенеза кишечника личинок палтуса.

В первый день после вылупления ротовая полость и глотка выстланы однослойным плоским эпителием. Пищевод выглядит как простая трубка, выстланная одним слоем кубического эпителия, расширение просвета пищевода заметно спустя неделю после вылупления. В области перехода эпителия пищевода в эпителий будущего желудка выявлено отсутствие бокаловидных клеток и наличие слоя призматического эпителия.

У личинок палтуса в период смешанного питания желудок не дифференцирован, область будущего желудка морфологически неразличима. В период метаморфоза желудок молоди морфологически развит. Желудочные железы появляются к 40–45 сут., слизистые клетки эпителия желудка и желудочных желез содержат нейтральные и кислые мукополисахариды, в основном, богатые карбоксилированными группами, и(или) гликопротеинами.

У личинок средний отдел кишечника не дифференцирован. Вокруг кишечника располагается слой круговых мышц. Призматический эпителий имеет округлые ядра, которые прилегают к базальной мембране. На апикальной стороне клеток имеются микроворсинки. По мере роста личинки объем слизистой оболочки увеличивается, образуются волнообразные складки кишечника. Вакуоли в эпителиальных клетках находятся в апикальной части клеток. По мере роста личинок клетки, выстилающие верхний слой слизистой, приобретали все большее число мелких вакуолей, содержащих липиды. И только позже (с 55 по 60 сут. после вылупления) эти маленькие вакуоли объединяются в большие вакуоли, которые заполняют большую часть клетки

Строение эпителия в заднем отделе кишечника аналогично таковому в среднем отделе кишечника. У личинок в эпителиальных клетках заднего отдела кишечника также наблюдали включения или вакуоли. При кормлении личинок палтуса науплиями артемии включений в эпителиальных клетках было мало. Вакуоли темно-окрашены, расположены в апикальной стороне цитоплазмы энтероцитов и по своему составу представляли белковые включения. Однако вакуоли наблюдались в энтероцитах с 21 сут. после вылупления, и они увеличивались в числе и размерах в течение следующих 25 сут. Анус выстлан многослойным плоским эпителием. Мышечный слой был утолщен в зоне формирования анального сфинктера. Гистологическое строение анальной области кишечника мало меняется в течение развития молоди, за исключением утолщения мышечного слоя.

Знание морфофункциональных характеристик молоди позволяет лучше понять особенности физиологии пищеварения на разных стадиях онтогенеза, причины многих патологических процессов, возникающих при выращивании личинок в условиях бассейнов и садков.

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЙ В ПОВЕДЕНИИ ГРЕНЛАНДСКОГО ТЮЛЕНЯ ПРИ ВЛИЯНИИ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

А.А.Зайцев, В.В.Лазуренко

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Весь спектр факторов влияющих на живой организм может быть отражен в его поведении, а точнее в количественных и качественных его изменениях. Биологические ритмы всех живых организмов продиктованы их потребностями. Наиболее структурированными являются ритмы, связанные с потребностью во сне и пище, данные биогенные ритмы тесно связаны с факторами внешней среды, определяющими их цикличность. Наиболее ярко выраженной зависимостью поведения от внешних факторов можно назвать цикл сон–бодрствование для многих животных, ведущих как ночной, так и дневной образ жизни, периодичность света является определяющим фактором.

Возникновение нового фактора или изменение в силе и степени интенсивности уже имеющегося, чаще всего находит отражение в поведении животного. Однократные непродолжительные изменения внешней среды могут привести к смене формы поведения животного или их интенсивности (степени активности) без влияния на структуру и длительность суточного ритма. Исследования суточной структуры поведения животных может дать возможность идентифицировать факторы, вызывающие те или иные изменения, по их характеру (Ашофф, 1984).

На биотехническом акваполигоне ММБИ длительное время проводятся исследования поведения различных видов настоящих тюленей. Содержание животных в условиях открытого вольерного комплекса позволяет охватить большой спектр факторов абиотического и биотического характера, оказывающих на них влияние. Изучение влияния питания гренландских тюленей на их двигательную активность и структуры поведения позволили сформировать общую картину цикличности поведенческих форм данных животных в течение суток (Гладких и др. 2008; Зайцев 2011).

Проводимые ранее исследования по влиянию закрепленных на теле животного грузов показали, что дискомфорт, вызываемый посторонним предметом на теле животного, проявляется в виде увеличения его двигательной активности и преобладании форм поведения, связанных с плаванием под водой. Восстановление параметров двигательной активности и соотношения форм поведения к предшествующим исследованию параметрам происходило постепенно в течение нескольких суток, при этом увеличение массы закрепленного предмета с 0.5 (в начале) до 2 кг (окончание эксперимента) незначительно повлияло на данный процесс. Характер изменений, связанных с активностью животного, по-видимому, характерен для ситуаций, при которых реакция на стресс обусловлена активизацией адаптивных свойств организма животного за счет изменений в интенсивности поведения.

Наблюдения за животным, у которого впоследствии были выявлены патологические изменения в организме, дали возможность предположить, что смена форм поведения в сторону уменьшения активности и увеличения периодов отдыха характерна для процессов связанных с угнетением функций организма. Постепенное увеличение продолжительности времени покоя при сохранении общей структуры поведения в течение суток показывает стремление организма к сохранению привычного образа жизни с уменьшением затрат на поддержание жизнедеятельности (Зайцев, 2013).

Адаптивный характер смены форм поведения и его параметров дает возможность выявить и оценить степень влияния на живой организм различных факторов эндогенного и экзогенного происхождения. Длительные исследования поведения настоящих тюленей могут дать основу для прогнозирования их действий в различных ситуациях. Выявление причины изменения в поведении животного позволит с определенной долей вероятности оценить степень воздействия на него тех или иных факторов и предотвратить возможные последствия их негативного влияния.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ФИЛАМЕНТЫ В ПОДОЦИТАХ ПОЧЕЧНЫХ ГЛОМЕРУЛ МОРСКИХ КОСТИСТЫХ РЫБ

В.Б.Зайцев, Е.В.Коледаева

Кировская государственная медицинская академия, г. Киров, Россия

Промежуточные филаменты – один из трех основных компонентов цитоскелета эукариотических клеток различных органов и тканей человека и позвоночных животных. Имея толщину 8–10 нм, они оправдывают свое название, занимая промежуточное положение

ние между микротрубочками с большим диаметром (25 нм) и меньшим размером микрофиламентов (6–7 нм). Впервые они были обнаружены и получили соответствующее название в 1968 г. (Ishikawa et al., 1968) при изучении митоза в развивающейся скелетной поперечно-полосатой мышечной ткани. Однако, морфология структурных элементов цитоскелета клеток многих органов, в частности мочевыделительной системы, и, особенно, у низших позвоночных животных, остается недостаточно изученной.

Гистологические, электронно-микроскопические и иммунофлюоресцентные исследования выполнены на мезонефрических почках морских костистых рыб различных экологических групп: мойвы *Mallotus villosus*, пикши *Melanogrammus aeglefinus*, сайды *Pollachius virens*, керчака *Myoxocephalus scorpius*, морской камбалы *Pleuronectes platessa*, камбалы-ерша *Hippoglossoides platessoides* и летучей рыбы *Exocoetus volitans*.

Установлено, что цитоскелет клеток висцерального листка капсулы Шумлянско-Боумена, называемых “подоцитами” (от греч. *podoc* – нога) из-за их многочисленных трабекулярных и ножковых отростков (Hall, 1954), представлен мощно развитой системой филаментов. Последние толщиной 8–10 нм, образуют плотные пучки, состоящие из десятков отдельных единиц. На поперечном и тангенциальном сечениях филаментов наблюдается светлый матрикс. В области перикариона подоцитов пучки филаментов концентрически окружают ядро, плотно примыкая к наружной ядерной мембране, а также к плазмолемме, чаще, в зоне межклеточных контактов, представленных типичными десмосомами. Отчетливо прослеживаются зоны перехода пучков филаментов из тела подоцитов в их отростки, что свидетельствует о непрерывной единой внутриклеточной филаментной системе, образующей цитоскелет клеток. В трабекулярных и, особенно, в ножковых отростках, филаменты заполняют почти всю их цитоплазму, тем самым, формируя уникальную конфигурацию и размеры всех типов подоцитарных отростков.

Выявленные нами в подоцитах цитоплазматические филаменты по своим размерам (диаметр 8–10 нм), внутриклеточной локализации (преимущественно околядерной) и типу организации (пучковому), позволяют отнести их к системе промежуточных филаментов (Ishikawa et al., 1968; Lazarides, 1976, 1982). Это подтверждается исследованием почечных гломерул морских рыб методом иммунофлюоресцентной микроскопии с использованием поликлональной антисыворотки и моноклональных антител к виментину, одному из пяти классов белков промежуточных филаментов. При этом виментин-позитивные участки почечных гломерул имеют четкую локализацию в области наружной поверхности капиллярных петель, обращенной в просвет боуменовой капсулы, высланной подоцитами.

Характерным для промежуточных филаментов является их резистентность к воздействию различных детергентов и антимиотических препаратов (в отличие от микротрубочек), а также их инертность к цитохалазинам и тяжелому меромиозину (в отличие от микрофиламентов). В культуре тканей показано, что субклоны виментин-позитивных клеток с промежуточными филаментами (Kasten et al., 1989) способны к двигательной активности. Функциональная нагрузка промежуточных филаментов, как цитоскелета клеток, многообразна: установлена их роль в закреплении, изменении формы и подвижности ядра, обеспечении механической интеграции и перемещении различных клеточных органелл, участие в клеточной дифференцировке и митозе, генерации и стабилизации клеточной полярности. В подоцитах мезонефрических почек система виментиновых промежуточных филаментов, тесно связанная с плазматической мембраной, обладая сократительной патенцией, способна конформационно изменять размеры и форму “подошв” ножковых отростков, влияя на морфологические параметры фильтрационных щелей с их диафрагмами, тем самым, определяя эффективность функционирования фильтрационного барьера нефрона. Экспериментально доказано, что фильтрационные щели ножковых отростков подоцитов являются главным селективным элементом барьера, задерживающим макромолекулы, которые не отфильтровываются базальной мембраной почечных гломерул (Karnovsky, 1979).

Принимая во внимание активное участие цитоскелетных структур подоцитов фильтрационного барьера почечных гломерул позвоночных в процессе ультрафильтрации, целесообразно дополнить основные физико-механические силы Старлинга (Starling, 1899), управляющие переносом жидкости и растворенных веществ через эпителио-капиллярный барьер (гидростатическое и коллоидно-осмотическое давление), действием биологического фактора представленного цитоскелетом подоцитарных отростков.

РОЛЬ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЦЕЛЯХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

В.С.Захаренко

Мурманский государственный гуманитарный университет, г. Мурманск, Россия
Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия

Особые национальные интересы России в Арктике сосредоточены в области обороны, экономики, геополитики, науки и экологии. Экономические интересы объясняются наличием в Арктике крупнейших запасов полезных ископаемых, являющихся определяющим фактором для развития экономики всей страны. Высокий углеводородный потенциал шельфа является общепризнанным во всем мире. Поэтому не подвергается сомнению необходимость детального изучения и глубокого анализа возможных экологических рисков при освоении углеводородных ресурсов Арктики. В этой связи все более актуальными становятся исследования морского дна, палеогеографических обстановок, а также современные проблемы, связанные с изменением климата, проводимые научным коллективом ММБИ, работающим под руководством академика Г.Г.Матишова. Результаты этих работ и научная концепция гляциальных и перигляциальных шельфов, разработанная Г.Г.Матишовым, подтверждаются новым фактическим материалом других организаций, работающих на шельфе. Мы считаем, что современная обстановка требует объединения научного потенциала в целях сбалансированного освоения и экологической безопасности шельфа.

Геоэкологическая безопасность при освоении нефтегазовых ресурсов обеспечивается в ходе контроля сейсмической обстановки, которая в Арктике характеризуется неравномерным очаговым распределением эпицентров сейсмических событий (землетрясений), приуроченных к районам тектонической активности. В последние годы наблюдается увеличение сейсмической активности в районах, находящихся в непосредственной близости от Шпицбергена. На сайте норвежской сейсмической службы NORSAR (Norwegian Seismic Array) размещена информация о значительном количестве слабых землетрясений в Арктическом регионе, включая акватории Баренцева и Карского морей, произошедших в последние годы и зарегистрированных прибрежными сейсмологическими станциями Норвегии на севере Скандинавского полуострова и Шпицбергене. Многие слабые землетрясения на шельфе Арктики могут быть обусловлены подводными выхлопами газа, разрушающими целостность донных отложений, следствием чего является образование покмарок (округлых углублений в рельефе дна). По-видимому, наиболее крупные покмарки приурочены к зонам разломов, что подтверждается исследованиями в районе Штокмановского газоконденсатного месторождения. Диаметры покмарок достигают нескольких десятков и даже сотен метров, а глубины – до нескольких десятков метров. Очевидно, что выхлопы газов с образованием покмарок может привести к серьезным повреждениям нефтегазовых промыслов и подводных трубопроводов.

Среди потенциальных источников опасности в Арктике можно выделить газогидраты – кристаллические соединения, образующиеся при определенных термобарических условиях (низких температурах и высоких давлениях) посредством соединения газа, прежде всего, метана с водой. Термобарические условия, при которых образуются газогидраты, наблюдаются на большей части акватории Северного Ледовитого океана и российского шельфа Арктики. Во всем мире растет интерес к газогидратам как альтернативному источнику энергоресурсов. Один объем газогидрата дает до 200 объемов чистого газа, что позволяет говорить о газогидратах как о “топливе будущего”. Однако, на данном этапе их следует рассматривать как фактор экологического риска, так как смена термобарических условий может вызвать неконтролируемый взрыв, что представляют высокую опасность при проведении буровых работ. Поэтому освоение морских месторождений должно сопровождаться детальными комплексными исследованиями.

В результате исследований последнего десятилетия был получен большой объем новых данных о проявлении грязевулканических процессов в Мировом океане. Грязевые вулканы в море (как и на суше) оказались специфическими структурами, контролирующими наиболее интенсивные разгрузки (потоки) углеводородов. Как правило, возникновению грязевого вулкана предшествует образование диапира. Это означает, что еще одним фактором экологического риска при усилении сейсмической активности становятся диапиры и диапироподобные структуры (куполообразные структуры, сложенные пластичной глинистой массой, которые могут прекратить свой рост на каком-либо уровне, не достигнув земной поверхности, а могут и выйти на поверхность в виде холма). Образование диапиров обусловлено наличием аномально высоких пластовых давлений в глубинах недр. Диапиры постепенно внедряются в толщу осадочных отложений, изгибая и продавливая пласты перекрывающих пород. Нарушение плотности пород вызывает опасность их превращения в грязевой вулкан с выбросом метана. Так, в районе Штокмановского газоконденсатного месторождения работами, проведенными МАГЭ, выявлен крупный диапир, не выраженный в рельефе дна. В случае усиления тектонической активности он может превратиться в грязевой вулкан с выбросом газа. Изучение условий образования как диапиров, так и газогидратов в целях экологической безопасности шельфов требует изучения палеогеографических обстановок не только в кайнозое, но и для более ранних геологических периодов.

Нельзя не отметить опасность “метангидратного ружья” в связи с наблюдаемым потеплением климата и возможным изменением термобарических условий залегания как диапиров, так и газогидратов. Выбросы метана по типу “цепной реакции” могут повлиять на изменение состава атмосферы и на направление теплых течений, вплоть до полной их остановки, что может спровоцировать глобальное похолодание, наступление которого в аспекте геологического диапазона времени вполне вероятно.

На Арктическом шельфе России существуют серьезные опасности техногенного происхождения, носящие однозначно антропогенный характер. Среди них – многочисленные захоронения радиоактивных отходов в западной части Карского моря. Нарушение герметичности этих захоронений может привести к серьезным экологическим последствиям. На многих площадях Баренцево-Карского региона может сохраняться наследие военных действий в виде мин, снарядов и других взрывоопасных предметов на дне или в придонных отложениях (например, в Обской губе).

Освоение Арктического шельфа требует внимательного комплексного подхода, чтобы избежать экологической катастрофы и сохранить Арктику для будущих поколений. Важно также объединить усилия научных, производственных организаций и вузов для привлечения активной и творческой молодежи и воспитания у нее высокопрофессиональных навыков и бережного отношения к окружающей среде.

КОНТРАСТНОСТЬ В ЭВОЛЮЦИИ ЛЕДНИКОВЫХ ПОКРОВОВ ВОСТОЧНОЙ ГРЕНЛАНДИИ И ЗАПАДНО-АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА

В.С.Захаренко^{1,2}, В.В.Шлыкова³

¹Мурманский государственный гуманитарный университет, г. Мурманск, Россия

²Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия

³Морская арктическая геологическая экспедиция, г. Мурманск, Россия

Плиоцен-плейстоценовый этап развития Западно-Арктического шельфа состоялся, по крайней мере, в три этапа. Существовал начальный рост ледников в течение 2.3–1.6 млн лет, представленный последовательностью R7–R6 (R7 – 2.3–2.4 млн лет, R6 – 1.6–1.7 млн лет). По данным бурения скв. ODP 986, рефлекс 7 характеризует переход от преимущественно глинистых гемипелагических осадков к более песчаным осадкам, поступающим к побережью Шпицбергена за счет речного стока и перенесенных к склону турбидитовыми потоками. Предполагается, что такой значительный объем осадков за сравнительно небольшой промежуток времени поступил за счет ледниковой экзарации на суше. Ледники в это время не достигали шельфа, и ледниково-речной дренаж являлся главным транспортным механизмом осадков. На субэвральном этапе развития Баренцева моря приходились высокие темпы седиментации. Происходило быстрое наращивание осадков на кромке шельфа, которое спровоцировало оползни, возникшие как продукт селевых потоков. Во время этой начальной фазы осадки были, прежде всего, получены из региона Баренцева моря. Существовал этап дальнейшего ледникового расширения 1.5–1.3 млн лет назад, когда ледники достигали кромки шельфа. Отложения были нанесены непосредственно в верхней части склона на подледный дренаж и впоследствии переехали вниз как селевые потоки. Архипелаг Шпицберген во время этой фазы стал доминирующим поставщиком осадочного материала. После времени 1.3 млн лет (R5) было несколько эпизодов ледникового наступления и отступления на шельфе. Стремительные водно-ледниковые потоки стали основными поставщиками осадков на шельфе (Solheim et al., 1996; Тарасов, 2007). Эти чередующиеся периоды ледникового роста и распада привели к осадконакоплению последовательностей в виде селевых потоков. В верхнем плиоцене нами выделен горизонт R6a, который является подошвой мощного оползневого комплекса, эрозионное воздействие которого, вероятно, было наиболее сильным в северной части Поморского прогиба. Ледниковые конусы выноса, выраженные на склоне континентальной окраины Западного Шпицбергена в виде клиньев с уменьшением мощности по направлению к суше, характеризуются хаотическим рисунком внутренних отражений (нижние ОГ – R7–R6), в то время как вышележащие последовательности показывают стратифицированный рисунок. Кроме того, нами установлена миграция депоцентров верхнеэоплейстоценовых отложений относительно нижнеэоплейстоценовых в южном направлении, что означает проградационное наращивание шельфа в эоплейстоцене, преимущественно в южном направлении и в меньшей степени в западном. Четвертичные отложения (R3–дно) в пределах акватории развиты преимущественно на глубинах, превышающих 80–100 м. Насчитывается 6 клиноформ, наращивающих шельф и отражающих трансгрессивно-регрессивный характер осадконакопления. Четвертичные отложения достигают максимальной мощности на бровке шельфа (до 1000 м). Отличительной чертой осадконакопления в плейстоцене является стабильное присутствие ледников на шельфе арх. Шпицберген и их влияние на темпы седиментации и литологический состав осадков.

В Баренцевом море, согласно модели, представленной Г.Г.Матишовым с коллегами (2001), ледники оставляли свободной от глетчерного льда Центральную впадину, окаймляя ее плавающими льдами. Площадям, покрывавшимся ледником, несмотря на различные

оценки его мощности (от 300–500 м до 1–2 км) (Тарасов, 2001; Siebert, Dowdeswell, 2004), была свойственна последовательность постледниковых событий, приводивших к полной или почти полной деградации позднеплейстоценовых мерзлых толщ. Во время дегляциации, происходившей от 15 до 12–10 тыс. лет назад одновременно с трансгрессией, шельф представлял собой пресноводную или солоноватоводную акваторию (Матишов и др., 2001). В конце раннего–среднем голоцене по бентосным фораминиферам фиксируется повышение температуры морской воды до 4–8 °С (Погодина, 2001). Таким образом, ледники Баренцева моря, как и всей европейской окраины Северной Атлантики, отражают большую изменчивость в зависимости от переноса тепла и влаги и носят динамичный характер.

История оледенения Восточной Гренландии имеет значительный ряд палеоклиматических последствий. Первый крупный рост Гренландского ледникового щита происходит около 2.6 млн лет (Jansen et al., 1988). Скандинавия и Исландия, как полагают, были покрыты, в основном, ледовыми щитами к этому времени, в то время как районы дальше на север, по-видимому, были лишены любых крупных ледниковых покровов. В вюрме, во время последнего оледенения 21–18 тыс. лет назад, крупнейшие ледниковые покровы Лаврентьевский, Скандинавский, Британский, Исландский достигали максимальных размеров (Матишов и др., 2001). По всей вероятности, существовавшие по обе стороны Северной Атлантики, ледниковые покровы развивались несинхронно. В отличие от динамической природы Шпицбергенско-Баренцевского ледового покрова, граница такового Восточной Гренландии оказывается гораздо более стабильной. Контрастное поведение двух ледовых щитов: Гренландского и Шпицбергенского, вероятно, связано с палеогеографической циркуляцией в Северной Атлантике. Восточная Гренландия находится под влиянием холодного Восточно-Гренландского течения, а развитие и поведение льда в Баренцевом море зависит от непрерывной, но с большими вариациями, Североатлантической меридиональной системы. Это привело к притоку в северном направлении относительно теплых вод атлантического происхождения на восточной стороне Северной Атлантики, и связанного с этим увеличением сезонных открытых вод, обеспечивая рост влаги и рост ледового покрова. Различия в ледниках и динамике вокруг Северной Атлантики выражаются в развитии архитектуры в ее восточных и западных континентальных окраинах. Ледниковый щит Шпицбергена и Баренцева моря разработан гораздо позже, в позднем плиоцене, чем Восточно-Гренландский ледниковый щит, разработанный в позднем миоцене. Поставка материала со стороны Шпицбергена и Баренцева моря характеризуется крупными конусами выноса, построенными в основном из селевых отложений, путем осаждения из быстро движущихся ледяных потоков, достигающих кромки шельфа в период максимального оледенения. Такие крупные субмаринные конусы не найдены у Восточной Гренландии, где лед редко достигал шельфа, скорости седиментации были относительно низкими, и транспортировка с отложением наносов локализовалась в нескольких крупных глубоководных системах субмаринных каналов. Селевых потоков здесь присутствуют мало и преобладают равномерные, акустически-слоистые отложения. В общем, Гренландский ледник был более стабильным, чем ледники, находившиеся на европейской окраине Северной Атлантики.

ДИНАМИКА ЛЕДНИКОВ ПРИАТЛАНТИЧЕСКОЙ АРКТИКИ И ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ЭПОХИ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ (КОНЕЦ XIX–НАЧАЛО XXI ВЕКОВ)

В.Г.Захаров

Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

Анализ колебаний ледников Шпицбергена, Исландии, Гренландии и Новой Земли за последнее столетие показал наличие в их ходе периодичности в 18.6 года, обусловленной

(как и в Антарктиде) вариациями лунно-солнечных приливных сил. Однако, в отличие от южно-полярной области, арктические центры оледенения не являются околополюсными. В связи с этим направленность их колебаний зависит как от широтного положения, так и от характера циркуляционных эпох на полушариях, а также от преобладающих в эти эпохи переносов воздушных масс (Захаров, 2012, 2014).

В соответствии с классификацией циркуляционных механизмов Северного полушария Б.Л.Дзеердзевского (Кононова, 2009), район Приатлантической Арктики представлен полярными областями Атлантического (60° з. д.– 0°) и Европейского (0° – 60° в. д.) секторов. В течение XX столетия в тенденциях колебаний ледников внутри каждого из секторов (в Атлантическом – Гренландии и Исландии, в Европейском – Шпицбергена и Новой Земли) наблюдалась отчетливо выраженная согласованность хода. Однако сравнение динамики ледников одного сектора с динамикой другого показало наличие периодов контрфазности в колебаниях ледниковых фронтов. Исключение составили интервалы времени при смене циркуляционных эпох (в основном во второй половине XX столетия) с синхронностью хода в изменениях положений края ледников.

Повсеместное отступление ледников Арктики, как последствие глобальной перестройки атмосферной циркуляции на полушариях, началось после завершения кульминации Малого ледникового периода (МЛП). По В.Ф.Захарову (2004), это около 1780–1820 гг., а в целом со второй половины XIX столетия. Ледники Гренландии и Исландии стали быстро сокращаться на рубеже 1890-х гг., а ледники Шпицбергена и Новой Земли заметно отступили в 1900–1910-х гг. (Захаров, 2014). Дальнейшее сокращение оледенений архипелагов продолжилось в меридиональную северную циркуляционную эпоху Северного полушария 1899–1915 гг. (Кононова, 2009).

В вековом ходе колебаний ледников Гренландии, Исландии, Шпицбергена и Новой Земли проявлялась тесная связь с динамикой положений главных центров действия атмосферы (ЦДА) Северного полушария (Захаров, 2012, 2014). Так, с 1890 до 1970 гг. ЦДА неоднократно смещались от своего многолетнего положения по широте и долготе. При наибольших их смещениях, как в 1931–1940 гг., траектории циклонов оказались сдвинутыми на 20° долготы к востоку по отношению к их положению в 1906–1915 гг. При этом интенсивная циркуляционная деятельность сместилась на 5 – 10° широты с севера Европы на Баренцево и Карское моря. Сближение обеих пар ЦДА обусловило усиление зональной циркуляции и интенсивное потепления климата во всех районах Северного полушария (Байдал, 1978).

Особенности динамики указанных выше природных процессов и связанные с ними глобальные перестройки атмосферной циркуляции характеризуют зональную циркуляционную эпоху Северного полушария 1916–1956 гг. (Кононова, 2009). Максимум суммарной продолжительности групп элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) этой эпохи приходится на вторую половину 1920-х–1940-е гг. Именно в это время наблюдалось самое значительное для XX столетия отступление ледников и сокращение площади оледенения на всех архипелагах Приатлантической Арктики и Арктического бассейна в целом.

В первые два десятилетия меридиональной южной эпохи атмосферной циркуляции (1957–2000-е гг.) колебания приатлантических ледников носили разнонаправленный характер. Этот период обозначился заметным наступанием ледников Гренландии и возрастанием числа подвижек шпицбергенских ледников. Тем не менее, в 1980–2000-е гг. площадь оледенения Шпицбергена продолжала сокращаться, а в Исландии период максимума сокращения площади крупнейшего ледникового комплекса Ватнайёкудль пришелся на 1960-е–первую половину 1970-х гг. Одновременно отступали и ледники Новой Земли.

Общая картина динамики ледников рассматриваемых архипелагов достаточно динамично изменилась в 1980–1990-х гг. В эти годы возобновились подвижки гренландских, исландских, шпицбергенских ледников и наметилось замедление темпов сокращения оледенений Новой Земли и Земли Франца-Иосифа.

Таким образом, в течение XX столетия в колебаниях края ледников крупнейших островных ледниковых комплексов Приатлантической Арктики и Арктического бассейна (как и в колебаниях края и айсбергового стока Антарктиды) проявлялись взаимосвязи с вариациями дисперсии D приливных колебаний скорости вращения Земли. Периодичность в динамике рассматриваемых оледенений оказалась в среднем равной 18.6 года изменчивости лунно-солнечных приливных сил. Можно заключить, что лунно-солнечные приливы влияют на режим, колебания края и айсберговый сток ледников как Южной, так и Северной полярной области.

Установлено, что максимум продолжительности действия меридиональной южной циркуляции XX столетия (1989 г.) практически совпал с максимумом дисперсии лунно-солнечных приливов в 1988 г. (между минимумами в 1978 и 1996 гг.). Возможно, что наложение этих двух максимумов природных процессов способствовало столь резкому усилению циклонической деятельности и более интенсивному поступлению осадков в Северную Атлантику и Арктический бассейн. Это выразилось в подвижках ледников Гренландии, Исландии, Шпицбергена и замедлении темпов сокращения оледенений Новой Земли и Земли Франца-Иосифа в 1980–1990-х гг.

Следует отметить, что указанным выше периодам и датам активизации подвижек ледников Гренландии, Исландии, Шпицбергена и замедлению темпов сокращения оледенений Новой Земли и Земли Франца-Иосифа в 1980–1990-х гг. предшествовала самая значительная для XX столетия волна годовой продолжительности действия циркуляционных форм, определяющих эпоху меридиональной южной циркуляции (1957–2000-е гг.). В это время преобладали элементарные циркуляционные механизмы (ЭЦМ) 13л (летний тип) и 13з (зимний тип).

Согласно данным (Кононова, 2009), суммарная продолжительность действия указанных макропроцессов в 1983–2008 гг. превышала 100–150 дней в году с максимумом до 200 дней в 1989 г. Характерно, что при действии ЭЦМ 13 над Арктическим бассейном зимой и летом осуществляется циклоническая циркуляция с центром в районе полюса. Дрейф полей арктических льдов в это время также носит циклонический характер. Серии атлантических циклонов при этих макропроцессах осуществляют перенос воздушных масс ко всем рассматриваемым центрам оледенения Приатлантической Арктики и обеспечивают благоприятные условия режима питания ледников (Захаров, Кононова, 2013).

ЭНДОКРИННЫЕ МЕХАНИЗМЫ В АДАПТАЦИИ КАМЧАТСКОГО КРАБА БАРЕНЦЕВА МОРЯ К ИЗМЕНЕНИЮ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

В.С.Зензеров

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Вселение камчатского краба в Баренцево море явилось реализацией крупного научного проекта по интродукции отдельных видов крупных ракообразных с Дальнего Востока в Баренцево море. При этом решались две задачи: 1) подтвердить возможность интродукции чужеродного биологического объекта (в данном случае камчатского краба) в новый ареал обитания, со сложившейся в нем в течение многих лет экосистемой; 2) пополнить ценным объектом промысла Баренцево море.

С начала этого уникального эксперимента изучению биологии и физиологии вселенца уделялось большое внимание. Только за последние годы были опубликованы обобщающие данные по баренцевоморскому крабу (Кузьмин, Гудимова, 2002; Камчатский ..., 2003; Биология ..., 2008 и др.). В то же время мнения ученых и специалистов по влиянию краба на донные сообщества Баренцева моря различны.

Следует отметить, что процесс акклиматизации камчатского краба к условиям обитания в Баренцевом море был достаточно долгим, что, очевидно, было связано с выработкой у него механизмов приспособления к гидрологическим и гидрохимическим параметрам баренцевоморской среды, так и освоению кормовой базы.

Одним из ведущих факторов выживания и акклиматизации камчатского краба в Баренцевом море, создания самовоспроизводящей популяции могла быть эндокринная система. Несмотря на отсутствие у него типичной для многих позвоночных животных структурно оформленной эндокринной системы, как показали наши исследования, у камчатского краба имеется целый комплекс гормональных веществ.

Совместно с лабораторией эндокринологии (зав. д.б.н. Е.В.Типисова) Института физиологии природных адаптаций УрО РАН (Архангельск) радиоиммунологическим и радиометрическими методами нами впервые были определены уровни тиреоидных гормонов (тироксин, трийодтиронин), тиреостимулирующего гормона гипофиза, половые (Зензеров, Типисова, 2009). Установлено, что эти гормоны идентичны гормонам высших млекопитающих и человека. При этом показано, что содержание гормона щитовидной железы – тироксина – в гемолимфе камчатского краба более чем в 4 раза превышает аналогичный показатель в сыворотке крови человека, что открывает перспективы разработки новых биотехнологий получения эндокринных препаратов в решении программы замещения импорта.

Проведенные нами экспериментальные работы на базе современной морской аквариальной Института показали роль гормонов в процессах адаптации камчатского краба Баренцева моря к изменениям различных параметров среды обитания. Экспериментально установлено, что при постепенном снижении солености морской воды в течение 30 сут. от 34 до 8 ‰ краб может сохранять свою жизнедеятельность (Илющенко, Зензеров, 2012). В то же время гистологические исследования показали, что в условиях снижения солености воды менее 13 ‰ в отдельных органах и тканях (антеннальная железа, гонады и др.) могут наблюдаться выраженные морфологические нарушения.

На основании проведенных работ по изучению биологии и физиологии камчатского краба Баренцева моря сделан вывод об источниках выработки гормонов у данного животного. На наш взгляд, имеющиеся у краба нейросекреторные образования вполне могут синтезировать различные гормоны. Однако, это не исключает имеющихся у камчатского краба морфофизиологических структур, которые могут секретировать гормональные вещества.

ФАУНА PERACARIDA (CRUSTACEA: MALACOSTRACA) НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

О.Л.Зими́на, О.С.Лю́бина

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Исследования зообентоса на разрезе “Кольский меридиан” проводятся с 1900-х гг. На начальных этапах сборы производились в основном тралом Сигсби, а с 1924 г. также с использованием дночерпателя. За этот период накоплен большой фактический материал, обобщенный в работе К.Н.Несиса (1960). Современный мониторинг с использованием дночерпателя как основного орудия лова был начат в 1995 г. научной группой ММБИ и продолжается по настоящее время. С 2010 года мониторинговые исследования проводятся совместно со специалистами ПИНРО.

Разрез “Кольский меридиан” располагается в юго-западной части Баренцева моря и пересекает Прибрежную и Основную ветви Мурманского течения, а также Центральную ветвь Нордкапского течения. Разнообразия гидрологических условий определяют состав и структуру донной фауны в данном районе моря.

В связи с особенностями методики сбора и обработки проб на ранних этапах мониторинга (до 2000 г.), практически полностью отсутствуют данные о составе и распределении организмов, имеющих малые размеры. К ним относятся донные ракообразные надотряда Peracarida, который включает в себя отряды Amphipoda, Isopoda, Cumacea, Tanaidacea и Mysidacea, и является одной из наиболее богатых видами групп беспозвоночных в арктических морях. Они, как правило, имеют небольшую продолжительность жизни, не имеют стадии планктонной личинки в жизненном цикле, расселение происходит путем миграции взрослых особей. Это делает их удобным объектом для мониторинговых и зоогеографических исследований.

Работа основана на материале, собранном в экспедициях ММБИ и ПИНРО в 2000–2013 гг. на 10 стандартных станциях разреза “Кольский меридиан”. Всего за этот период выполнено 85 станций. Отбор проб производился с помощью дночерпателя ван-Вина с площадью захвата 0.1 м² в 5-кратной повторности. Пробы промывали через капроновое сито (0.75 мм; с 2010 г. – 1 мм) и фиксировали 4 %-м формалином, нейтрализованным тетраборатом натрия.

На 10 станциях разреза “Кольский меридиан” отмечено 226 таксонов ракообразных надотряда Peracarida, относящихся к 5 отрядам и 54 семействам, из них 181 определены до вида. Наиболее богато представлен отряд Amphipoda (109 видов). За период наблюдений выявлено 37 новых для фауны Баренцева моря видов перакарид. Среди них 15 видов Isopoda, 12 – Amphipoda, 4 – Tanaidacea, 4 – Cumacea, 2 – Mysidacea. Эти виды обнаружены преимущественно на южных станциях разреза, большинство из них тепловодные, имеют атлантическое распространение и встречаются на сопредельных акваториях: вдоль побережья Норвегии и в Норвежском море. Все эти виды имеют маленькие размеры (от 1.5 до 9 мм) и, вероятнее всего, большинство из них ранее терялись при обработке проб. Также нельзя исключать возможность появления некоторых видов в юго-западной части Баренцева моря в связи с климатическими изменениями.

Видовое богатство (количество видов на станцию) распределено по разрезу неравномерно. В среднем за весь период на станциях встречалось 21±2 вида перакарид. Наибольшим разнообразием отличаются станции 2 и 8 (54±2 и 30±2 вида соответственно). Минимальное разнообразие характерно для ст. 1 (6±1 вид). Плотность поселений в среднем по разрезу за весь период составила 158±19 экз/м². Максимальные значения также характерны для станции 2 и 8. Среднее значение биомассы составило 0.46±0.1 г/м².

Особенностью биогеографического состава фауны перакарид на разрезе “Кольский меридиан” является значительная доля бореальных (29 %) и видов атлантического распространения (55 %). Соотношение биогеографических групп изменяется вдоль разреза. Максимальное количество бореальных видов отмечено на ст. 2 (35 %). При движении на север наблюдается постепенное снижение до 14 %, небольшое увеличение отмечено на ст. 8 (17 %). Доля арктических видов наоборот увеличивается от 8 % на юге до 21 % на севере разреза. Севернее ст. 5 (за исключением ст. 8) количество арктических видов стабильно превышает количество бореальных. Такая биогеографическая структура фауны на разрезе, вероятно, определяется положением и интенсивностью основных струй теплого течения.

Методом кластерного анализа на разрезе выделено 3 фаунистических комплекса ракообразных.

На самой южной станции разреза (ст. 1), расположенной на выходе из Кольского залива на глубине около 270 м на илистом грунте при относительно высоких придонных температурах (2.5–3 °C) отмечен обедненный комплекс видов ракообразных. За все годы наблюдений здесь встречено 30 видов перакарид (в среднем 6±1 вид на станцию). В данном районе 20 % являются бореальными, 10 % – арктическими видами. Характерные виды – амфипода *Centromedon pumilus* и кумовые *Leucon acutirostris* и *Eudorella emarginata*. Возможно, обеднение фауны в этом районе вызвано антропогенным влиянием.

На станции 2 стабильно встречается специфический тепловодный фаунистический комплекс. Здесь на глубине 140–150 м грунт представлен илистым песком с камнями и большим количеством спикул губок. Отмечены максимальные значения температуры придонной воды (4–5 °С). Зафиксировано максимальное для разреза видовое богатство (54±2 вида на станцию) и максимальная численность перакарид (512±60 экз/м²). Всего в этом районе отмечено 126 видов ракообразных, 35 % являются бореальными, 10 % – арктическими. Характерными для комплекса видами являются амфиподы *Lepechinella arctica*, *Urothoe elegans*, *Laetmatophilus tuberculatus*, *Kerguelenia borealis*, *Harpinia crenulata*, *Cressa minuta*, изоподы *Macrostylis spinifera*, *Nannoniscus oblongus*, *Katianira bilobata*, кумовые *Eudorella truncatula*, *Campylaspis horrida*, *Campylaspis intermedia*, *Hemilamprops cristatus*. Здесь встречено большинство редких и новых для фауны моря тепловодных видов. Все эти особенности обусловлены непосредственным влиянием Прибрежной ветви Мурманского течения, которое пересекает разрез примерно на 70°00' с. ш.

Основная часть разреза (станции 3–10) занята относительно однородным комплексом ракообразных, в котором, однако, выделяются две группы станций, отличающиеся соотношением числа бореальных и арктических видов. На южных станциях (3–5) численно преобладает бореальная фауна, на северных станциях (6–10) – арктическая. В этом районе на глубинах 200–320 м распространены илистые и илисто-песчаные грунты. Всего здесь отмечено 199 видов перакарид (в среднем встречается 18±1 вид на станцию). Характерными для этого комплекса являются амфиподы *Haploops tenuis*, *Haploops similis*, *Harpinia mucronata*, *Idunella aequicornis*, *Unciola leucopis*, *Aceroides latipes*, *Ampelisca eschrichti*, кумовые *Diastylis spinulosa*, *Ektonodiastylis nimia*, *Leucon nasica*, *Diastylis goodsiri*, изоподы *Caecognathia elongata*, *Calathura brachiata*. Изменение соотношения биогеографических групп севернее 72°00' с. ш. обусловлено значительным стабильным понижением придонной температуры по сравнению с южными участками разреза (Matishov et al., 2009).

Таким образом, состав и структура фауны перакарид на разрезе “Кольский меридиан” в значительной степени определяются температурными условиями, связанными с положением и интенсивностью основных струй Атлантического течения.

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ ИЗ РАСТВОРОВ СОЕДИНЕНИЯМИ НА ОСНОВЕ ФОСФАТОВ ТИТАНА (IV)

В.И.Иваненко, Р.И.Корнейков, Э.П.Локшин
Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им.И.В. Тананаева КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

При эксплуатации корабельных атомных энергетических установок, а также в результате возникновения нештатных ситуаций образуются жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) сложного химического состава, представляющие собой “загрязненную” радионуклидами морскую воду. Основной вклад в удельную активность такого типа ЖРО вносят радионуклиды ^{134,137}Cs и ⁹⁰Sr, периоды полураспада которых составляют 2.3, 30 и 28.5 лет соответственно. Наряду с неорганическими компонентами в ЖРО могут присутствовать и органические соединения, представленные нефтепродуктами, которые осложняют переработку технологических растворов.

Для дезактивации ЖРО с повышенным содержанием перспективны сорбционные методы. Ионообменные материалы должны обладать высокими сорбционными характеристиками (обменная емкость, избирательность), быть устойчивыми в агрессивных средах, обеспечивать надежную иммобилизацию сорбированных радионуклидов в составе отра-

ботанного сорбента и безопасность при его длительном хранении. Однако используемые в настоящее время сорбенты не в полной мере отвечают предъявляемым к ним технологическим требованиям, что делает актуальным поиск новых высокоэффективных сорбционных материалов для решения обозначенной проблемы. В качестве ионообменников интерес представляют неорганические материалы на основе соединений титана (IV), прежде всего, фосфаты титана (IV), которые способны эффективно извлекать радионуклиды из высоко-солевых растворов, обеспечивать компактность и безопасность при захоронении.

Цель работы – поиск оптимальных условий использования ионитов на основе оксогидроксофосфатов титана (IV) при извлечении катионов цезия и стронция из высокосолевых растворов и надежной иммобилизации сорбата в отработанном ионите.

Используемые в качестве сорбентов оксогидроксофосфаты титана (IV) представляли собой гидратированные аморфные соединения состава $TiO_{(2-x-y)}(OH)_{2y}(HPO_4)_x \cdot nH_2O$ ($x = 0.3-1.0$, $y = 0-0.5$, $n = 1.3-6.3$, $P:Ti(IV) \leq 1$), в которых протоны гидрофосфатных групп способны замещаться на катионы сорбируемого металла.

Катионное замещение в указанных соединениях может быть представлено общей схемой: $RH + 1/zM^{z+} \leftrightarrow H^+ + 1/zMR^z$, где R – гидратированная титанофосфатная матрица сорбента; H – ион водорода, замещаемый катионом сорбируемого металла M^{z+} .

Сорбцию микроколичеств катионов цезия и стронция проводили при разных условиях (отношение жидкой и твердой фаз (Ж:Т), pH раствора, температура) из высокосолевых растворов, близких по солесодержанию к составу морской воды, основу которой составляет хлорид натрия (до 30 г/л). Исходное содержание катионов цезия и стронция соответствовало 1.1 и 15.3 мг/л.

При введении в раствор оксогидроксофосфатотитановых сорбентов вследствие ионного обмена происходит понижение pH с 6 до ~ 2. В этой области pH при Ж:Т = 100 эффективно извлекаются катионы цезия (свыше 97 %), а катионы стронция – только на 25 %. При повышении pH раствора корректирующим реагентом (например, Na_2CO_3) до значения 8 катионы цезия практически не сорбируются (около 25 %). В то время как катионы стронция эффективно извлекаются (свыше 99 %).

Последовательное извлечение катионов цезия и стронция фосфатами титана (IV) при pH 2 и 8 приводит к глубокой очистке раствора. При этом необходимо проведение трех стадий очистки при температуре 20 °С:

1 стадия – сорбция катионов Cs^+ при отношении Ж:Т = 100, при pH = 2, коэффициент распределения (K_d) равен $2.8 \cdot 10^3$;

2 стадия – дополнительное извлечение катионов Cs^+ при отношении Ж:Т = 300, при pH = 2, $K_d = 2.5 \cdot 10^3$;

3 стадия – извлечение катионов Sr^{2+} при отношении Ж:Т=100, при pH = 8, $K_d = 1.9 \cdot 10^4$.

Недостатком такого режима является извлечение катионов металлов при разных условиях.

Оптимальное значение pH раствора, при котором происходит достаточно высокое одновременное извлечение катионов Cs^+ и Sr^{2+} (~ 85 %), составляет 5 при отношении фаз Ж:Т = 100 и 20 °С. Значения K_d для катионов Cs^+ и Sr^{2+} при этих условиях равны 530 и 840 соответственно.

При уменьшении отношения Ж:Т до 50 эффективность извлечения по катионам Cs^+ и Sr^{2+} повышается, но незначительно. Увеличение температуры сорбции с 20 до 70 °С практически не повышает эффективность извлечения по обоим катионам металлов.

Для глубокой (в 10^4 раз, или на 99.9 %) сорбционной очистки раствора от катионов цезия и стронция фосфатами титана (IV) при Ж:Т = 100, pH = 5 и температуре 20 °С необходимо проведение трех стадий с использованием корректирующего pH компонента. Достоинством такого режима является одновременное извлечение обоих катионов металлов.

Экспериментальные образцы оксогидроксофосфатов титана (IV) апробированы при дезактивации реальных жидких радиоактивных отходов, содержащих помимо радионуклидов значительные количества нефтепродуктов, на производственной площадке филиала ЗФ ФГУП “Северное федеральное предприятие по обращению с радиоактивными отходами” (Андреева губа, Заозерск, Мурманская область). Результаты показали перспективность использования титанофосфатных сорбентов для очистки жидких радиоактивных отходов с высоким солесодержанием и наличием нефтепродуктов. Получен акт испытаний.

Термическая обработка при 600–650 °С насыщенных сорбатов сорбентов на основе оксогидроксофосфатов титана (IV) приводит к образованию не гидролизующихся в диапазоне pH 3–9 кристаллических двойных фосфатов титана и сорбированного металла.

Таким образом, оптимизированы условия использования сорбентов на основе оксогидроксофосфатов титана (IV) для эффективного извлечения радионуклидов $^{134,137}\text{Cs}$ и ^{90}Sr из высокосолевых жидких радиоактивных отходов, соответствующих составу морской воды, и надежной иммобилизации радионуклидов в отработанном сорбенте, обеспечивающие экологическую безопасность при хранении в течение длительного времени.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 12-08-00944-а), Программы фундаментальных исследований № 8 ОХНМ РАН “Новые подходы к повышению коррозионной и радиационной стойкости материалов, радиоэкологическая безопасность” и гранта Президента России (НШ-487.2014.3).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В РАЗЛИЧНЫХ ВОДНЫХ МАССАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

С.А.Иванов

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича, г. Мурманск, Россия

Многочисленные исследования гидрохимических характеристик Баренцева моря, проводившиеся в прошедшие годы, выполнялись в основном по информации, полученной с определенного количества стандартных разрезов, и включали в себя анализ только части гидрохимических характеристик (обычно, фосфатов и кислорода). Океанографическая база данных ПИНРО включает большой объем данных, охватывающий значительную часть Баренцева моря по таким характеристикам как кремний, нитриты, нитраты и pH. Целью этой работы являлось исследование баланса гидрохимических параметров Баренцева моря при рассмотрении полного объема информации.

Решение подобной задачи подразумевает оперирование большими объемами данных (помесячная динамика гидрохимических характеристик на всех стандартных горизонтах в 1950–2012 гг.), на анализ которых могло уйти бы значительное количество времени. Поэтому частично эта проблема была решена путем автоматизации расчетов и визуализации данных, а также посредством осреднения первичных данных на различных горизонтах по водным массам.

Перед проведением исследования была оценена обеспеченность данными. На основании этого были построены карты Баренцева моря с указанием границ водных масс и положением станций с наличием данных по каждой из гидрохимических характеристик. Для количественной оценки эта информация была сведена к табличному виду. Количество наблюдений по гидрохимическим характеристикам существенно различается. Так, наблюдения за кислородом и фосфатами в различные месяцы 1950–2012 гг. выполнялись от 50 до 350 раз в зависимости от водной массы. Исследования концентрации кремния проводились в 2–3 раза реже (20–120 раз). Измерения нитритов, нитратов и pH выполнялись реже на порядок (примерно до 20 раз).

Разделение данных по водным массам Баренцева моря производилось по границам схемы, предложенной В.К.Ожигиным и В.А.Ившиным (1999) с некоторыми изменениями. Так выделялись следующие водные массы Баренцева моря: атлантические западные (АЗВ) и восточные (АВВ); прибрежные западные, восточные и новоземельские (ПЗВ, ПВВ и ПНВ); баренцевоморские и арктические (БВ и АрВ). Таким образом, всего было выделено 7 водных масс. При этом прибрежные норвежские и мурманские воды рассматривались как единая западная прибрежная водная масса. По аналогии прибрежные беломорские и печорские воды рассматривались как восточные прибрежные. Северная граница новоземельских прибрежных вод была продлена до северной оконечности арх. Новая Земля. Атлантические воды были разделены по меридиану 38° в. д. на западные и восточные атлантические. Подобные изменения к схеме, предложенной В.К.Ожигиным и В.А.Ившиным, были произведены в силу особенностей распределения гидрохимических характеристик.

Для технической реализации выборки океанографических данных по границам водных масс использовался инструментарий картографического пакета MapViewer. Расчеты и визуализация информации производились посредством программирования.

Вследствие климатических особенностей Баренцева моря некоторые его части в зимние месяцы года покрываются льдами, и поэтому наблюдения там проводились эпизодично или вообще не выполнялись. В соответствии с результатами, полученными по обеспеченности, наиболее исследованными являются западные атлантические и прибрежные западные воды. Наименьшее количество данных было получено в восточных прибрежных и новоземельских прибрежных водах. Арктическая водная масса представлена в основном районом около о. Медвежий, где выполнялся ряд стандартных океанографических разрезов.

Осреднение первичных данных производилось путем расчета среднего арифметического по водной массе и горизонту в каждом из месяцев года. Далее строились графики межгодовой динамики гидрохимических характеристик по месяцу и горизонту, а потом графики внутригодовой динамики.

Полученные результаты позволили оценить закономерности в межгодовой и внутригодовой динамике гидрохимических характеристик, сдвиги сроков начала цветения, интенсивность фотосинтеза, уровень предстартовых концентраций биогенов, степень участия бактериопланктона в регенерации биогенов в различных водных массах Баренцева моря.

Изменчивость гидрохимических характеристик в Баренцевом море определяется рядом факторов: динамикой течений, весенне-летним периодом фотосинтеза, наличием ледовой кромки, береговым стоком, осенне-зимней конвекцией. Наибольшее воздействие на годовой ход оказывают осенне-зимняя конвекция и фотосинтез. Г.И.Несветова (2002) выделяла следующие гидрохимические сезоны в Баренцевом море: зима (ноябрь–март), весна (апрель–май), лето (май–сентябрь) и осень (сентябрь–ноябрь). Однако такие жесткие временные границы могут не соответствовать реальности для различных водных масс, так как описанные выше процессы могут не происходить одновременно в разных частях Баренцева моря.

Аэрация вод (АрВ) в слое 0–20 м в апреле составляет в среднем примерно 98–103 %, в слое 0–30 м в АВ и ПЗВ – 97–105 %, в слое 0–50 м в ПВВ и ПНВ – 102–113 %, в слое 0–200 м в БВ – 97–99 %. Таким образом, очевидно, что даже в апреле, когда фитопланктон развивается повсеместно, в Баренцевом море интенсивность фотосинтеза может существенно отличаться в различных водных массах, что выражается как в уровне аэрации вод кислородом, так и в толщине слоя вегетации. В этом случае подтверждается закономерность о более интенсивном старте фотосинтеза в прибрежных и прикромочных районах Баренцева моря, отмеченная Г.В.Ильиным (1991) и основанная на тезисе о том, что в арктических морях интенсивное цветение начинается с формированием пикноклина (Alexander, 1981).

Кроме того, может существовать и межгодовой сдвиг этих сезонов, что может быть особенно характерно для аномально теплых лет последнего десятилетия. Например, в 2011 г.

в АрВ на поверхности насыщение вод кислородом составляло 109 %, что являлось максимумом во всем ряду данных. В февралю в АЗВ можно было наблюдать два многолетних типа распределения преобладания относительно более высоких и более низких концентраций. Так, с середины 1970-х по 1986 гг. и в 1995 г. значения фосфатов составляли 0.70–1.25 мкМ/л, а с 1987 по 1994 гг. и с 1996 по 2012 гг. – 0.70–0.90 мкМ/л.

ТЕХНОГЕННЫЕ НАГРУЗКИ И РИСКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРАИННЫХ МОРЕЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Г.В.Ильин

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Начало исследования химического загрязнения морских экосистем в ММБИ было положено в середине 1970-х гг. Интерес к этим работам был вызван глобальным распространением в океане хлорорганических пестицидов, нефтепродуктов и нефтяных остатков.

В настоящее время химическое загрязнение морей Арктики определяется переносом загрязняющих веществ трансграничными течениями, речным стоком и интенсивностью хозяйственной деятельности непосредственно в морских бассейнах. Но пути переноса загрязнителей имеют различную значимость для каждого из водоемов в зависимости от различия их географического положения.

Поступление загрязнителей от глобальных источников можно рассматривать как сложившуюся консервативную составляющую адвекционного потока, которая и формирует так называемый “фоновый” уровень загрязнения.

Импактное загрязнение арктических окраинных морей и связанные с этим экологические риски формируются региональными и локальными источниками. Как правило, эмитентом регионального и локального масштаба является хозяйственная деятельность на акваториях морей и на прилегающей суше в области водосборного бассейна. Спектр видов хозяйственного использования акваторий и плотность транспортных потоков в арктических морях определяются климатическими (гидрологическими) условиями, наличием биологических и ископаемых ресурсов.

На фоне нового витка освоения Арктики просматривается рост промышленной активности на шельфе и водосборной территории Баренцево-Карского региона. Этот рост, связанный с транспортным судоходством и освоением нефтегазовых месторождений, сопровождается увеличением риска импактного загрязнения.

Баренцево море наиболее освоено в промышленном отношении, особенно в своей южной, незамерзающей части. Хозяйственная активность в его акватории связана, прежде всего, с рыбным промыслом, судоходством, нефте- и газоразведочными работами.

Показателем интенсивности рыболовного судоходства с допущениями можно принять количество судов, находящихся на промысле. В летне-осенний период численность работающего промыслового флота максимальна – около 80 судов. В зимний период она сокращается до 40–50 судов российских рыбодобывающих компаний. Максимальное сосредоточение промысловых судов происходит в южном и юго-западном секторах моря и увеличивает риск локальных импактов на оживленных маршрутах нефтеперевозок при аварийных ситуациях. В других арктических морях такой источник загрязнения и экологического риска отсутствует. Промышленная деятельность и хозяйственное использование акваторий имеет очаговый характер и тяготеет к немногочисленным на арктическом побережье портам.

Формирование грузовых транспортных потоков до настоящего времени обусловлено необходимостью перевозки по трассам Северного морского пути (СМП) генеральных гру-

зов, сырой нефти и нефтепродуктов, геолого-разведочными работами. Современная сеть портов СМП сложилась к началу 1960-х гг. Были выстроены морские порты Амдерма, Диксон, Тикси, Певек и речные порты Дудинка, Игарка. Базовые порты Мурманск, Архангельск, Кандалакша в своем развитии лишь частично зависят от функционирования СМП. Навигация в настоящее время наиболее интенсивна на западном участке СМП в направлении Мурманск–Диксон–Дудинка. Здесь она осуществляется в круглогодичном режиме. Интенсивность судоходства на трассах Севморпути оценивается примерно в 300 рейсов в год. Новым подходом к формированию грузопотоков по СМП является слияние традиционных, генеральных грузопотоков по обеспечению северных территорий с танкерными перевозками нефти от сибирских месторождений на экспорт в Европу.

Роль нефтегазовой отрасли морского природопользования в Баренцево-Беломорско-Карском регионе в последнее десятилетие возрастает. Разработка шельфовых месторождений представляет собой пока гипотетическую угрозу. Но морская перевозка и перевалка экспортируемых углеводородов создает реальные риски нефтяного загрязнения акваторий и морского побережья. Интенсивность морских транспортных потоков связана с береговой инфраструктурой и рейдовыми перегрузочными терминалами на Баренцевом, Белом и Карском морях – главными факторами экологического риска.

По данным норвежского Центра мониторинга судоходства (VTS, г. Вардё), в 2011 г. транзитом у побережья Норвегии прошло 280 танкеров, которые перевезли в общей сложности лишь около 12 млн т нефти. Каботажные грузопотоки нефти, светлых и темных нефтепродуктов – внутренние перевалки между терминалами составляют около 2.5 млн т. В целом транспортные потоки на акватории Баренцева и Карского морей можно оценить в 750–800 проходов сухогрузов и нефтеналивных судов. Очевидно, что разномасштабные аварийные разливы нефти на объектах и маршрутах нефтетранспортной системы в Баренцевом море оцениваются как вероятные события. Риск аварийных разливов нефти на объектах нефтетранспортной системы и маршрутах транспортировки в Баренцевом море пока невысок, но вполне реален, а инциденты с разномасштабными разливами в период развития морских перевозок нефти в регионе уже имели место.

Значение трансграничного переноса загрязнителей для каждого из морей различно. Роль материкового стока как путь поступления поллютантов в арктические моря изучена более полно. Загрязняющее влияние стока отчетливо прослеживается в прибрежной зоне. Оно адекватно уровню промышленно-социального развития расположенных в береговой зоне хозяйственных центров. Ежегодные сбросы неочищенных и плохо очищенных вод в бассейнах рек Баренцево-Беломорского региона оценивается в 800 млн м³, тогда как в бассейнах Оби и Енисея сбрасывается сточных вод на порядок больше (3300 и 2000 млн м³ соответственно). Наиболее типичными загрязнителями оказываются нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы и хлорорганические пестициды. Локальными аккумуляторами антропогенных загрязнений в Арктике становятся бухты и заливы, в которых размещена портовая инфраструктура. Роль трансокеанических течений в перераспределении поллютантов в российских западноарктических морях определяется потоком атлантических вод и прослеживается с большей или меньшей отчетливостью в районах их распространения. Более значима и более изучена роль атлантических течений в Баренцевом море. В отношении морей Карского и Лаптевых можно констатировать ослабление роли потока атлантических вод как механизма переноса загрязняющих веществ.

Для всех российских арктических морей очевидна важная роль атмосферных выпадений как источника тяжелых металлов, стойких хлорорганических соединений. Максимальное поступление поллютантов в воздушную среду морей от региональных эмитентов, очевидно, происходит в зимний период. Кольский промышленный узел оказывает максимальное влияние на качество воздуха над Белым и юго-восточной частью Баренцева моря. Норильский ГМК воздействует на воздушную среду Карского моря вплоть до высокоширотных районов.

Однако основными источниками рисков техногенного загрязнения является существующая морехозяйственная деятельность, складывающаяся в морях Западной Арктики. В частности – береговая транспортная инфраструктура, морская перевозка углеводородов, разработка нефтегазовых месторождений на шельфе.

В целом, уровень загрязнения морей Российской Арктики пока очень мал и не угрожает экосистемному здоровью этих водоемов. Однако развитие хозяйственной деятельности в водосборных бассейнах и на акваториях диктует необходимость углубления исследований экологического статуса арктических морей и систематического мониторинга антропогенных и природных воздействий, закономерностей развития экосистем в изменяющихся климатических условиях.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ГУБЫ ДАЛЬНЕЗЕЛЕНЕЦКАЯ

Г.В.Ильин, Д.В.Моисеев, М.С.Громов, Д.В.Широколобов, А.А.Дерябин
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Прибрежная зона Баренцева моря отличается сложным и изменчивым гидрологическим режимом. Систематические исследования на побережье Кольского полуострова были начаты еще в 1893 г. известным океанографом Н.М.Книповичем.

Заложенная на берегу губы Дальнезеленецкая в 1935 г. Мурманская биологическая станция АН СССР, преобразованная позднее в Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, до настоящего времени с успехом продолжает систематические фундаментальные и экспериментальные наблюдения в прибрежье Баренцева моря.

Гидрологические условия губы Дальнезеленецкая ранее описаны разными авторами (Воронков и др., 1948; Ушаков, 1948; Шаронов, 1948; Ильин и др., 1978; Громов и др., 2010, 2011). Однако до настоящего времени, несмотря на обилие собранного материала, нет достаточно емкого, обобщающего описания гидрологического режима одной из наиболее востребованных научно-экспериментальных акваторий Российской Арктики – губы Дальнезеленецкая. Кроме этого, гидрометеорологические исследования в последние 10 лет проводились с использованием современного метеорологического и океанографического оборудования, что позволило отследить природные процессы непрерывно и с высокой дискретностью данных.

Для характеристики гидрологического режима губы Дальнезеленецкая использована информация из литературных источников (Воронков и др., 1948; Ушаков, 1948; Шаронов, 1948; Ильин и др., 1978; Лоция..., 1995; Громов и др., 2010; 2011); данные регулярного гидрометеорологического мониторинга с 2002 г. по настоящее время (наблюдения производятся с понтонного причала каждые 5 сут. в полную воду); материалы гидрологических съемок, выполненных летом 2009 и 2010 гг. с борта маломерного плавсредства с помощью STD-зондов SEACAT SBE 19plus и STD48M (Громов и др., 2010, 2011); данные непрерывных измерений автоматической донной станции RDCP-600 (прибор был установлен на глубине примерно 17 м, дискретность 6 мин., передача по кабелю на ПК в береговой лаборатории для дальнейшей обработки); метеорологические наблюдения на прибрежной репрезентативной площадке с помощью автоматической метеостанции AWS 2700 (данные непрерывной регистрации метеопараметров с дискретностью 1 мин поступали в береговую лабораторию для дальнейшей обработки).

Все гидрометеорологические наблюдения выполнялись, обрабатывались и анализировались согласно общепринятым методам, в соответствии с океанографическими, гидрометеорологическими руководствами и наставлениями, а также инструкциями от производителей оборудования (Руководство ..., 1977, Методические ..., 1977; SBE 19plus, 2005; STD48M).

Губа Дальнезеленецкая – мелководная бухта в восточной части Мурманского берега (Восточный Мурман). В плане губа напоминает квадрат со сторонами 1 морская миля. Губа вдается в берег между мысом Дернистый (69°08' с. ш. 36°05' в. д.) и мысом Зеленецкий. Устье губы ориентировано на север–северо-восток. В устьевой части расположено 5 островов, защищающих губу от морской волны. Проливы между островами не судоходны. Во время сизигийных отливов некоторые острова соединяются обсыхающими перешейками. Площадь водной акватории губы (без учета островов) составляет 2.23 км². На берегу юго-западной части губы расположен населенный пункт Дальние Зеленцы.

Рельеф дна в губе сложный. Глубины в наиболее глубокой западной ее части не превышают 11–18 м при отливе. Большая часть площади губы имеет глубину меньше 7 м. В западной и восточной частях губы существуют небольшие впадины с глубинами до 15–18 м, придающие своеобразие в целом монотонному гидрологическому режиму. В открытом море с запада к району губы Дальнезеленецкая подходит желоб с глубинами больше 200 м, по которому проходит ветвь теплого Мурманского прибрежного течения, омывающего побережье Восточного Мурмана.

Свободный водообмен с морем осуществляется через западный и восточный проливы между коренным берегом и островами. Глубина этих проливов 7–10 м. Западный пролив более глубокий и широкий. Его ширина около 400 м (более 2 каб.). В отличие от других он доступен для прохода небольших судов. У западного берега, в бухте Оскара, и у восточного берега, в районе литоральной отмели, в губу впадают два ручья, через которые, в основном, разгружается пресноводный сток водосборной территории.

Приливоотливные течения в губе слабые. Максимальная скорость приливных течений отмечена в западном проливе. Она достигает 0.5 узла (около 1 км/ч). Приливный режим полусуточный. Разница между высотами полной и малой воды в сизигии достигает 4–4.2 м, а в квадратуре – 2 м (Воронков и др., 1948; данные ММБИ). Возникающие приливоотливные течения обеспечивают регулярную сменяемость большей части объема вод в губе, вследствие чего трансформация вод под воздействием местных факторов мала.

Течения в губе не имеют четкой постоянной схемы, они складываются под влиянием приливоотливных колебаний уровня, и конфигурации берегов и дна. Система течений распадается на ряд локальных круговоротов. В западной части губы на приливе образуется антициклонический круговорот, соответствующий конфигурации впадины донного рельефа. В восточной части губы образуется круговорот циклонической направленности, который связан с впадиной у восточной окраины губы. Вдоль линии островов с внутренней стороны губы образуется несколько мелких вихрей связанных с дифракционным эффектом приливного потока. Скорость течений изменчива. Суточные изменения скорости укладываются в диапазон 4.5–17 см/с (0.1–0.33 узла). Среднесуточная скорость варьирует от 8.3 до 10.7 см/с (0.16–0.21 узла). Снижение скорости в нижних горизонтах по сравнению с лежащими выше незначительно.

Температурный и соленостный режим вод в губе Дальнезеленецкая определяется характеристиками вод Мурманского прибрежного течения (Ильин и др., 1978), поступающих в губу, а также влиянием атмосферного прогрева или выхолаживания. Сезонные изменения температуры воды описываются интервалом значений от –1.9 до 13 °С. Однако в последнее десятилетие (2002–2012 гг.) температура воды ниже –1.6 °С не опускалась. Средняя годовая температура в верхних слоях воды составляет 4.8 °С.

В поверхностном слое вод соленость подвержена воздействию берегового стока, атмосферных осадков и меняется в зависимости от их интенсивности. В маловодный период года соленость во всем слое варьирует от 34 до 34.4 ‰, а эпизодически может повышаться до 35.2 ‰. Такие повышения характерны, как правило, для холодных месяцев и связаны с осолонением при замерзании верхнего слоя воды. В теплые влагообильные месяцы – с мая

по август – соленость в тонком верхнем слое испытывает значительные кратковременные изменения, вызванные атмосферными осадками на акваторию губы. Динамика изменений в этот период характеризуется множественными пиками резкого кратковременного снижения до 30–32 ‰. В июне–июле она может понижаться до 20–24 ‰.

Таким образом, губа Дальнезеленецкая представляет собой участок морского водоема закрытого типа, защищенный от ветрового и волнового воздействия со стороны открытого моря. Губа имеет хороший водообмен с открытым морем через два пролива в режиме полусуточных приливоотливных течений, что обеспечивает быструю сменяемость воды и сходство термохалинных характеристик воды в губе и в прилегающей акватории открытого моря. Воды в губе Дальнезеленецкая характеризуются хорошей вертикальной перемешанностью и выраженной сезонностью изменений термохалинных характеристик в результате конвекции.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ПТИЦАМИ И МОРСКИМИ МЛЕКОПИТАЮЩИМИ В ОБСКОЙ И ТАЗОВСКОЙ ГУБАХ В ПОЗДНЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2014 г.

Д.Г.Ишкулов, Ю.И.Горяев

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Северная часть Обской губы Карского моря с прилежащей к ней Тазовской губой – район перспективных месторождений углеводородов, требующий периодического мониторинга состояния морской среды. Исследования прошлых лет касались почти исключительно авифауны прилежащих к акватории губ тундр; ясное же представление о сезонной динамике и количественной представленности различных видов птиц и морских млекопитающих на акватории обоих водоемов (как потенциально опасной в случае аварийных ситуаций области) до сих пор отсутствует.

В настоящем сообщении приведены результаты позднелетних наблюдений в период предшествующий началу осенней миграции морских и околководных птиц. В отношении морских млекопитающих данный период соответствовал летнему нагулу.

Наблюдения и трансектные учеты птиц и морских млекопитающих на акватории проводились 9–27 августа 2014 г. Для учета птиц использовалась стандартная методика трансектного учета (Gould, Forsell, 1989). Всего выполнено 302 км трансект, учетная площадь которых для птиц и ластоногих составила 231 км². Попутные осмотры акватории проводились также во время гидрологических и бентосных станций и переходов между ними. Условия для наблюдений были благоприятными: хорошая видимость при волнении около 0.5–2 балла.

На Ямале в точках мыс Каменный (68°27' с. ш. 73°35' в. д.), устье р. Сеяха (70°09' с. ш. 72°26' в. д.) и севернее пос. Новый Порт (67°53' с. ш. 73°09' в. д.) 9, 24 и 27 августа выполнены кратковременные (1–1.5 ч) экскурсии в тундру.

Непосредственно на акватории или на пролете над акваторией было отмечено 11 видов, принадлежащие к отрядам: гагарообразные (чернозобая гагара *Gavia arctica*), гусеобразные (морянка *Clangula hyemalis*, синьга *Melanitta nigra*, турпан *Melanitta fusca*), ржанкообразные (подотряда кулики – турухтан *Philomachus pugnax*, чернозобик *Calidris alpina*). К куликам рода *Calidris* относилась, вероятно, часть неопределенных до вида птиц, среди которых, возможно, были кулик-воробей *Calidris minuta*, белохвостый песочник *Calidris temminckii*, краснозобик *Calidris ferruginea*, песчанка *Calidris alba*), ржанкообразные подотряда чайки (средний поморник *Stercorarius pomarinus*, длиннохвостый поморник *Stercorarius longicaudus*, западносибирская серебристая чайка *Larus heuglini*, бургомистр *Larus hyperboreus*, полярная крачка *Sterna paradisaea*).

Пролетающими над акваторией отмечались также гуси гуменники, в норме не сажающиеся на акваторию, которые, однако, могут использовать для временных стоянок литораль и приустьевые участки рек.

Виды, также использующие акваторию, но на период экспедиции отмеченные в тундре (пойменные озера) относились к гусеобразным (лебедь-кликун *Cygnus cygnus*, шилохвость *Anas acuta*, свиязь *Anas penelope*, морская чернеть *Aythya marila*, луток *Mergus albellus*, длинноносый крохаль *Mergus serrator*) и куликам (фифи *Tringa glareola*, турухтан *Philotachus pugnax*, круглоносый плавунчик *Phalaropus lobatus*, бекас *Gallinago gallinago*).

Наиболее массовыми видами на акватории оказались западносибирская серебристая чайка (28 %) и турухтан (59 %). Плотность их распределения в среднем 0.3 и 0.6 экз/км² соответственно. Прочие виды были гораздо малочисленнее – 0.01–0.03 экз/км².

На озерах в прибрежной тундре массовым видом была чернозобая гагара. Она отмечена на большинстве озер (в том числе с выводками) и постоянно в полете. На озерах птицы встречалась гораздо чаще, чем на прилегающей морской акватории, которую гагары, по-видимому, мало используют как кормовой биотоп. Признаков осеннего пролета мы не наблюдали.

Второй по количеству вид птиц в тундре – западносибирская серебристая чайка, повсеместно небольшими группами наблюдавшаяся на берегах озер или на морском берегу.

Довольно многочисленными на большинстве озер были синьга (одиночно или с нелетающими выводками) и морянка (одиночно или группами до 50 особей, а также с нелетающими выводками). К обычным немногочисленным видам, по данным наблюдений, можно отнести шилохвость (однако по сведениям местных жителей, шилохвость – массовый вид на осеннем пролете), морскую чернеть, встречавшуюся с нелетающими выводками. Изредка отмечали одиночных особей лутка и длинноносого крохалья.

Все зарегистрированные в тундре кулики (фифи, круглоносый плавунчик, бекас) были очень малочисленны. В зоне литорали отмечены турухтаны, небольшими стайками летящие вдоль берега, а также белохвостые песочники и чернозобики, кормившиеся в небольших стайках (до 10 особей) на морских песчаных отмелях. Последние два вида, вероятно, и составляли небольшие скопления куликов рода *Calidris*, в идентификации которых мы сомневались, на учетных трансектах акватории.

Фауна морских млекопитающих Обской и Тазовской губ была представлена отрядом ластоногих (кольчатая нерпа *Phoca hispida* и морской заяц *Erignathus barbatus*). Нерпа неоднократно попадала в учет на трансектах (0.01 экз/км²), а также во время стоянок на якорь, морской заяц был более редок и лишь 1 раз отмечен во время стоянки.

Зарегистрированные нами показатели обилия морских и околоводных птиц соответствуют, по-видимому, периоду, когда массовый пролет гусеобразных и гагар еще не начался (судя по частым встречам птиц с нелетными выводками), а значительная часть куликов уже покинула тундру. Из перечисленных видов, которые могут иметь потенциальный контакт с водой и, следовательно, загрязняющими веществами, были отмечены чернозобая гагара, западносибирская серебристая чайка, бургомистр, полярная крачка, синьга, турпан, морянка, средний и короткохвостый поморники. Плотность распределения перечисленных видов на акватории в период проведения экспедиции была очень низкой, что позволяет предположить их незначительную уязвимость (для популяции в целом) от загрязнения в случае аварийной ситуации.

Для более полного и качественного описания состояния окружающей среды района Обской и Тазовской губ целесообразно проведение исследований окружающей среды в более широком диапазоне (август–сентябрь) и с большим объемом времени наблюдений на трансектах как в центральной, так и прибрежной зоне.

30 ЛЕТ ИССЛЕДОВАНИЙ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ММБИ

Н.Н.Кавцевич, И.А.Ерохина

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Лаборатория морских млекопитающих основана по постановлению Президиума Кольского филиала АН СССР от 30 августа 1984 г. Были определены основные научные направления работы лаборатории: разработка требований к комплексам технических средств и методам длительного содержания и жизнеобеспечения морских млекопитающих в условиях марикультуры на Мурмане; исследование морфологии, физиологии и особенностей поведения морских млекопитающих; изучение возможностей использования поведенческих и физиологических особенностей морских млекопитающих в интересах народного хозяйства.

Деятельность лаборатории осуществляется на основе комплексного подхода к изучению животных, который обеспечивается применением различных методов исследования, позволяющих охарактеризовать разные уровни организации живого – от молекулярно-клеточного до популяционного. Сформированы отдельные блоки исследований: фаунистические, экспериментальные и прикладные.

В блоке фаунистических исследований можно выделить следующие направления деятельности: 1) изучение современного распределения и численности китообразных и ластоногих в арктических морях и 2) изучение биологии и экологии отдельных видов ластоногих, представляющих особый интерес в связи с их статусом. В частности, объектами исследования являются так называемые ключевые виды – гренландский тюлень и кольчатая нерпа, а также редкие и охраняемые – серый и обыкновенный тюлени, белый медведь.

Благодаря исследованиям ММБИ в настоящее время мы располагаем современной информацией о биологии и экологии мурманского серого тюленя, обитающего на периферии ареала восточно-атлантической популяции этого вида (Кондаков, 1998, 1999).

Среди важнейших достижений коллектива лаборатории можно отметить создание обобщающих трудов, посвященных гренландскому тюленю (Мишин и др., 2001), кольчатой нерпе (Огнетов и др., 2003; Светочева, Светочев, 2010), белухе (Матишов, Огнетов, 2006). Одним из важнейших результатов экспедиционных териологических исследований по трассе Севморпути является уточнение границ географического распространения тюленя-хохлача (Воронцов, 2002). Результаты наблюдений за белыми медведями по трассе с борта атомных ледоколов и теплоходов представлены в монографиях (Матишов и др., 2000, 2013). Получены новые данные о распространении, миграциях, численности и питании морских млекопитающих в Баренцевом, Белом и Карском морях (Светочев, Светочева, 2007, 2014 и др.). Впервые с помощью датчиков спутниковой телеметрии (ДСТ) исследованы миграции детенышей гренландского тюленя первого года жизни (Светочев, Кавцевич, 2011; Светочев, 2013). Датчики спутниковой телеметрии применены также в исследованиях кольчатой нерпы и серого тюленя (Светочев и др., 2010) и морского зайца.

Сотрудники лаборатории морских млекопитающих ММБИ приняли участие в написании Красной книги Мурманской области (2003, 2014), подготовив очерки о редких видах ластоногих и белом медведе.

В результате исследований арктических тюленей в естественной среде обитания животных и содержания в неволе накоплен обширный материал, характеризующий физиологический статус ряда видов ластоногих в норме и при воздействии различных факторов среды (Кавцевич и др., 1992; Кавцевич, Ерохина, 1996; Ерохина, Кавцевич, 1998; Ерохина, 1999, 2002, 2003; Кавцевич и др., 2007; Ерохина, Кавцевич, 2011; Кавцевич, 2011; Мин-

зюк, Кавцевич, 2013, 2014; Минзюк и др., 2014 и др.). В настоящее время можно говорить о формировании новых направлений в исследованиях арктических животных – экологической биохимии и гематологической цитохимии морских млекопитающих.

В Институте изучаются вопросы участия сенсорных систем в формировании поведенческих программ у ластоногих. Показано, что при содержании в неволе и обучении у тюленей вырабатывается прочная “установка на обучение” с использованием раздражителей определенного типа и “комплексного раздражителя”, главным элементом которого является экспериментатор (Михайлюк, Кавцевич, 2002). Результаты экспериментов по выработке дифференцировочных двигательных условных рефлексов у представителей семейства настоящие тюлени на зрительные и слуховые раздражители свидетельствуют о значительной роли накопленного опыта животных и направленности их внимания при формировании реакций на зрительные и слуховые раздражители, а также о высоком уровне обобщения как важнейшей предпосылки рассудочной деятельности (Трошичев, Кавцевич, 2002; Березина, Кавцевич, 2005; Кавцевич, Березина, 2007, 2011). Особенности поведения морских млекопитающих в неволе исследуются также с помощью составления этограмм (Зими́на, Мишин, 2003а) и регистрации стереотипных двигательных актов (Кавцевич и др., 2007; Ненашева-Желудкова, 2014).

При изучении кардиореспираторной системы у гренландских и серых тюленей выявлены индивидуальные черты сердечной деятельности в зависимости от возраста, интенсивности физической нагрузки, состояния здоровья и факторов, вызывающих изменения эмоционально-психического состояния животных. Разработана методика отведения биопотенциалов сердца у гренландского тюленя в полевых условиях (Матишов и др., 2004; Муравейко, Гладких, 2005). Дыхательный цикл у различных видов тюленей, содержащихся в океанариуме ММБИ (гренландский и серый тюлени, кольчатая нерпа, морской заяц) имеет сходный характер и отличается меньшей продолжительностью дыхательной паузы, чем у вновь отловленных диких взрослых животных (Мишин и др., 1988; Мишин, 2001; Зими́на, Мишин, 2003). В настоящее время в физиологических исследованиях морских млекопитающих отмечается активное внедрение современных технологий, которые позволяют регистрировать комплекс физиологических и поведенческих реакций животных как в условиях вольерного содержания, так и на открытой воде. Так, для оценки и контроля физиологических и функциональных параметров ластоногих применяется автономный программно-аппаратный комплекс (Войнов и др., 2005, 2008; Кавцевич и др., 2007).

Результаты первых опытов по исследованию в ММБИ белух, кольчатой нерпы, морского зайца, серых и гренландских тюленей, дальневосточных сивучей позволили сформулировать основные принципы для обеспечения длительного содержания в неволе, обучения и служебного использования этих животных (Мишин и др., 1987; Федоров, Деревщиков, 1989). Начальный срок обучения ластоногих практическим навыкам длится около года (Мишин, 1991), период их служебной деятельности может продолжаться 15–20 лет. В результате проведенных исследований доказано, что аборигенные виды ластоногих по потенциальным возможностям перспективны для проведения многоцелевых служебных работ (Мишин, 1991; Мишин, Матишов, 2000; Матишов и др., 2007, 2010). Арктические тюлени эффективны в составе биотехнических систем контроля подводной обстановки (Мишин, Матишов, 2000; Матишов, Кавцевич, 2005; Матишов и др., 2007; Кавцевич, Березина, 2010), не уступая дельфинам теплых морей по возможностям выработки навыков, необходимых для проведения различных работ в море. В настоящее время продолжается обучение тюленей выполнению служебных задач в комплексе с подводными пловцами, подводными и надводными техническими средствами различных типов. При этом главное внимание уделяется стабильности работы животных, точности выполнения задач.

Таким образом, накопленный в ММБИ опыт позволяет продолжить экологические, эколого-физиологические и этологические исследования, успешно решая как фундаментальные, так и прикладные задачи в познании уникальной и до сих пор еще малоизученной группы животных – морских млекопитающих.

“ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ПЕРЕКРЕСТ” ЛЕЙКОЦИТАРНОЙ ФОРМУЛЫ И ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ КРОВИ ТЮЛЕНЕЙ

Н.Н.Кавцевич, И.А.Ерохина, Т.В.Минзюк
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

После рождения в кроветворной системе млекопитающих происходят существенные перестройки, обусловленные ростом и развитием организма, влиянием внешних факторов, сменой типа питания. В период эмбрионального развития кроветворение осуществляется в печени, селезенке, костном мозге. Впоследствии пролиферация и дифференцировка стволовых клеток осуществляются, главным образом, в костном мозге. Становление костномозгового кроветворения продолжается и после рождения. При этом новые для организма новорожденного антигены оказывают стимулирующее воздействие на кроветворную систему. Клеточный состав крови в различные периоды постнатального онтогенеза отражает описанные процессы. К возрастным особенностям состава крови относится уравнивание в определенные периоды количества лимфоцитов и нейтрофилов или “физиологический перекрест”. Это явление известно у наземных млекопитающих различных видов и птиц, но детально исследовано лишь у человека.

Не вызывает сомнения, что общие закономерности развития систем организма наземных млекопитающих свойственны и морским млекопитающим. Однако их проявление у этих животных может иметь существенные особенности, в частности, в ходе развития системы крови. Для выявления таких особенностей нами исследован клеточный состав крови гренландских и серых тюленей и тюленей-хохлачей разного возраста.

В составе крови гренландских тюленей, как и у многих видов наземных млекопитающих, включая представителей отряда хищных, филогенетически наиболее близких к настоящим тюленям, преобладают нейтрофилы. Кровь большинства щенков (87 %) содержит “юные” нейтрофилы, метамиелоциты. У взрослых животных такие клетки мы обнаружили только в двух случаях из десяти (по 0.5 %), у серок-мигрантов – также только в двух случаях (1 и 0.5 %). В крови серок 1–1.5-месячного возраста, истощенных “заморышей” и бельков доля юных нейтрофилов составила, соответственно, 1.1 ± 0.1 , 1.9 ± 0.4 и 2.6 ± 0.3 % от числа нейтрофилов при диапазоне колебаний $0 \div 18$ %. Причем различия между первыми и последними статистически достоверны ($p < 0.01$). По данным литературы, низкодифференцированные гранулоциты у щенков гренландских тюленей появляются в заметном количестве (2–10 %) лишь после 3 мес. содержания в неволе. После рождения состав крови детенышей наземных млекопитающих претерпевает существенные изменения, связанные со становлением костномозгового кроветворения. В первые дни и недели жизни в крови присутствуют низкодифференцированные лейкоциты. Это, в частности, метамиелоциты, предшественники дифференцированных гранулоцитов, и даже миелоциты – клетки, способные к пролиферации в кроветворных органах. У одномесечных новорожденных человека метамиелоциты не выявляются, хотя биологический возраст людей в этот период онтогенеза меньше, чем детенышей тюленей. Тюлени в возрасте 1–1.5 мес. уже завершили молочное вскармливание и приступают к самостоятельному питанию, в то время как у человека лактация только начинается.

Согласно полученным данным, возрастные изменения в составе лейкоцитарной формулы крови у хохлача, серого и гренландского тюленей подчинены ряду общих закономерностей. Так, высокое содержание нейтрофилов в крови новорожденных сменяется уменьшением его в первые дни или месяцы жизни и нарастанием их числа в более позднем возрасте. Для новорожденных и взрослых тюленей хохлача характерен нейтрофильный профиль крови. После завершения молочного вскармливания происходит уменьшение относительного числа сегментоядерных нейтрофилов и повышение – лимфоцитов, т. е. “физиологический перекрест” лейкоцитарной формулы крови. Впервые у морских млекопитающих это явление отмечено нами у “бельков” гренландского тюленя, т. е. детенышей, питающихся молоком матери (Кавцевич, 2001). Сроки наступления физиологического перекреста у других видов млекопитающих с разной продолжительностью жизни и особенностями онтогенеза могут различаться. У серых тюленей он происходит в возрасте 1–1.5 мес. (т. е. после завершения молочного питания). Щенки же гренландского после завершения молочного кормления и ювенильной линьки уже имеют нейтрофильный профиль крови. Высокий уровень сегментоядерных нейтрофилов в первые дни и месяцы жизни обусловлен поступлением с молоком матери гормонов и рассматривается как приспособление, обеспечивающее неспецифическую защиту организма от инфекций в раннем онтогенезе. Повышение же относительного числа лимфоцитов связывают с интенсивной пролиферацией лимфоидных клеток развивающейся системы специфического иммунитета.

Исследование клеточного состава периферической крови щенков тюленя-хохлача, завершивших молочное вскармливание, но еще не питающихся самостоятельно рыбой, выявило ряд особенностей. Присутствие в крови значительного числа низкодифференцированных клеток (нормоцитов, метамиелоцитов, палочкоядерных нейтрофилов), более поздние сроки наступления физиологического перекреста (по сравнению с гренландскими тюленями), высокое содержание эозинофилов, низкий процент больших гранулярных лимфоцитов, высокая активность организаторов ядрышка свидетельствуют о незавершенности процессов формирования кроветворной системы щенков хохлача в периоде онтогенеза, предшествующем началу их самостоятельного питания морскими организмами.

Нами высказано предположение о том, что период становления костномозгового кроветворения у детенышей тюленей занимает относительно большую часть постнатального онтогенеза, чем у наземных млекопитающих. Это, вероятно, обусловлено меньшим количеством костного мозга у ластоногих и мелких китообразных, обладающих в связи с водным образом жизни более легким скелетом, чем наземные животные таких же размеров. Результаты настоящей работы свидетельствуют в пользу этого предположения.

РАЗРАБОТКА КАРТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УЯЗВИМОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ И МОРСКИХ ЗОН АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ ОТ НЕФТИ НА ПРИМЕРЕ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

О.П.Калинка, А.Н.Карнатов, П.С.Ващенко

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Проблемы, связанные с ликвидацией разливов нефти (ЛРН) в морских условиях, многоплановы и обширны (Патин, 2001, 2008; Мансуров и др., 2004; Техника ..., 2008; Oilspill ..., 2011). При подобных операциях важны карты экологической уязвимости прибрежных и морских акваторий от нефти. “Применение карт экологически уязвимых зон простирается от планирования практических мер по защите конкретного участка берега и его очистке до стратегического планирования для обширных отдаленных районов” (ИМО, ИРЕСА ..., 1996). В данном направлении разработаны различные методики построения

таких карт (ИМО, ИРЕСА, OGP ..., 2012; SFT ..., 2004; Новиков, 2006; Offringa, Lahr, 2007; Блиновская, 2010; Погребов, 2010; Шавыкин, Ильин, 2010; WWF ..., 2012; и др.). Для российских арктических морей подобные карты практически отсутствуют. Они редко включаются в планы ЛРН российских компаний, занимающихся разработкой месторождений, транспортировкой нефти, а также в планы Морспасслужбы Росморречфлота. Одна из основных причин этого – отсутствие в России нормативных требований включения карт экологической уязвимости в планы ЛРН и утвержденной методики построения таких карт.

Цель настоящей работы – на основе методики, разработанной в ММБИ, построить разномасштабные сезонные карты уязвимости основной части Кольского залива от нефти, выявить наиболее уязвимые сезоны и участки залива от нефти.

Методика построения карт. Учитываемые объекты: важные компоненты биоты (ВКБ), особо значимые объекты (ОЗО), природоохранные территории (ПОТ). Последние в нашем случае не учитывались, так как в заливе они отсутствуют. Масштаб всех карт (А3) – 1:150000 для залива и 1:25000 для отдельных его районов. С учетом деления года на сезоны, карты распределения ВКБ (макрофиты; зообентос: макро- и мегабентос – мобильный и немобильный; орнитофауна: “парители”, “ныряющие” и “околоводные”) были построены для пяти сезонов: зимы (XI–I), ранней весны (II–III), весны (IV–VI), лета (VII–VIII), осени (IX–X). Все карты ВКБ нормировались на среднегодовое обилие соответствующей группы биоты в картографируемом районе для перехода к одним единицам измерения (доли компонента от среднегодового обилия группы, приходящейся на единицу площади). Карты ОЗО включают расположение портовых сооружений, устьев нерестовых рек, районов размножения крабов.

Коэффициенты уязвимости ВКБ (V_b) для каждой группы/подгруппы/вида биоты от нефти вычисляли по формуле $V_b = S \times E/R$ (Offringa, Lahr, 2007), где S – чувствительность биоты; E – потенциальное воздействие на нее нефти; R – способность биоты к восстановлению. Наибольшие значения V_b имеет подгруппа “ныряющие” птицы ($V_b = 17.5$), наименьшие – группа макрофиты ($V_b = 1.0$). Учитывалось, что если в районе присутствуют краснокнижные виды, то их значения V_b удваивались. Значения коэффициентов приоритетной защиты ОЗО (V_c) устанавливали экспертно в зависимости от их значимости для экосистемы и человека. С учетом принятых коэффициентов V_b и V_c рассчитывали карты уязвимости ВКБ и ОЗО, которые нормировали на соответствующие максимальные значения за сезон (для карт “относительной” уязвимости) или на максимальные за год (для карт “абсолютной” уязвимости). Путем “сложения” карт уязвимости ВКБ и ОЗО (с дополнительными коэффициентами 3 для ВКБ и 1 для ОЗО) построены карты “относительной” и “абсолютной” интегральной уязвимости. Полученные значения интегральной уязвимости делили на 3 равных поддиапазона: в первом случае диапазон минимальных и максимальных значений – в пределах сезона (карты показывают уязвимость участков в конкретный сезон), во втором – диапазон для всего года (сезонные карты показывают уязвимость участков по отношению ко всему году).

Тактические карты “относительной” интегральной уязвимости (масштаб 1:150000). Можно выделить наиболее уязвимые участки (ранг 3) всего залива по сезонам.

Зима – районы севернее и южнее устья р. Лавны, западная акватория губы Грязная, прибрежный участок от губы Питькова до мыса Лас, бухта напротив о. Брандвахта, узкая полоса акватории от губы Средняя до губы Тюва и небольшой участок в восточной части губы Тюва.

Ранняя весна – район акватории от пос. Ретинское до бухты напротив о. Брандвахта (с наиболее широкими участками в районе губы Питькова), полоса от мыса Сальный вдоль всего берега до выхода из залива (исключая губы и входы в них), небольшие участки в Кувшинской Салме и вблизи южной и западной частей о. Торос.

Весна – участок акватории от нового моста в южной части залива до мыса Притыка, губа Питькова и на север до бухты напротив о. Брандвахта, небольшие участки в Кувшинской Салме и вблизи южной и западной частей о. Торос, восточное побережье залива от губы Средняя (включая губу) до выхода из Кольского залива.

Лето – вся акватория от устьев рек Тулома и Кола до мыса Притыка, район акватории от пос. Ретинское до бухты напротив о. Брандвахта, от мыса Чирковый вдоль берега до входа в губу Тюва (включая участки губы).

Осень – два небольших как по площади, так и по протяженности участка – район от губы Питькова до мыса Лас, районы на север и юг от губы Тюва. В целом можно сказать, что большая часть акватории залива, особенно глубоководная, мало уязвима от воздействия нефти.

Тактические карты “абсолютной” интегральной уязвимости (масштаб 1:150000) дают представление об уязвимости акватории в течение всего года и позволяют выделить наиболее и наименее уязвимые сезоны с точки зрения воздействия нефти на конкретные участки или акваторию залива в целом за год. Они также позволяют сравнить участки по их уязвимости от сезона к сезону. Наименее уязвима акватория залива в осенний период (по отношению к другим сезонам): почти вся учитываемая акватория (~ 99 %) имеет ранг уязвимости 1 и отсутствует ранг 3. Почти аналогичная ситуация для весны: примерно 95 % акватории имеет ранг 1 и только для одного небольшого участка – ранг 3. Зимой, ранней весной и летом акваторию залива можно оценить как примерно одинаковую по степени уязвимости, с тем лишь отличием, что в разные периоды года отдельные участки акватории будут более или менее уязвимы. Наиболее уязвимый участок во все сезоны – участок от губы Питькова до мыса Лас: зимой, ранней весной и летом – ранг уязвимости 3, а весной и осенью – 2. Сюда можно также отнести акваторию губы Средняя с рангом 2 во все сезоны, за исключением осени, когда она имеет ранг 1.

Объектные карты – карты более крупного масштаба (в нашем случае 1:25000), целесообразно строить для районов с наибольшей интегральной уязвимостью, определяемых по тактическим картам (масштаб 1:150000) либо для районов наиболее опасных в части риска разлива нефти. Это продиктовано тем, что на объектных картах выбранного района всегда будут присутствовать максимальные значения уязвимости, в то время как на тактических картах для этого района могут быть только минимальные значения интегральной уязвимости. Последнее обусловлено тем, что нормировка исходных данных на объектных картах проводится на значения обилия в границах этого конкретного района, а не всего залива в целом, как на тактических.

Основные нерешенные проблемы, связанные с методикой разработки карт уязвимости прибрежных и морских зон от нефти в Российской Федерации:

1) недостаточность исходной информации о распределении морской биоты – слабая изученность многих прибрежных и морских районов, в первую очередь – в Арктике;

2) отсутствие необходимых данных по уязвимости биоты от нефти, что требуется для оценок коэффициентов уязвимости;

3) некоторые вопросы построения карт уязвимости: стыковка соседних карт одного масштаба, генерализация карт.

Для использования карт уязвимости в практике ЛРН, в том числе в Арктике, требуется обсудить и утвердить на общероссийском уровне единую методику построения таких карт; провести исследования, необходимые для реализации такой методики в полном объеме; принять нормативные документы, предписывающие включение карт уязвимости в планы ЛРН и использование таких карт в операциях по ЛРН; разработать и реализовать программу построения по единой методике разномасштабных сезонных карт уязвимости прибрежных и морских зон арктических морей от нефти.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ РОССИЙСКИХ ОБЪЕКТОВ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

М.Н.Калыгин¹, В.В.Шарин²

¹Санкт Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

²Полярная морская геолого-разведочная экспедиция, г. Санкт-Петербург, Ломоносов, Россия

Последнее время отмечается интенсификация освоения Российской Федерацией территорий Арктики и Субарктики. Эти территории характеризуются с одной стороны сложными условиями для строительства, а с другой – воздействие человека на них вызывает сокращение или угнетение природной среды. Решение проблемы безопасности строительства и минимизации воздействия на окружающую среду является одной из задач инженерно-геоморфологических исследований.

В современном понимании инженерная геоморфология изучает рельеф и рельефообразующие процессы для оптимизации инженерно-хозяйственной деятельности человека. Целями ее, по мнению ряда ученых, представляется “исследование и оценка протекающих на земной поверхности процессов рельефообразования и форм рельефа с точки зрения поисков оптимального варианта размещения инженерно-строительных сооружений, обеспечения их рациональной и эффективной эксплуатации и защиты от разрушительных природных процессов” (Палиенко, 1978; Симонов, Кружалин, 1993).

В первое время инженерная геоморфология занималась изучением рельефа для нужд различных отраслей хозяйства, закономерностями проявления и сочетания современных геоморфологических процессов и их влияния на хозяйственную деятельность человека и мерами по борьбе с отдельными процессами (лавины, карст, сели, оползни и др.). Затем в инженерную геоморфологию вошел учет не только воздействия среды на объект (инженерное проектирование), но и воздействия объекта на среду. Данное высказывание звучит вполне в духе современных геоэкологических воззрений. В настоящее время происходит быстрое развитие инженерной геоморфологии как прикладного направления геоморфологии.

Разработка предпроектной документации и обоснований инвестиций в строительство регламентируется нормативными документами, требующими проведения инженерных изысканий. Инженерно-геоморфологические изыскания “отдельной строкой” не прописаны, но включены в качестве составных в инженерно-геологические, инженерно-экологические и даже инженерно-геодезические изыскания (СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения).

Арктические и субарктические территории Российской Федерации характеризуются достаточно сложными природными условиями, в связи с этим именно здесь приобретают особую актуальность инженерно-геоморфологические исследования в силу необходимости оценки условий для обеспечения безопасности строительства и эксплуатации объектов инфраструктуры, в том числе на основе дополнительной информации о рельефе и экзогенных процессах. Строительство и обустройство многочисленных объектов инфраструктуры на Российском Севере требует на предпроектной и проектной стадиях проведения инженерно-геоморфологических изысканий и картирования с построением карт опасных геологических процессов, геоморфологического риска и других.

Предварительные работы в этих направлениях проводились геологами ПМГРЭ в последние годы параллельно с геологическим доизучением ряда районов Шпицбергена, в районах законсервированных поселков Колсбей, Грумант и Пирамида,

Например, для пос. Грумант установлено, что одним из деструктивных процессов является солифлюкция. Солифлюкционное перемещение напрямую связано с переувлажне-

нием рыхлых масс грунта (поселок расположен на площадке абразионной морской террасы, покрытой щебенкой с суглинистым заполнителем). Интенсивности этого процесса способствует сезонная оттайка многолетнемерзлых пород, так как весна и лето на Шпицбергене длится не более 4 мес. С северо-востока поселок ограничен активным клифом высотой до 10 м. Оттайка, которую усиливает абразия, приводит к изменению глубины сезонного протаивания грунтов под зданиями и инженерными сооружениями Груманта.

Процессы криогенного растрескивания и пучения рыхлых грунтов приводят к просадке зданий. В пределах поселка отмечены многочисленные трещины преимущественно криогенного происхождения, причем некоторые из них расположены непосредственно под зданиями. Из-за просадки грунта и других факторов все здания в поселке находятся в разрушенном состоянии.

Основными рельефообразующими процессами, разрушающими инфраструктуру пос. Грумант, являются: 1) солифлюкция, 2) криогенное растрескивание, 3) абразия, 4) обваливание и осыпание (Шарин, Окунев, 2013).

В поселке Пирамида исследованиями группы гидрогеологов Шпицбергенской партии (Российские ..., 1998) установлено, что территория поселка находится в зоне сплошного распространения мерзлых пород с температурой до -4.7 °С. Мощность мерзлой зоны до 200 м.

Инженерно-геологические мерзлотные условия территории пос. Пирамида характеризуются большой пестротой как по разрезу, так и в плане. Все достаточно крупные строения поселка подвержены деформациям, обусловленным процессами пучения (набухание и усадка горных пород). По данным предшествующих исследований, а также работ геологов ПМГРЭ в 2002 и 2012–2013 гг. установлено, что территория рудника Пирамида характеризуется сложнейшими инженерно-геоморфологическими и гидрогеологическими условиями, которые определяются:

1) невыдержанностью распространения отдельных литологических разностей четвертичных образований как по простиранию, так и по разрезу, что ухудшает условия строительства в целом;

2) локальной подверженностью грунтов криогенному пучению;

3) интенсивным поверхностным стоком, уменьшить отрицательное влияние которого на состояние мерзлой зоны можно устройством новых водоотводных канав и очисткой действующих;

4) наличием селеопасных участков на южном склоне горы Пирамида, у подножия которой расположен одноименный поселок.

Приведенные выше процессы необходимо учитывать при анализе возможных сценариев восстановления или же строительства новых объектов на архипелаге Шпицберген.

Для успешного решения инженерно-геологических и инженерно-геоморфологических задач должен изучаться не только субаэральный, но и подводный береговой рельеф этой территории.

Проведение инженерно-геоморфологических исследований на предпроектной и проектной стадиях строительства объектов инфраструктуры позволяет оптимизировать инженерные изыскания и сократить расходы на дорогостоящие полевые работы. Это полностью соответствует требованиям строительных норм и правил и выполнимо на уровне современных методических представлений геоморфологической науки.

Природные особенности исследуемых территорий и, в частности, их литогенной основы в значительной мере определяют условия строительства и обуславливают многофакторность инженерно-геоморфологической оценки территории, т. е. учет геоморфологических, литологических, инженерно-геологических (в первую очередь, мерзлотных), гидрологических, геоботанических (наличие и степень развития растительного покрова) условий.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА *FUCUS VESICULOSUS* НА ЛИТОРАЛИ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

О.В.Канищева

Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия

Кольский залив – важнейшее звено в экосистеме Баренцева моря. Вместе с тем, это наиболее интенсивно эксплуатируемый участок Мурманского побережья, имеющий важное стратегическое и экономическое значение. В современных условиях Кольский залив привлекает повышенное внимание как возможный источник загрязнения Баренцева моря. Для оценки экологического состояния водоема наряду с гидрохимическими показателями могут использоваться и гидробиологические. В связи с этим исследования характеристик сообществ макрофитобентоса позволяют создать основу для прогнозирования состояния прибрежных экосистем Кольского залива. Макроводоросли в ответ на внешнее воздействие, включая загрязнение, реагируют морфофизиологическими и популяционными изменениями. Представитель бурых водорослей *Fucus vesiculosus* благодаря хорошо выраженной сезонной, возрастной, географической и экологической изменчивости привлекателен как модельный объект для изучения ответных реакций организмов и популяций на воздействие факторов среды.

Объектом исследования является *F. vesiculosus* – массовый широко распространенный вид, имеющий промысловое значение и доминирующий в сообществах литорали северных морей. Несмотря на большое число работ, посвященных биологии и экологии фукусовых водорослей, некоторые аспекты их жизнедеятельности, особенно в Арктическом регионе, остаются малоизученными.

Целью данной работы является исследование возрастной структуры фукусовых поселений на примере *F. vesiculosus*. Задачи настоящей работы – изучение показателей обилия разных возрастных групп *F. vesiculosus* на исследуемых участках Кольского залива в условиях антропогенного загрязнения и выявление изменений в возрастной структуре поселений, произошедших за 10 лет (1999 и 2009 гг.).

Материалом для данной работы послужили сборы фукусовых водорослей на литорали Кольского залива Баренцева моря. Для анализа состояния фитоценозов фукусовых водорослей было выбрано 3 участка: мыс Притыка, Абрам-мыс и бухта Белокаменная. Пробы отбирались в наиболее характерных местах обитания во время сизигийных отливов методом вертикальных трансект с использованием рамки площадью 0.25 м².

Исследования возрастной структуры *F. vesiculosus* в разных районах Кольского залива показали, что длинный возрастной ряд характерен для всех изученных поселений этого вида. Имеются лишь незначительные различия в общей продолжительности жизни между растениями из разных мест обитания. Так, например, на мысе Притыка встречены растения в возрасте до 11 лет, а в районе Абрам-мыса и бухты Белокаменная – до 13 лет. Наблюдения показывают, что растения в поселениях фукусовых в Кольском заливе могут достигать значительного возраста, приближаясь к максимальным значениям по длительности жизни, известным для данного вида. Характерной особенностью изученных сообществ является наличие всех возрастных групп, большого числа как молодых, так и зрелых, способных к размножению растений.

Средний возраст *F. vesiculosus* в поселениях выше в бухте Белокаменная и на Абрам-мысе, чем в куту залива у мыса Притыка. Эти различия были более существенными в 1999 г. и стали более сглаженными спустя 10 лет. В районе мыса Притыка в 1999 и 2009 гг. средний возраст растений в поселении составлял от 1 до 1.5 лет. В 1999 году максимальный средний возраст поселений *F. vesiculosus* был отмечен в районе Абрам-мыса и бухты Белокаменная – около 3 лет.

Выявлены существенные изменения в численности молодых растений в поселениях фукуса в 1999 и 2009 гг. Если в 1999 г. высокая численность молодых растений отмечается только в районе мыса Притыка, то в 2009 г. – также и на Абрам-мысе и в бухте Белокаменная. Численность ювенильных растений на мысе Притыка (в куту залива) составляла в 1999 и 2009 гг. 87 и 64 % соответственно. Доля ювенильных растений в поселениях вида на Абрам-мысе увеличилась с 22 (1999 г.) до 72 % (2009 г.), а в бухте Белокаменная – с 23 до 53 % соответственно. Увеличение доли молодых растений и их высокая численность свидетельствует об улучшении условий произрастания литоральных бурых водорослей в Кольском заливе. В целом, в изученных поселениях *F. vesiculosus* Кольского залива преобладали непополовозрелые особи (ювенильные) в возрасте 1–3 лет, в то время как зрелые (фертильные) составляли около 1/3 общего числа особей.

Масса растений, в том числе масса разных возрастных групп, является интегральным показателем состояния поселений макроводорослей, отражая весь комплекс условий произрастания. По биомассе в большинстве исследованных поселений преобладают растения средней возрастной группы – 4 до 6 лет (от 6 до 11 ветвлений). Единичные (или весьма немногочисленные) взрослые растения 8–13 лет могут достигать существенных размеров и массы, внося значительный вклад в биомассу поселений, что ярко проявилось в бухте Белокаменка.

Таким образом, исследования состояния сообществ *F. vesiculosus* показывают, что в настоящее время заросли данного вида водорослей встречаются вдоль литоральной зоны Кольского залива, где есть ненарушенный береговым строительством твердый субстрат. Изучение возрастной структуры поселений фукусовых на примере доминирующего вида *F. vesiculosus* показывает, что в центральной части Кольского залива в сообществах наблюдается длинный возрастной ряд (до 13 лет), присутствуют растения всех возрастных групп, но отмечается более высокая численность молодых растений. В районе г. Мурманска (Абрам-мыс) отдельные растения фукусов могут достигать значительного возраста, крупных размеров и массы. В районе мыса Притыка, по сравнению с менее загрязненными участками, зарегистрировано снижение биомассы (на фоне высокой численности молодых растений). Результаты, полученные в 1999 и 2009 гг., свидетельствуют о достаточной стабильности зарослей фукусов на литорали Кольского залива, наиболее подверженному антропогенному воздействию. В целом исследования показали высокую степень возрастной гетерогенности популяции *F. vesiculosus*, которая обеспечивает широкую толерантность и пациентность данного вида к факторам внешней среды на Мурманском побережье Баренцева моря.

БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ ПОЛЯРНЫХ ВИДОВ РЫБ

Л.И.Карамушко

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Количественные аспекты продукционных процессов – метаболизма, роста (который включает в себя и синтез белка), занимают центральное место в энергетике пойкилотермных организмов, обитающих в полярных областях Мирового океана. Потребление пищи играет главную роль при определении скоростей роста животных, но при поступлении пищи в организм процесс роста в значительной степени определяется эффективностью аккумуляции синтезируемых белков. Влияние температуры на эффективность синтеза белка, эффективность соматического роста полярных организмов исследовано недостаточно, есть данные для антарктических пойкилотермных видов (в основном беспозвоночных), а не исключено, что снижение скорости синтеза белка и повышение гидролиза белка и объясняет низкие скорости роста рыб в холодных условиях. Оценивая энергетический бюджет

организма в целом, экономия затрат на поддержание (низкий уровень базального метаболизма) дает возможность освободить энергию для роста. Такая экономия энергии максимальна при низких температурах в Арктике и в Антарктике (более высокая эффективность использования ассимилированной пищи на рост, оцениваемая по коэффициенту K_2).

Сравнительный анализ температурных зависимостей скорости энергетического обмена и годовых затрат энергии на рост у морских видов рыб различных широт показал, что отношение значений расходов энергии на рост и метаболизм (P/Q) находится в обратной зависимости от температуры, т. е. участие пластического обмена в общем энергетическом балансе уменьшается с увеличением температуры. Поскольку скорость метаболизма увеличивается быстрее с повышением температуры, следовательно и температурный коэффициент Вант-Гоффа Q_{10} будет различный: скорость метаболизма рыб изменяется в температурном диапазоне от -1 до 30 °C при Q_{10} равном 2.0, в то время как скорости общих затрат энергии на рост с повышением температуры увеличиваются медленнее ($Q_{10} = 1.3$). В результате чего и наблюдается более высокая эффективность роста рыб при низких температурах. Это можно объяснить особенностями энергетики синтеза белка: поскольку температура влияет на скорость роста рыб через влияние на регуляторные механизмы и эффективность аккумуляции синтезируемого белка, то низкие скорости аккумуляции белка при полярных температурах возможно и являются причиной низких скоростей роста. Более гибкая структура белков при низких температурах позволяет повысить их каталитическую эффективность и благодаря такой структуре требуется меньше энергии для конформационных изменений во время катализа (Hochachka, Somero, 2002). В целом синтез белка лежит в основе всех этапов роста и развития и является энергетически “дорогим” физиологическим процессом для живых организмов, поскольку составляет значительную долю бюджета энергии. У рыб на это приходится 11–49 % от общего объема энергетических расходов (Carter, Houlihan, 2001), причиной таких колебаний может быть влияние как биотических (систематическое положение вида, этап жизненного цикла, питание, гипоксия и др.), так и абиотических (температура, соленость, загрязняющие вещества и др.) факторов. Расчеты с использованием теоретических затрат энергии на синтез белка указывают на то, что у полярных видов рыб, по сравнению с умеренными и тропическими видами, значительная доля их метаболического бюджета аккумулируется на синтез белка. Необходимым условием жизни при температурах полярных вод для них является высокий уровень деградации белка (Fraser, Rogers, 2007), что в сочетании с низкими скоростями его синтеза приводит к низким темпам роста с более высокой эффективностью.

Таким образом, на основании экспериментальных данных и теоретических расчетов энергетических затрат на продукционные процессы у арктических и антарктических видов рыб нами установлено, что доля их метаболического бюджета, расходуемого на синтез белков, значительно больше, чем у рыб тропических и умеренных широт. Расчеты эффективности соматического роста и депонирования белка являются также одной из ключевых задач в области аквакультуры. Полученные функциональные связи между биоэнергетическими характеристиками арктических и бореальных видов рыб дают основание для получения количественных соотношений между потоками энергии в экосистемах Арктики.

ВИДОВОЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА ИХТИОПЛАНКТОНА БАРЕНЦЕВА, БЕЛОГО И КАРСКОГО МОРЕЙ

О.В.Карамушко

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Сбор и анализ данных по видовому составу и структуре ихтиопланктона является неотъемлемой частью исследований биологии, разнообразия и зоогеографии рыбной части сообществ Мирового океана.

Анализ экспедиционных (1993–2013 гг.) и литературных материалов (1921–2013 гг.), показал, что в ихтиопланктоне Баренцева моря встречаются икра и личинки 64 видов рыб, относящихся к 54 родам, 21 семейству, 10 отрядам и 1 классу. В Белом море отмечено 29 видов, представляющих 26 родов, 13 семейств, 7 отрядов, один класс, а в Карском – 19 видов, относящихся к 16 родам, 10 семействам, 7 отрядам, 1 классу. Некоторые виды представлены в уловах молодь, которая, при определенных условиях, может быть отнесена уже к nektonу (активно передвигающийся объект, а не свободно дрейфующий). Но учитывая, что ранняя молодь даже истинно донных видов рыб определенное время находится в фотическом слое прибрежных или открытых районов рассматриваемых морей, формально они могут быть отнесены к ихтиопланктону. В Баренцевом и Карском морях общее количество встречавшихся видов может быть больше, поскольку таксономическая принадлежность некоторых видов в таких семействах как Lotidae, Cottidae, Liparidae и Zoarcidae не может быть определена из-за отсутствия ключевых признаков, хотя воспроизводство видов в рассматриваемых районах достоверно установлено. Так, в Баренцевом море общее количество видов в ихтиопланктоне может достигать 90, а в Карском – 20 видов.

Доля рыб, для которых зафиксировано воспроизводство в Баренцевом, Белом и Карском морях, примерно одинакова и составляет, соответственно, 51.6, 47.6 и 49.5 % от общего количества видов, встречавшихся на данных акваториях. Относительное количество встречающихся в ихтиопланктоне видов от общего их количества, для которых установлен факт воспроизводства, составило в Баренцевом море 68.1 %, Белом – 74.4 %, Карском – 40.4 %. В целом, это показатель как изученности конкретных районов, так и специфического эффекта наличия видов, относящихся к указанным выше четырем семействам. Кроме того, личинки и ранняя молодь этих донных видов встречаются в ихтиопланктоне крайне редко, что указывает на постоянную их приуроченность к биотопу воспроизводства, а это не способствует появлению особей в верхних облавливаемых слоях водных масс.

В ихтиопланктоне Баренцева моря преобладают виды бореального комплекса (преимущественно бореальные, бореальные, южнобореальные) – 73.4 %, что определяется относительно высоким теплосодержанием вод и прежде всего в юго-западных районах. Такая же ситуация и в Белом море, но доля таких видов заметно ниже – 58.6 %. В Карском море в ихтиопланктоне большинство видов относится к арктическому комплексу (арктический, преимущественно арктический, арктобореальный) – 73.7 %, что также связано с соответствующим составом ихтиофауны, формирующейся под действием соответствующих условий среды.

В ихтиопланктоне Баренцева, Белого и Карского морей количество видов, относящихся к промысловым рыбам, составляет 40 (62.5 %), 13 (44.8 %) и 6 (31.6 %) соответственно.

Таким образом, можно констатировать, что разнообразие и структура ихтиопланктона зависит от количества и соотношения видов, относящихся к разным зоогеографическим группам, а также доли рыб, воспроизводство которых происходит в пелагиали. Данные могут быть использованы при оценке динамики численности популяций, обитающих в рассмотренных районах, а также при анализе влияния климатических изменений на распространение рыб, расчете экологических последствий разработки и эксплуатации различных ресурсов на шельфе арктических морей.

О МНОГОЛЕТНЕМ КОЛЕБАНИИ ЧИСЛЕННОСТИ НОРВЕЖСКОГО ЛЕММИНГА *LEMMUS LEMMUS* – ЭНДЕМИЧНОГО ВИДА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Г.Д.Катаев

Лапландский заповедник, г. Мончегорск, Россия

В России норвежский лемминг обитает только на Кольском полуострове, где его численность колеблется в значительных пределах. Вопрос о цикличности норвежского

лемминга – арктическом элементе фауны, достаточно актуален, поскольку касается количественного прогнозирования практически важного млекопитающего. В периоды подъемов численности вид встречается почти на всей территории Мурманской области. В Лапландском заповеднике прослежены годы массового размножения норвежских леммингов: 1929/30, 1933/34, 1937/38, 1941/42, 1945/46, 1958/59, 1969/70, 1977/78 и 1982/83. В последующие годы этих арктических грызунов здесь стали отмечать все реже: 1994, 1996, 1997, 1998, 2000, 2007, 2008 гг. На побережье Баренцева моря динамика численности норвежских леммингов прослежена с 1977 по 2000 гг. Леммингов изолированной популяции архипелага Семь островов в значительном количестве регистрировали в 1978, 1981, 1983, 1987, 1994, 1998, 2008 гг. В северных районах Норвегии пики численности лемминга наблюдались в следующие годы: 1929/30, 1933/34, 1937/38, 1940/41, 1944/45, 1948/49, 1959/60, 1969/70, 1977/78, 1984/85, 2002/03, 2007 (Ims, Fuglei, 2005). В Северной Финляндии массовые размножения леммингов происходили в 1929/30, 1933/34, 1937/38, 1940/41, 1945/46, 1959/60, 1969/70, 1973/74, 1982/83, 2001/02 гг. (Anderbjorn et al., 2001). После массового размножения леммингов в 1983 г. новое массовое их появление в регионе произошло в 2011 г., спустя 28 лет. С июля по октябрь вид отмечали на территории Кольского полуострова, за исключением его юго-западного, наиболее лесистого района. Высокая численность леммингов продержалась на значительном уровне до весны 2012 г. При последующем слежении за динамикой вида удалось отметить их единичное присутствие в 2014 г. в пределах территории Лапландского заповедника.

Видно почти полное совпадение периодов массового размножения норвежских леммингов именно для северных районов Скандинавии, севера Финской Лапландии и Лапландского заповедника, причем в континентальной части своего ареала норвежский лемминг дает всплески численности в 1.5 раза реже по сравнению с побережьем. На фоне многолетней динамики осенней численности наблюдаются четкие сезонные биоритмы у норвежских леммингов. Их адаптивное поведение на протяжении каждого популяционного цикла протекает сходным образом и направлено на рассредоточение популяции при максимальной плотности (150–160 особей/га). Сезонные перемещения леммингов происходят в конце второго года периода их массового размножения и это явление, обычно, предшествует краху их населения. Направленность миграций норвежских леммингов не обязательно совпадает по всему региону, и часто направление потоков грызунов формируют водные пространства и особенности горного ландшафта.

За 80-летний мониторинг пики численности леммингов отмечены 10 раз. Четырехлетние популяционные циклы продолжались с 1929 по 1945 гг. В дальнейшем ритмичный ход численности нарушился, массовые размножения грызунов стали фиксироваться с временными промежутками от 4 до 28 лет. На рубеже 1970–1980-х гг. произошел резкий сбой в движении численности этих животных. За последнее время подъемы численности леммингов становятся реже, в среднем каждые 8 лет. Таким образом, длительность депрессий в популяционных циклах леммингов с 1950-х гг. только увеличивалась. Многолетний мониторинг показал, что продолжительность фазы подъема численности вида сократилась с 2 до 1.5–1 года.

При анализе хода зимних температур воздуха были выявлены две тенденции: в сторону похолодания (1938–1982 гг.) и в сторону потепления (1983–2007 гг.) климата. Кроме этого, за последние 40 лет начало сезонного похолодания стало происходить в более ранние сроки, что сказывается на ассимиляционном процессе березы (Шутова и др., 2008). Одновременно с этим, за последние два десятилетия наблюдается снижение количества осадков в зимний период, становление снежного покрова в лесу стало происходить с запозданием. В верхних высотных поясах растительности глубина снега с годами убывает. Горно-тундровые биотопы являются для норвежских леммингов специфической средой обитания, поэтому на существование вида может влиять характер накопления и высота

снежного покрова. Специфические геосферные процессы Крайнего Севера могут опосредованно, через погодно-климатические и ресурсные факторы, оказывать влияние на биологические параметры млекопитающих, усиливая или ослабевая их протекание. Годы обилия норвежского лемминга чередуются с глубокими депрессиями их численности. В разных частях Фенноскандии и в разные периоды продолжительность между соседними пиками численности значительно варьирует. Причинами сбоев в многолетней динамике численности эндемичного грызуна может быть комплекс факторов, включающий региональные климатические изменения (Кашулин и др., 2004). Популяционные нарушения и изменения количественной структуры у рассматриваемого вида могут быть вызваны причинами глобального потепления климата (Ims, Fuglei, 2005).

Выявление единого планетарного экологического фактора, влияющего на ритмику биологической продуктивности северных экосистем возможно лишь с учетом его элементарных составляющих, включая антропогенные процессы. Многолетние мониторинговые исследования диких млекопитающих на охраняемых территориях позволяют дать не только количественную оценку их сообщества, но и обнаружить региональные вековые тенденции их развития и в частности цикличность.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГЭ НА ШЕЛЬФЕ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН

Т.А.Кириллова-Покровская

Морская арктическая геолого-разведочная экспедиция, г. Мурманск, Россия

С 1970-х годов Морская арктическая геолого-разведочная экспедиция (МАГЭ) проводит геолого-геофизические исследования на шельфе архипелага Шпицберген и прилегающей к нему части Норвежско-Гренландского глубоководного бассейна. Комплекс геофизических методов включает гравиметрические и гидромагнитные исследования, сейсмические работы МОВ ОГТ 2D, КМПВ, сейсмоакустическое профилирование и донное опробование.

С 1973 года МАГЭ приступила к гравимагнитным исследованиям Шпицбергенского шельфа. Работы носили систематический характер и включали отдельные профильные и площадные работы. В результате гидро- и аэромагнитной съемки масштабов 1:1000000 и 1:500000 были составлены схемы аномального магнитного поля, изогипс поверхности магнитоактивных горизонтов, тектонического районирования фундамента и сводные геомагнитные разрезы (Малявкин, 1976; Вербя, 1977; Журавлев, 1988). По результатам гравиметрической съемки были построены схема рельефа дна, схема локальных аномалий силы тяжести, схема основных морфоструктурных элементов (Иванова, 1989).

Первые сейсмические работы были выполнены в 1976 г. в Ван-Майен- и Ис-фьорде в модификации МОВ ЦЛ. В 1978 году в восточной части Шпицбергенского шельфа в проливе Ольги были проведены первые опытно-методические работы по методике ОГТ. В ходе этих работ был выявлен крупный антиклинальный объект, который специалисты МАГЭ назвали валом Соколова (Иванова, 1981). С этого времени МАГЭ перешла на выполнение сейсмических работ только в модификации ОГТ. Основной объем работ МОВ ОГТ был выполнен в 1979–1988 гг., в результате которых проведено тектоническое районирование Восточно-Шпицбергенского шельфа, уточнено строение PZ-MZ осадочного чехла, в прогибе Ольги выявлен вал Химкова и диапировые структуры, дана предварительная оценка перспектив нефтегазоносности выявленных локальных структур (Иванова, 1981, 1989; Мурзин, 1982).

В 1982–1984 годах параллельно с работами МОВТ МАГЭ проводила работы КМПВ. По результатам работ этих работ была определена глубина залегания кристаллического фундамента в южной части шельфа и порядка 11–14 км в прогибе Ольги (Бурбо, 1982; Мурзин, 1982; Нечхаев, 1983; Дергунов, 1984).

В 1984 году в северо-восточной части Шпицбергенского шельфа впервые сейсмические работы были проведены в комплексе с гравимагнитными (Иванова, 1986). Основной объем сейсмических работ МОГТ в комплексе с гравимагнитными пришелся на 1985–1988 гг. Этими работами впервые было изучено строение западной–северо-западной континентальной окраины Шпицбергенского шельфа и прилегающего к нему Норвежско-Гренландского глубоководного бассейна (Батурин, 1987; Иванова, 1989).

С 1985 года МАГЭ стала проводить работы МОГТ или гравиметрические и гидромагнитные исследования в комплексе с сейсмоакустическим профилированием и донным опробованием. В ходе работ была изучена верхняя часть разреза и рельеф кровли доплиоценовых отложений (Мурзин, 1982; Батурин, 1987; Иванова, 1989; Боровая, 1989). По результатам донного опробования составлены литологические разрезы по профилям, схемы распределения осадков, выполнен комплекс лабораторных исследований, состоящих из определений физико-механических свойств донных отложений. Проведены гранулометрический, минералогический, люминоцентно-битуминологический, спектральный, газохроматографический анализы. В пределах Восточно-Шпицбергенского шельфа на основе изучения распределения в донных осадках углеводородных газов и битумов установлены локальные аномалии метана и его гомологов, а также повышенные содержания углеводородов в целом. Анализ показателей предельности и сухости показал высокую вероятность глубинных источников углеводородов (Иванова, 1989).

В 1989–1991 годах МАГЭ продолжила региональные сейсмические работы МОГТ и НСАП в комплексе с гравимагнитными и геологическими исследованиями. Во время полевых работ 1991 г. была выполнена 101 геологическая станция на Южно-Шпицбергенском шельфе и прилегающей части Норвежско-Гренландского океанического бассейна. В результате комплексной интерпретации разносторонне охарактеризовано строение Южно-Шпицбергенского шельфа, западной окраины Баренцева моря и прилегающей части Норвежско-Гренландского глубоководного бассейна. Выделены три главные тектонические области, различающиеся типом земной коры: область древней платформы с палеозойскими комплексами на гетерогенном фундаменте, переходная область континент–океан (рифтогенная деструкция континентальной коры) и область океанической коры с кайнозойским осадочным бассейном. В платформенной области установлено продолжение на шельфе Шпицбергена ветви каледонид, которая маркируется прогибами, заполненными девонской молассой (Шкарубо, Иванова, 1993).

В 2002 году в ходе работ по теме “Глубинная структура и прогноз перспектив нефтегазоносности шельфа арх. Шпицберген” была впервые создана единая для всех методов пополняемая цифровая база данных в формате ГИС. В базе была собрана геолого-геофизическая информация, полученная МАГЭ в XX веке и результаты предшествующих ГРР сторонних российских и зарубежных организаций. В ходе тематических исследований было проанализировано и интерпретировано более 18000 пог. км профилей, подготовлены альбомы геолого-геофизических разрезов, в масштабе 1:2500000 построены карты физических полей, рельефа морского дна, структурно-тектонического районирования и перспектив нефтегазоносности (Федухина, Кириллова-Покровская, 2002).

В 2002–2007 годах МАГЭ продолжила работы по изучению осадочных бассейнов континентальной окраины архипелага Шпицберген на более высоком технологическом уровне. Набор методов при комплексных геофизических наблюдениях остался прежним – грави-, магнито- и сейсморазведка МОВ ОГТ, НСАП по опорным профилям МПВ ГСЗ, донное опробование. Изменилось качество самих наблюдений. Общим фактором прогресса всех перечисленных геофизических методов явилась цифровая регистрация данных, в отличие от аналоговой, применявшейся в XX веке. Цифровая регистрация данных позволила продвинуться и в области обработки и интерпретации. В этом направлении МАГЭ предприняла значительные финансовые и интеллектуальные усилия: были приобретены

современные обрабатывающие комплексы FOCUS и PROMAX, интерпретационные пакеты ИНПРЕС (ЦГЭ) и KINGDOM, обеспечивающие обработку и интерпретацию данных МОВ ОГТ; для обработки данных сейсмоакустики – пакет программ RadExPro (МГУ); для обработки потенциальных полей в МАГЭ были разработаны программы MAG и Grav, а для их интерпретации – пакет специальных программ (Васильева, 2004). Все перечисленные программные средства адаптированы в среду геоинформационной системы ArcView GIS (3.2). В результате региональных комплексных геолого-геофизических исследований (около 12 тыс. пог. км профилей) была составлена обобщенная модель геологического строения юго-западного сектора Шпицбергенского шельфа, проведена привязка отражающих сейсмических горизонтов к разрезу глубоководной скважины ODP 986, составлена схема районирования осадочного чехла, выявлены зоны и объекты потенциального нефтегазоаккумуляции и составлена карта перспектив нефтегазоносности (Федухина, Кириллова-Покровская, 2005; Черников, 2007; Федухина, Шлыкова, 2008).

30 тыс. пог. км профилей МОВ ОГТ 2D, отработанных НИС на Шпицбергенском шельфе и прилегающей к нему части Норвежско-Гренландского глубоководного бассейна (в том числе более 18 тыс. пог. км в XX веке и около 12 тыс. пог. км в XXI) входят в единую для всех методов базу данных, созданную в МАГЭ.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ БУРЫХ И КРАСНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ БАРЕНЦЕВА МОРЯ МЕТОДОМ ВЭЖХ

М.П.Клиндух

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Свободные аминокислоты вместе с белками являются основными азотсодержащими веществами в составе водорослей. Аминокислоты участвуют во всех жизненных процессах наряду с нуклеиновыми кислотами, белками, углеводами и липидами. Их роль в обмене веществ растительного организма чрезвычайно важна, а функции в клетке многочисленны и разнообразны. Также свободные аминокислоты принимают участие в защитных реакциях растений в ответ на неблагоприятные условия. Они входят в группы совместимых осмолитов, ферментативных антиоксидантов и криопротекторов.

Состав и содержание свободных аминокислот во многом зависят от вида водоросли, условий произрастания, сезона сбора растений, возраста растений, части таллома. Сведения о содержании свободных аминокислот в водорослях определяют их пищевую и лечебно-профилактическую ценность. Поэтому необходимо учитывать содержание данных веществ при планировании сборов водорослей и их дальнейшем использовании.

Состав и количественное содержание аминокислот в растительных объектах, а также в объектах животного происхождения в настоящее время определяют методом ионообменной хроматографии с применением аминокислотного анализатора или методом жидкостной хроматографии. При этом в зависимости от химического состава объекта исследования, от характеристик используемого оборудования требуется подбор условий пробоподготовки и проведения анализа.

Цель данной работы – разработать модифицированную методику измерения массовой доли аминокислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) для исследования свободных аминокислот в водорослях, изучить состав и содержание свободных аминокислот в бурых и красных водорослях Баренцева моря.

Материал для исследования был собран в весенний и летний период 2014 г. Бурые водоросли были собраны в бухте Оскара губы Дальнезеленецкая, а красные – в бухте Белокаменная Кольского залива Баренцева моря.

Объектом исследования послужили бурые водоросли *Fucus vesiculosus*, *F. distichus*, *F. serratus* и красные *Palmaria palmata*, *Phycodrys rubens*, *Odonthalia dentata*.

Пробоподготовка включала измельчение и предварительную обработку водорослей ацетоном для удаления пигментов. Для извлечения свободных аминокислот водоросли подвергали 3-кратной экстракции горячим 70 %-м этанолом. Полученный экстракт выпаривали, растворяли в дистиллированной воде и пропускали через колонку с катионитом КУ-2-8 для отделения смеси свободных аминокислот от остальных веществ в экстракте. Раствор с аминокислотами концентрировали, отбирали аликвоту и проводили реакцию модификации с применением фенилизотиоционата. При этом объем аликвоты зависел от содержания аминокислот в водорослях.

Определение аминокислот проводили на жидкостном хроматографе фирмы Shimadzu LC-20AD Prominence (Япония) с детектором на фотодиодной матрице Shimadzu SPD-M20A Prominence и хроматографической колонкой 250x4.6 мм Supelco C18, 5 мкм (США). Хроматографический анализ выполняли в градиентном режиме при скорости потока элюента 1.2 мл/мин и температуре термостата колонки 55–60 °С. В качестве подвижной фазы использовали растворы: 0.06 моль/л ацетата натрия с pH 5.5, 1 %-й раствор изопропилового спирта в ацетонитриле, 0.06 моль/л ацетата натрия с pH 4.05. Детектирование осуществляли при длине волны 254 нм. Для разделения пиков фенилтиокарбамильных производных аргенина и треонина, пролина и хлорида аммония были внесены изменения в программу градиентного элюирования. Определение содержания свободных аминокислот проводили в 4-кратной повторности.

Всего в исследуемых водорослях было определено 20 аминокислот, 8 из них относятся к незаменимым, поступление которых в организм человека необходимо для его нормального функционирования.

Среди исследуемых бурых водорослей *F. vesiculosus* содержал наибольшее суммарное количество свободных аминокислот (2.28 мг/г), а *F. distichus* – наименьшее (1.51 мг/г). Но по содержанию незаменимых аминокислот все исследуемые бурые водоросли отличаются друг от друга незначительно. В составе свободных аминокислот бурых водорослей преобладали аланин и глутаминовая кислота, а у *F. vesiculosus* также было высоким содержание аспарагиновой кислоты. У *F. vesiculosus* и *F. serratus* из незаменимых аминокислот в наибольшем количестве содержится фенилаланин и треонин, а у *F. distichus* – фенилаланин и метионин (в водорослях, произрастающих на Камчатском побережье, в составе свободных аминокислот также наиболее массовыми являются моноаминодикарбоновые кислоты и аланин).

Суммарное содержание свободных аминокислот в красных водорослях составило от 13.18 до 38.39 мг/г сухой массы водорослей. Наибольшим содержанием свободных аминокислот среди исследуемых красных водорослей характеризовалась *O. dentata*, а наименьшим – *Ph. rubens*. По содержанию суммы незаменимых аминокислот красные водоросли отличались между собой незначительно, но при этом в 2–4 раза превосходили по содержанию бурые водоросли. В составе свободных аминокислот красных водорослей преобладали аланин и пролин. У *O. dentata* также в большом количестве содержалась глутаминовая кислота, а у *P. palmata* – глутаминовая и аспарагиновая кислоты. Из незаменимых аминокислот, которые были определены в составе красных водорослей, у *P. palmata* в наибольшем количестве содержится валин, треонин и триптофан, у *Ph. rubens* – лейцин и треонин, а у *O. dentata* – треонин и фенилаланин.

Содержание свободного пролина у красных водорослей оказалось очень велико: 27.5 % у *P. palmata*, 83.3 % у *O. dentata* от общей суммы содержащихся свободных аминокислот. Подобное высокое содержание пролина характерно для некоторых видов красных водорослей.

Несмотря на высокое содержание свободных аминокислот в красных водорослях незаменимые аминокислоты составляют лишь незначительную часть от их общего количества. В бурых же водорослях наблюдается обратная тенденция: содержание свободных аминокислот ниже, чем в красных, но при этом незаменимые аминокислоты составляют до 24 % от общей суммы всех свободных аминокислот.

В результате проведенной работы была разработана модифицированная методика измерения массовой доли аминокислот методом ВЭЖХ для исследования свободных аминокислот в бурых и красных водорослях. Установлено, что содержание свободных и незаменимых аминокислот у красных видов водорослей выше, чем у бурых. Качественный состав свободных аминокислот у всех исследованных водорослей идентичный.

Высокое содержание аланина, глутаминовой и аспарагиновой кислот характерно как для исследованных бурых, так и для красных видов водорослей. *P. palmata*, *Ph. rubens* и *O. dentata* могут быть использованы в качестве источника свободного пролина.

Работа выполнена при поддержке Правительства Мурманской области и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-04-98807 р_север_a).

МИНИМАЛЬНАЯ ЧИСЛЕННОСТЬ СЕРЫХ ТЮЛЕНЕЙ (*HALICHOERUS GRYPUS FABRICIUS*, 1791) В РАЗМНОЖАЮЩИХСЯ КОЛОНИЯХ АЙНОВЫХ ОСТРОВОВ

А.А.Кондаков¹, Н.Н.Кавцевич², Е.П.Олейников¹

¹Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

²Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Плодотворное научное сотрудничество между ММБИ и Кандалакшским государственным природным заповедником, направленное на изучение размножающихся колоний серого (горбоносого) тюленя в Баренцевом море, началось в 1987 г. В 1990-е годы исследования в основном проводились в колониях, расположенных в районе Семиостровья (Восточный Мурман). Начиная с 2005 г. внимание исследователей уделяется серым тюленям, размножающимся в районе Айновых островов (Варангер-фьорд, Западный Мурман). Для оценки численности животных в колониях горбоносых тюленей следует проводить учетные работы и наблюдения во время их репродуктивного периода, в течение которого на субстрат (берега островов) выходят практически все половозрелые особи. Для получения репрезентативных данных о численности животных в колониях необходимо обладать следующей информацией: о времени начала размножения в каждой колонии, величине смертности щенков, численности новорожденных (как минимум – в первую половину сезона размножения).

Для получения этой информации необходимо проведение стационарных наблюдений в каждой колонии на протяжении ряда лет. Естественно, что проведение таких исследований без ущерба для животных возможны не во всякой колонии. Кроме этого, при их организации в зимний период возникают кадровые, материальные и транспортные затруднения.

В нашем случае было возможно соблюдение не всех этих условий. Но, имея знания об особенностях этой колонии, полученных в результате предыдущих исследований (Вишневская и др., 1987; Чемякин, Татаринкова, 1990; Кондаков, 1990, 1999; Кавцевич и др., 2007), мы имели основания провести соответствующую коррекцию данных и получить оценку минимальной численности приплода, рожденного в колонии в течение репродуктивного периода тюленей.

Смертность приплода в течение репродуктивного периода год от года меняется, а характер функционирования щенных залежек зависит от плотности животных на залеж-

ках, наличия или отсутствия снежного покрова. К тому же наблюдатели регистрируют не всех животных (здравствующих, сошедших в воду и погибших). По этим причинам возможно получение лишь ориентировочных данных о численности тюленей. Все поправочные коэффициенты, степень влияния различных факторов на колонии, возможно получить, как уже отмечалось, лишь при проведении стационарных исследований в ходе размножения на каждом из островов в течение ряда лет.

В марте 2011 г. на заседании NANNSCO был предложен экспресс-метод расчета численности приплода и общей численности животных в конкретной колонии. Поправка на смертность детенышей и тех тюленят, которые уже покинули остров в это время, составляет примерно 0.75. Для расчета продукции колонии и количества животных всех возрастных групп были использованы жизненные таблицы (Hewer, 1964; Harwood, Prime, 1978). На основании таблиц выживания различных возрастных классов можно определить численность популяции (колонии), если известна годовая продукция щенков. Для этого было предложено использование коэффициента 3.9, который наиболее приемлем и рекомендован для общего пользования (Hewer, 1964).

Таким образом, в соответствии с многолетними данными, пик численности щенков в колонии о. Большой Айнов приходится на конец ноября–начало декабря. Если учесть, что максимальная отмеченная численность щенков в 2005 г. составила 214 особей, то общая продукция за весь период размножения должна быть не менее 374 щенков, а общая численность колонии, включая животных всех возрастных групп, составит к концу периода размножения 1459 особей. В 2010 году максимальное количество наблюдаемых щенков составило 230 особей, в 2013 г. – 156 особей, что позволило рассчитать общую численность приплода и тюленей в колонии – 403 и 1572, 273 и 1065 особей соответственно.

Следует отметить, что эти расчетные данные демонстрируют минимальную численность животных в колонии о. Б. Айнов, так как участники экспедиции смогли высадиться на остров после наступления пика численности щенков, рожденных в данной колонии. Во второй половине сезона размножения численность взрослых и перелинявших новорожденных животных, присутствующих на острове, снижается валообразно и ежедневно. Отсутствие факторов беспокойства и незаконной добычи тюленей позволяет утверждать, что численность серых тюленей в колонии о. Б. Айнов не уменьшается.

Кроме того, на этом участке заповедника расположен о. Малый Айнов, на котором также происходит размножение тюленей. Вблизи от Айновых островов находится о. Большой Кий, не входящий в состав особо охраняемой природной территории. Острова редко посещаются исследователями, но на о. М. Айнов в 1994 г., в момент наступления пика численности животных, находилось 284 щенка, а на о. Б. Кий в этот же период – 54 тюлененка. Таким образом, минимальная численность животных всех возрастных групп к концу периода размножения составляет не менее 1938 и 369 особей соответственно. Следовательно, общая численность длинномордых тюленей, формирующих три размножающихся колонии в районе Айновых островов, составляет не менее 3800 особей.

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ИХТИОФАУНЫ АРКТИЧЕСКИХ ОЗЕР КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АКВАКУЛЬТУРЫ

Т.И.Корнилова

Якутская государственная сельскохозяйственная академия, г. Якутск, Россия

В условиях постоянного сокращения промысловых уловов океанической рыбы и введения экономических санкций против Российской Федерации вопросы развития аквакультуры перешли из объекта академических дискуссий в область политических решений

и социальных стратегий. Отдельные аспекты реформирования рыбохозяйственного комплекса страны анализируются в работах Я.М.Азизова, Р.В.Гаврилова, М.П.Гриценко, В.В.Ивченко, С.В.Канепа, Ю.И.Кокорева, Л.А.Кудерского, А.В.Призенко, Г.А.Тактарова, В.А.Теплицкого, А.И.Френкеля, Б.И.Черфаса и др.

Цель данной статьи – перспективные объекты аквакультуры, способные в сжатые сроки и при сравнительно простых технологиях выращивания, насытить отечественный рынок качественной рыбной продукцией.

1. Доминирующие в рыбоводстве карп и растительноядные рыбы относятся к теплолюбивым формам, тогда как 64 % территории России входит в северную зону заселения. Ряд специалистов (А.В.Призенко, Е.С.Савосин, В.Л.Цуладзе) видят в производстве форели “самое перспективное направление промышленного рыбоводства на сегодняшний день”. Неслучайно рыбоводы практики сравнивают выращивание форели с выращиванием крупного рогатого скота по степени трудоемкости и времени готовности конечного продукта к реализации (4–6 лет).

2. Существуют северные виды озерных рыб с ускоренным набором максимальной массы и наступлением половозрелости в возрасте 2 лет. Так, на севере Красноярского края в оз. Томмот обитают озерная ряпушка и озерная пелядь, в оз. Пеляжье – озерная пелядь (Романов, 2000). А.В.Шестаковым (1998) описана озерная ряпушка в озерах бассейна р. Анадырь. В Якутии озерные сиговые представлены озерной и карликовой озерной формами пеляди в водоемах бассейнов рек Анабар, Оленек, Лена, Яна, Индигирка.

Максимальные приросты массы тела у якутских сиговых рыб наблюдаются в возрасте 2–3 лет, т. е. раньше, чем у муксуна, речной пеляди и ледовитоморского омуля, кульминация привеса которых приходится на возраст 4–5 лет. Рекордсменом по экстремальным условиям проживания является обитающая в оз. Малое Морское озерная ряпушка, описанная Ф.Н.Кирилловым и А.С.Дормидонтовым (1967). Этот вид имеет небольшие размеры, но быстро достигает половой зрелости в возрасте 2+, что делает его удобным для искусственного воспроизводства.

3. Сиговые и лососевые рыбы арктических водоемов – ценнейший материал для акклиматизационных целей. Российские исследователи отмечают, что в более мягких климатических условиях у северных сиговых рыб наблюдается активный рост и накопление массы. Так, пелядь из оз. Ендырь (бассейн р. Иртыш), перемещенная в бессточное и безрыбное небольшое оз. Шибын-Куль (Калбинские горы, Казахстан) в 1963 г. в количестве 300 тыс. личинок, достигла половозрелости в возрасте 20 мес. При этом ее масса составляла в среднем 1040 г при размахе колебаний от 700 до 1700 г (Ерещенко, Тютеньков, 1968). Автор полагает аналогичное увеличение плодовитости и у озерной ряпушки из оз. Малое Морское. Ее абсолютная плодовитость в маточном водоеме невелика – в среднем 1748 (560–3688) икринок. Адаптация к экстремальным условиям, ускоренное половое созревание и довольно высокая относительная плодовитость делают это вид озерной ряпушки особо перспективным для введения в аквакультуру.

4. На побережье Северного Ледовитого океана расположены более 50 озер с акваторией порядка 50 км² и более (крупнейший водоем – оз. Таймыр с площадью водной поверхности 4500 км² и глубиной 26 м). После детального обследования данные водоемы с их уникальной ихтиофауной следует рассматривать как потенциальные маточные водоемы для введения в аквакультуру новых форм.

5. Для сохранения маточных популяций арктических озерных сиговых и лососевых в Российской Федерации необходимо ускорить создание ихтиологических заповедников и заказников. Благополучное существование рыбы полностью зависит от состояния природной среды водоохранной зоны и водосборной поверхности, минимальной антропогенной нагрузки. (Так кислотные выбросы Норильского горно-обогатительного комбината уничто-

жили две формы ряпушки, озерных муксуна и сига, обитавших в норильской группе озер). На территории ихтиологических заповедников и заказников запрещается любая деятельность за исключением ихтиологических наблюдений и рыбоводно-акклиматизационных работ.

6. Акцент при производстве рыбоводно-акклиматизационных работ делается на сохранении генетической гетерогенности естественных популяций, чтобы предотвратить ин- или аутбредную деградацию акклиматизированных форм.

Итак, для водоемов Российской Федерации в качестве рыбоводных объектов наиболее перспективны холодолюбивые формы пеляди и ряпушки. Они быстро набирают товарную массу, имеют уникальную генетическую структуру и занимают в отечественной аквакультуре место, равноценное выращиванию птицы в животноводстве.

Существуют озерные формы муксуна, нельмы, которые также могут быть использованы в качестве объектов аквакультуры.

Естественные популяции озерных форм сиговых из арктических водоемов имеют оптимальный набор генов, который обеспечивает устойчивое существование популяций в пространстве и во времени.

Киотская Декларация и План действий по устойчивому вкладу рыболовства в продовольственную безопасность (1995 г.) среди прочих условий аквакультуры предлагают "...использование наилучшего и наиболее подходящего генетического материала...". Полагаем, что холодолюбивые озерные формы сиговых и лососевых отвечают в полной мере требованиям вышеуказанных международных документов.

Для введения в аквакультуру новых перспективных видов из арктических водоемов Российской Федерации необходима разработка и внедрение целевой программы с участием ихтиологов, генетиков и рыбоводов, имеющих опыт работы на арктических территориях.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ РЯПУШКИ В СУБАРКТИЧЕСКИХ ВОДОЕМАХ (НА ПРИМЕРЕ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА)

И.М.Королева

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

Изучение биологических систем разного уровня в естественных условиях позволяет выявлять эффекты от флуктуаций природных абиотических факторов и антропогенного влияния за продолжительный период времени. Популяционная структура короткоцикловых видов, к которым относится ряпушка, быстро и отчетливо реагирует на изменение качества среды, что позволяет использовать биологические параметры в целях биоиндикации.

В субарктических водоемах Европейского Севера семейство Coregonidae представлено *Coregonus lavaretus* и *C. albula*. Заполнение существующих экологических ниш и формирование биоразнообразия происходит за счет внутривидовых группировок, эквивалентных виду. Информация по экоформам у ряпушки практически отсутствует. Дифференциация по размерам зачастую выступает основой биологического разнообразия, и выявление закономерностей изменчивости роста будет способствовать сохранению этого разнообразия.

Европейская ряпушка образует полупроходную, озерно-речную, и озерную формы. На Кольском полуострове встречается практически во всех пресноводных водоемах и остается одной из наиболее распространенных и многочисленных рыб. В настоящее время ее роль как промыслового вида существенно снизилась. С 1926 по 1970 годы уловы ряпушки только в Имандре колебались от 40 до 130 т. В начале 2000-х гг. этот показатель снизился до 3 т, при общем допустимом улове на имандровскую ряпушку в 2006–2007 гг. – 18 т. Несмотря на это, необходим постоянный контроль за состоянием ее запасов, поскольку она служит объектом питания для многих ценных в хозяйственном отношении рыб-хищников – кумжи, гольца, щуки, форели, окуня.

В водоемах Мурманской области обитает мелкая форма европейской ряпушки. В олиготрофных ($P_{\text{общ}} < 10$ мкг/л) малокормных ($V_{\text{общ}}$ зоопланктона от 0.1 до 1.3 г/м³) озерах или участках средняя масса ряпушки не превышает 9 г, отдельные экземпляры достигают 60 г. Более крупная ряпушка встречается преимущественно в озерах мезотрофного ($P_{\text{общ}}$ 12–29 мкг/л, $V_{\text{общ}}$ зоопланктона 1.4–3.8 г/м³) и эвтрофного ($P_{\text{общ}}$ до 76 мкг/л, $V_{\text{общ}}$ зоопланктона до 4 г/м³) типа. Средняя масса ряпушки в них колеблется от 12 до 17 г, наиболее крупные рыбы достигают 86 г. В гиперэвтрофном озере ($P_{\text{общ}}$ 204 мкг/л, $V_{\text{общ}}$ зоопланктона до 9 г/м³) средняя навеска составляла 60 г, наибольшая масса – 157 г.

Возрастная структура популяций ряпушки насчитывает в малокормных водоемах 4–5, в среднекормных – 6 групп. Основу уловов составляют двух- и трехлетки. Сроки наступления половозрелости для ряпушки в озерах Мурманской области одинаковы как в олиготрофных, так и в мезо- и эвтрофных водоемах. Как правило, это происходит на втором году жизни. Размерно-весовые показатели впервые нерестующей ряпушки мало- и среднекормных озер близки: масса 7–9 г и длина 10–11 см. В высококормном озере ряпушки созревали также на втором году при массе 18 г и длине АС 12 см. Интересно, что и здесь встречались трех- и четырехлетние особи, пропускаявшие нерест.

Высокие концентрации тяжелых металлов (свыше 3–13 ПДК) снижают размерно-весовые показатели даже при достаточной обеспеченности кормовыми ресурсами. В мезотрофных загрязненных водоемах средняя навеска не превышала 9 г.

При благоприятных кормовых условиях создается возможность реализации генетически обусловленных максимальных для данной формы размеров и высокой плодовитости. В сочетании с низким прессом хищников это приводит к высоким значениям икhtiопродукции. В условиях повышенной трофии рыбы могут создать энергетические запасы, достаточные, с одной стороны, для продолжения активного соматического и генеративного роста, ежегодного нереста и, с другой стороны, при необходимости осуществлять эффективную детоксикацию поступающих в организм загрязняющих веществ.

Наблюдения за ежегодной динамикой популяционных характеристик показали их тесную связь с температурой. Межгодовая разница средней за период гидробиологического лета температуры воздуха в 1.5–2 °С приводит к снижению средней навески в 1.7 раза, линейные размеры при этом практически не различаются.

В настоящее время в Мурманской области в ряде водоемов под влиянием антропогенного эвтрофирования происходит смена трофического статуса с олиготрофного на мезо- и эвтрофный. В значительной мере данный процесс затронул и крупнейший водоем области – оз. Имандра. Одним из следствий этого стало появление пока еще немногочисленных особей ряпушки массой 80 г, что не отмечалось в предыдущие годы исследований. Дальнейшие наблюдения покажут, приведет ли это к дифференциации имеющейся популяции на мелко- и крупноразмерную экоформы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ КОЧЕВОК МОЕВОК *RISSA TRIDACTYLA* ВОСТОЧНОГО МУРМАНА ВО ВНЕГНЕЗДОВОЙ ПЕРИОД НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Ю.В.Краснов, А.В.Ежов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Моевки являются настоящими морскими птицами и связаны с сушей только в период размножения. Они не совершают настоящих миграций и во внегнездовой период кочуют в море в поисках пищи (Краснов, Николаева, 1998). Такой характер поведения вида резко ограничивает возможности традиционных методов исследований, таких как визуальные

наблюдения и кольцевание. Традиционным кольцеванием ранее были выявлены районы встреч моевок из колоний Семи островов (Восточный Мурман) (Краснов, Николаева, 1998). Как правило, они были приурочены к морским побережьям и островам, где окольцованные птицы потенциально могли попасть в руки человека. В районах открытого моря окольцованных птиц находили исключительно редко. В итоге все рассуждения о распределении данного вида на просторах Северной Атлантики до определенной степени носили спекулятивный характер. Ареал зимних кочевков моевок, окольцованных на Восточном Мурмане, оказался очень обширным. Меченых на Семи островах птиц встречали в зимний период на огромном пространстве от бассейна Северного моря до прибрежных вод о. Ньюфаундленд и п-ова Лабрадор, включая западную и юго-западную части Гренландии.

С борта морских судов визуальные наблюдения за миграционной активностью моевок практически невозможны. Авиационные наблюдения на акватории Баренцева моря позволили получить информацию о характере осеннего распределения вида и выявить районы концентрации птиц на акватории Баренцева моря (Краснов и др., 2013), установить взаимосвязь скоплений птиц данного вида с районом концентрации молоди мойвы и сайки (Краснов, Черноок, 1996). В то же время, при таком способе наблюдений было невозможно получить представление о путях кочевков птиц из отдельно взятой колонии, конкретного архипелага или побережья. Анализировать данные, полученные подобным методом, было необходимо с известной долей осторожности.

В последние годы для картирования районов откорма, зимовки и характера кочевков широко используются логгеры (геолокаторы). В ходе международной программы исследований “Экология морских птиц Баренцева моря в зимнее время и их чувствительность к изменениям окружающей среды” были получены материалы, характеризующие, в том числе, сезонное размещение 13 моевок из колонии мыса Крутик (Восточный Мурман).

На основе данных логгеров, район зимовки большинства меченых моевок из российских колоний был локализован в Северо-Западной Атлантике, между о. Ньюфаундленд и Срединно-Атлантическим хребтом. Незначительная часть птиц зимовала в бассейне Северного моря. Единичные особи, по-видимому, оставались на зимовку в пределах Баренцева моря, но в условиях полярной ночи данные логгеров не корректны, и документальных доказательств этого факта получено не было.

Было установлено, что в пределах Баренцева моря постгнездовые миграции моевок не имеют четко выраженных путей и носят характер индивидуальных для каждой особи. Тем не менее, к сентябрю все моевки разными путями достигают единого, для абсолютного большинства особей из различных колоний региона, района осеннего откорма на северо-западе Баренцева моря восточнее архипелага Шпицберген. Меньшая часть прибывших сюда птиц может на некоторое время откочевывать в прикромочные районы северо-восточной части Баренцева моря (Frederiksen et al., 2012). При этом было показано, что большая часть моевок из контрольных колоний норвежского побережья Баренцева моря, западного побережья Шпицбергена, Лофотенских островов после окончания сезона размножения также концентрируется в северо-западной части Баренцева моря, где за осенний период в целом откармливается примерно 1.3 млн взрослых особей (Frederiksen et al., 2012). Анализ данных логгеров мурманских птиц выявил существенные различия в локализации русел осенней и весенней миграций. Установлено, что ход осенней миграции моевок из северо-западной части Баренцева моря носит более целенаправленный характер и в рамках широкого русла пролета отличается относительным постоянством маршрута.

Сроки и маршруты весенней миграции гораздо более динамичны. В ходе весенней миграции часть птиц Восточного Мурмана, проникших в ходе зимних кочевков в бассейн Балтийского моря, преодолевают расстояние до мест размножения в южной части Баренцева моря кратчайшим путем. Птицы следуют озерными системами над участками мате-

рика из Ботнического и Финского заливов Балтийского моря в Кандалакшский и Онежский заливы Белого моря. Выявлено, что в предгнездовой период акваторию Белого моря посещает большая часть птиц данной популяции независимо от маршрута их возврата в гнездовые районы Мурмана.

Таким образом, было установлено, что возврат моевок в район предыдущего гнездования может происходить в том числе и над сухопутными участками через озерные системы и бассейны рек. Ранее появление особей таких высокоспециализированных птиц, как моевка, в сухопутных районах материка рассматривалось как аномальное явление и, как правило, предполагало дальнейшую гибель птиц. Анализ данных геолокаторов моевок из колонии мыса Крутик показал, что во второй половине зимы часть особей попадает в бассейн Балтийского моря и совершает кочевки в его пределах, откуда двигается кратчайшим путем через материковые районы. В дальнейшем данные особи принимали участие в гнездовании и были пойманы на гнездах.

Моевок, окольцованных традиционными кольцами на Мурмане, в прошлые годы встречали на акваториях Средиземного и Черного морей. Чаще всего эти птицы были молодыми или неполовозрелыми особями. В то же время в этом регионе известны находки и взрослых особей. Представляется, что в ходе кочевок моевки проникают в бассейны данных морей через Гибралтарский пролив, однако их дальнейшая судьба остается под вопросом. В этом плане для исследования кочевок моевок в южных морях более перспективными могут оказаться спутниковые датчики, но их высокая стоимость в значительной степени ограничивает возможности подобных исследований.

В предгнездовой период у мурманских моевок выявлена характерная особенность: в весенний период, в отличие от птиц из норвежских колоний Баренцева моря, птицы из колоний Мурмана перед началом гнездования в подавляющем большинстве активно посещают акваторию Белого моря, проникая во все его внутренние районы. Возможно, что птиц привлекают разрушающийся в этот период ледовый покров и, как следствие, возникающие здесь благоприятные трофические условия. Визуальные наблюдения с борта судов в этот период ограничены, охватывают исключительно судоходные фарватеры, поэтому до настоящего времени полного понимания пространственного размещения птиц на акватории Белого моря в весенний период не существовало. Однако, визуальные встречи стай половозрелых моевок в вершине Кандалакшского залива существуют, а в последние несколько десятилетий здесь зарегистрированы случаи гнездования небольших групп птиц данного вида.

СТРЕМИТЕЛЬНЫЙ РОСТ РОЛИ ИНFUЗОРИЙ В РАЗВИТИИ МЕТОДОВ ГИДРОЭКОЛОГИИ

С.В.Кренева¹, К.В.Кренева²

¹Азовский филиал Мурманского морского биологического института КНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

²Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Сообщество одноклеточных гетеротрофных организмов – уникальный по своей информативности и надежности объект исследования в оценке состояния водных экосистем. В эпоху стремительного эвтрофирования вод структурные и количественные показатели ценоза планктонных инфузорий имеют внушительный ряд преимуществ перед показателем других групп гидробионтов.

Специфичность экологии отдельных видов и уникальная жизнеспособность цилиатоценозов в целом, а также их космополитизм делают простейших очень надежным, удобным в использовании и информативным индикатором при исследовании реакции биоты

на антропогенную эвтрофикацию водных экосистем. Выносливость, повсеместное распространение, прямая зависимость численности инфузорий от концентрации органических веществ и высокая скорость размножения обеспечивают минимальное отставание количественных показателей цилиоценоза от физических и химических показателей загрязнения вод в комплексных исследованиях.

Изначально отработка методологии оконтуривания и дифференциации зон загрязнения по микрозоопланктону проводилась нами на Ладожском и Онежском озерах. Показана возможность использования количественных данных по распределению микрозоопланктона в комплексных исследованиях с использованием новых технологий контроля загрязнения параллельно с использованием датчиков при непрерывной записи гидрофизических показателей. Получена высокая корреляция численности инфузорий с физико-химическими параметрами вод, что обеспечило построение модели влияния загрязнения на гидробиоценоз. Показана возможность надежного контроля распространения и влияния загрязнений на биоту даже в условиях крупных водоемов с мощными, сложными течениями и быстрым разбавлением сточных вод. Динамика количественного развития Ciliata позволяет осуществлять раннюю диагностику изменений состояния экосистемы под влиянием антропогенного загрязнения (Матишов и др., 2003).

Вместе с другими низшими гетеротрофами инфузории участвуют в круговороте веществ в так называемой “микробальной петле”, разрастание которой является показателем изменения формы трофической пирамиды, нарушения эффективного функционирования и устойчивости водных экосистем. При этом следует учитывать, что инфузории не только являются потребителями бактерий, как первичных утилизаторов, но и сами способны трансформировать некоторые соединения, недоступные биохимическим возможностям бактерий (Копылов, 1983; Хаусман, 1988).

По-видимому, количественные показатели планктонных инфузорий более точно отражают концентрацию накопленной органики, чем гидрохимические показатели. И это соответствует определенной стадии эвтрофирования вод. Соотношение Ciliata с другими группами планктона адекватно отражает тяжесть пресса антропогенного загрязнения и степень нарушения баланса, т. е. устойчивости и здоровья экосистемы (Кренева, Кренева, 2013; Кренева и др., 2013).

Нами разработаны методы, позволяющие определять степень эвтрофированности вод, мощность антропогенного пресса на гидробиоценоз и степень регресса последнего, выраженную в стадиях антропогенной деструктивной сукцессии и в экологических модификациях. Методы основаны на анализе динамики развития и соотношения количественных характеристик представителей микрозоопланктонного сообщества в зависимости от состояния водоема. На основе большого опыта в анализе структуры микрозоопланктонного сообщества для целей мониторинга разработаны и успешно апробированы индекс антропогенного эвтрофирования, основанный на соотношении численности Ciliata и Rotatoria и оригинальная шкала оценки состояния пресноводных экосистем любого типа, подверженных антропогенному загрязнению. Они не зависят от типов водных объектов и климатических зон (А. с., 1993, Бюл. № 3). Описаны способы их использования. В настоящее время проводятся исследования для отработки такой же шкалы для морских экосистем (Матишов и др., 2003).

Благодаря возможностям микрозоопланктона разработана принципиально новая перспективная система методов контроля и прогноза состояния загрязняемых водных экосистем. Издана монография с большим количеством примеров анализа и оценки состояния разнотипных экосистем (Матишов и др., 2003).

Ciliata – один из наиболее перспективных показателей загрязнения и нарушения устойчивости водных экосистем, в том числе для решения задач европейской рамочной директивы 2000 г., призванной объединить усилия всех европейских стран в контроле экологического состояния водных ресурсов.

Образование хорошо выраженных, благодаря простейшим, зон и фронтов эвтрофирования в районах загрязнения позволяет контролировать различные источники сточных вод даже в условиях крупных водоемов и сложной гидрологической обстановки. Инфузории в таких работах оказались незаменимым показателем, имеющим большие преимущества перед другими группами гидробионтов. В процессе непрерывно растущего глобального загрязнения вод происходящая в водных экосистемах инверсия трофических пирамид в пользу гетеротрофной составляющей определяет рост интереса к простейшим, как существенной и быстро увеличивающейся части первичных гетеротрофов.

Такая адаптивная реакция и способность к быстрой перестройке структуры сообщества простейших обеспечивают им высокую устойчивость к действию токсических веществ, несмотря на одновременную и высокую чувствительность к загрязнению.

Исследования морского микрозоопланктона в отечественной гидробиологии началось лишь с 1970-х гг. в Институте биологии южных морей и в дальнейшем продолжены в связи с разработкой проблемы биологической продуктивности морских планктонных сообществ. Но даже за такой малый для Мирового океана срок в историческом развитии уже отмечается рост численности инфузорий в отдельных его районах в связи с интенсивным эвтрофированием и изменениями в структуре протозойного ценоза сходные с теми, что были ранее отмечены и в пресных водах. Ю.И.Сорокин (1971, 1978, 1982, 1984), оценивая функциональное значение простейших в экосистемах пелагиали вод разной трофности, показал, что на их долю приходится от 5 до 30 % суммарной продукции и суммарного дыхания гетеротрофного планктона пресных и морских вод, включая бактерий. Автор отмечает, что часто продукция и метаболизм планктонных простейших соизмеримы с таковыми мезозоопланктона.

Однако, по нашим наблюдениям, и такие данные не предел для простейших. В районах интенсивного загрязнения на участках непосредственно прилегающих к местам выброса сточных вод крупных промышленных объектов, а также, например, в северных и горных реках, подверженных антропогенному загрязнению, часто можно наблюдать либо полное, либо почти полное угнетение всего биоценоза (включая фитопланктон) при бурном развитии микрозоопланктона (Кренева, 1977, 1980, 1992, 2014; Кренева и др., 2012, 2013; Кренева, Кренева, 2013 и др.). В таких случаях процессы самоочищения осуществляются главным образом бактериями и простейшими. Подобное явление отмечено также П.Ю.Сорокиным (2002) в ряде гиперэвтрофированных лагун Адриатики. В некоторых случаях инфузории могут составлять в подобных районах до 88 % от биомассы всех низших гетеротрофов, включая бактерии.

Таким образом, особая организация одноклеточных, качественно разные типы размножения, быстрая смена генераций, высокая чувствительность и пластичность инфузорий, широкий спектр критериев оценки реакции на условия обитания, в том числе способность к бурным количественным всплескам в ответ на поступление загрязнений, определяют их большое преимущество перед другими гидробионтами в вопросах исследования самоочищения и биологического анализа загрязненных вод.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЙСМОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРЕДНОВОЗЕМЕЛЬСКОЙ СТРУКТУРНОЙ ОБЛАСТИ

Г.Г.Крюкова, Б.М.Величко

Морская арктическая геолого-разведочная экспедиция, г. Мурманск, Россия

Район исследований расположен в юго-восточной части шельфа Баренцева моря вблизи западного побережья арх. Новая Земля (п-ов Гусиная Земля и о. Междушарский). Изучена

толща палеозойско-кайнозойских отложений в интервале времен от 150 до 8500 мс. Выполнена стратиграфическая привязка основных отражающих горизонтов осадочного чехла с учетом предшествовавших геолого-геофизических исследований в регионе.

Поверхность кровли фундамента ОГ VI(PR₂-PZ₁(?)) залегает на глубине от 8 до 19 км. На уровне ОГ VI(PR₂-PZ₁(?)) на временных разрезах выделены многочисленные дизъюнктивные нарушения северо-восточного, северо-западного и субмеридионального простирания. Как правило, эти нарушения протяженностью от 2 до 25 км характеризуются средними и высокими амплитудами смещений. Большинство этих дизъюнктивов затрагивает отложения нижнего–среднего палеозоя, и только единичные разломы проникают и в мезозойскую часть разреза.

Кроме того, на северо-восточных концах отдельных профилей (в зоне непосредственно примыкающей к Новоземельской складчатой области) выделены разрывные дислокации, которые нарушают сплошность всего осадочного чехла, проникая в фундамент. Амплитуда смещения по этим разломам максимальна в триасовой части разреза. По анализу взаимного расположения в плане (кулисообразно), эти нарушения могут быть интерпретированы как сбросо-сдвиги.

Структурно-тектоническое районирование проводилось по двум стратиграфическим уровням: кровле фундамента и кровле пермских отложений.

В соответствии с общей схемой тектонического районирования Баренцевоморского шельфа в структурном плане кровли консолидированного основания выделены две структурно-тектонические зоны, соответствующие надпорядковым тектоническим элементам – Южно-Баренцевской синеклизе и Предновоземельской структурной области.

В составе Южно-Баренцевской синеклизы в качестве элементов первого порядка выделены Мурманско-Куренцовская моноклираль и Андреевско-Бритвинская региональная ступень.

Андреевско-Бритвинская региональная ступень представляет собой переходную структуру от Предновоземельской структурной зоны к Южно-Баренцевской синеклизе. В ее составе выделяются структуры второго порядка – Андреевская ступень и Андреевский грабен. В пределах района работ Андреевская ступень погружается на северо-запад с глубины 15 до 19 км и раскрывается в сторону Южно-Баренцевской синеклизы. Андреевский грабен наиболее ярко выражен в структурном плане подошвы осадочного чехла, перепад глубин здесь составляет от 14 до 18.5 км. Грабен характеризуется изометричной формой и размерами 30х40 км, ограничен разломами с запада, северо-запада, северо-востока и юго-востока.

Мурманско-Куренцовская моноклираль выделена на западе и юго-западе площади исследований и фактически является переходной структурой, по которой происходит погружение основных комплексов осадочного чехла от Печорской плиты в сторону Южно-Баренцевской синеклизы. В ее составе выделяется Куренцовская ступень и Латаяхинский грабен, ограниченный с северо-востока высокоамплитудными разломами.

В Предновоземельской структурной области в пределах участка работ ранее выделялась единая региональная Гусиноземельская ступень. Результаты проведенных исследований позволяют выделить две региональные ступени, отличающиеся гипсометрическим уровнем – Западно-Новоземельскую и Гусиноземельскую. Характерной общей особенностью этих региональных ступеней является чередование слагающих их горсто- и грабенообразных структур.

В структуре Западно-Новоземельской региональной ступени с юго-запада на северо-восток последовательно выделяются Западно-Новоземельский горст, Ялмахойская седловина, Сагаловский горст и Шадровский грабен.

Западно-Новоземельский горст – протяженная положительная структура северо-западного простирания, сопряженная на юго-западе с Латаяхинским грабеном, а на северо-

востоке с Шадровским грабеном. Структурный план ее осложнен многочисленными разрывными нарушениями субмеридионального, северо-западного и северо-восточного направлений, в основном средней протяженности.

Сагаловский горст – сложно построенная положительная структура, характеризующаяся Г-образной формой, структурный план которой осложнен малоамплитудными разрывными нарушениями северо-восточного и субширотного простирания средней протяженности.

Ялмахойская седловина представляет собой структуру северо-западного простирания, погружающуюся в юго-восточном направлении и переходящую в Шадровский грабен.

Шадровский грабен – крупная отрицательная структура, юго-западная бортовая часть которой осложнена многочисленными мало- и среднеамплитудными разрывными нарушениями различной протяженности.

Гусиноземельская региональная ступень занимает северо-восточную часть участка работ, в ее пределах выделяются подчиненные структуры: Гусиноземельский горст, Тьяхинский грабен, горст мыса Северный Гусиный Нос и Саучихинский грабен.

Гусиноземельский горст представляет положительную структуру северо-западного простирания размерами 60x29 км, осложненную многочисленными разрывными нарушениями северо-западного и северо-восточного направлений.

С северо-востока Гусиноземельский горст сопряжен с Тьяхинским грабеном, который представляет собой узкую, линейно вытянутую в северо-западном направлении отрицательную структуру.

Горст мыса Северный Гусиный Нос – положительная структура, общую конфигурацию которой в пределах района работ оценить сложно. В самой южной своей части горст представляет узкую перемычку шириной до 5 км между Тьяхинским и Саучихинским грабенами, которая простирается в северном направлении.

Саучихинский грабен характеризуется субмеридиональным простиранием и линейными размерами 45x18 км.

Исходя из оценки прогнозных углеводородных ресурсов Гусиноземельской площади наиболее высокими перспективами нефтегазоносности обладают (по степени убывания) триасовый нефтегазоносный комплекс, юрский НГК и нижне-верхнепермский ПНГК. Если для нижне-верхнепермского ПНГК перспективы можно связывать с обнаружением залежей в структурных ловушках углеводородов, то для юрского НГК их аккумуляция, скорее всего, будет связана с неструктурными ловушками углеводородов в зонах выклинивания и эрозионного среза пластов-коллекторов.

Оценка прогнозных ресурсов, проведенная в пределах НГО и ПНГО, показала, что более высокие перспективы нефтегазоносности у Адмиралтейско-Приновоземельской ПНГО.

СТРУКТУРА ПРИБРЕЖНЫХ СООБЩЕСТВ МОЛОДИ РЫБ В ГУБАХ ДАЛЬНЕЗЕЛЕНЕЦКАЯ И ЯРНЫШНАЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

О.Ю.Кудрявцева

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Фаунистические исследования губ Восточного Мурмана были начаты сотрудниками Мурманской биологической станции АН СССР в 1935 г. Первый видовой список фауны ближайших к станции акваторий Баренцева моря включал 32 вида рыб, среди которых отмечены обитающие в литоральной зоне атлантический маслюк, европейская бельдюга, европейский керчак и пинагор (Ушаков, 1948). Позднее в прибрежье губ Дальнезеленецкая и Ярнышная были обнаружены молодь и взрослые особи 16 видов рыб (Чумаевская-

Световидова, 1955). В дальнейшем ихтиологические исследования губ Восточного Мурмана были направлены на изучение биологии молоди тресковых рыб, важных в промысловом отношении (Миронова, 1956, 1957; Чугунова, 1967 и др.). Однако, в этих и более ранних работах не рассматривались вопросы численности и биомассы видов. В связи с этим целью нашей работы является оценка современного состояния прибрежных сообществ молоди рыб и количественных характеристик их распределения в летний период.

Сбор ихтиологического материала проводился в губах Ярнышная и Дальнезеленецкая Баренцева моря в летний период 2008–2014 гг. В качестве орудия лова использована мальковая волокуша, имеющая следующие параметры: длина 15 м, высота 1.3 м, размер ячеей в крыльях и горловине 5 мм, в куту 4 мм. Постановку волокуш осуществляли во время отливов в литорально-сублиторальной зоне на илисто-песчаных и песчаных грунтах. Площадь одного облова варьировала в пределах 100–450 м².

Всего выполнено 76 ихтиологических станций в губе Дальнезеленецкая и 42 – в губе Ярнышная. На каждой станции улов был разобран по видовому составу, взвешен и подсчитан.

Для оценки многолетней динамики структуры литоральных сообществ рыб в губе Дальнезеленецкая нами были использованы данные по станциям, выполненных в первой половине августа, для губы Ярнышная сравнивались результаты ловов, сделанных в июле. Показатели плотности распределения и удельной биомассы видов для каждой губы получены путем суммирования результатов по станциям на общую площадь облова.

В 2008–2014 годах в литоральной зоне губ Восточного Мурмана было отмечено 18 видов рыб, относящихся к 14 семействам и 7 отрядам. Большинство из них – преимущественно бореальные виды (72.2 %). Остальную часть составляли бореально-европейские (16.7 %) и преимущественно арктические (11.1 %) виды. Наиболее представительным по числу семейств оказались отряды Scorpaeniformes (4) и Perciformes (4), а по числу видов – семейство Pleuronectidae (3).

Как правило, уловы состояли из сеголеток указанных видов, за исключением речной камбалы, европейской многопозвонковой песчанки и бельдюги. Среди особей трески, трехиглой колюшки, европейского керчака, пинагора, атлантического маслюка и морской камбалы наряду с сеголетками изредка встречалась молодь старших возрастов.

К наиболее часто встречающимся видам отнесены молодь трески, сайды и европейского керчака. Молодь же европейской морской лисички, ершоватки и северного пятиусого налима в губах Восточного Мурмана очень редка.

Основным компонентом рыбной части прибрежных сообществ является молодь тресковых видов (сайды и атлантической трески). Плотность и биомасса этих видов, особенно сайды, подвержена значительным колебаниям в разные годы. Так, показатели плотности распределения и удельной биомассы сайды в губе Дальнезеленецкая варьировали в пределах 0.01–12.2 тыс. экз/га и 0.001–25.9 кг/га соответственно, а в губе Ярнышная – от полного отсутствия особей до 162.5 тыс. экз/га и 132.7 кг/га. Количественные характеристики распределения трески отличались гораздо большей стабильностью. В разные годы ее плотность колебалась в губе Дальнезеленецкая от 0.1 до 1.6 тыс. экз/га, в губе Ярнышная от 0.02 до 1.3 тыс. экз/га, а удельная биомасса трески составляла 0.4–2.2 и 0.1–0.5 кг/га соответственно.

По степени доминантности молоди тресковых видов 2008 и 2012 гг. можно рассматривать как годы их средней численности, 2010 г. – высокой, а 2011, 2013 и 2014 гг. – низкой. В годы низкой численности тресковых на литорали преобладают европейский керчак, атлантический маслюк, люмпен Фабриция, мойва, песчанка, пинагор, морская камбала. С увеличением плотности тресковых численность и биомасса указанных видов значительно сокращалась, а в годы высокой численности сайды молодь большей части этих видов вообще не встречалась в прибрежье.

Таким образом, литоральная зона губ Восточного Мурмана в летний период играет важную роль в формировании поколений сайды и атлантической трески. Степень их обилия оказывает влияние на всю структуру рыбной части прибрежных сообществ в летний период. Уменьшение плотности тресковых приводит к увеличению разнообразия сообществ и численности других видов, населяющих этот биотоп. Об этом свидетельствует и динамика количественных показателей разнообразия (индексы видового богатства Менхеника, неоднородности Шеннона и доминирования Бергера-Паркера), значения которых были наиболее высоки в годы низкой численности тресковых видов. Соответственно, и построенные кривые к-доминирования за эти годы располагались ниже остальных кривых, отражающих менее разнообразные сообщества с высокой долей одного доминирующего вида – сайды.

СТРОЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА У *LAMINARIA LATISSIMA* НА РАННИХ СТАДИЯХ ОНТОГЕНЕЗА

Е.О.Кудрявцева¹, Г.М.Воскобойников², И.В.Голяк²

¹Мурманский государственный гуманитарный университет, г. Мурманск, Россия

²Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Наименее изученными стадиями онтогенеза ламинариевых водорослей являются репродукция и раннее развитие. Большая часть исследований, посвященных морфологии данных процессов, выполнена на светооптическом уровне. В задачи нашей работы входило описание морфологических преобразований энергетического аппарата у ламинарии при формировании репродуктивного материала и “молодых” спорофитов.

В пределах пластины ламинариевых водорослей может развиваться репродуктивная ткань, в одногнездных спорангиях которой образуются зооспоры. После созревания они выходят из спорангиев, некоторое время перемещаются в водной среде, оседают на дно и прикрепляются к субстрату. На этом этапе споры теряют жгутики, округляются и формируют хорошо выраженную клеточную стенку, часть из осевших спор прорастает.

На предметных стеклах в чашках Петри нам удалось получить из осевших спор “молодые” многоклеточные спорофиты. Материал фиксировался для электронной микроскопии глютаром–осмием, заливался в эпоксидные смолы.

На основании проведенного морфологического анализа можно заключить, что в спорангиях, даже если споры в них еще не имеют четких границ, хлоропласты (Хл) уже отделены от содержимого клетки сформированной оболочкой. Парциальный объем Хл в спорангиях составляет примерно 15 %, средняя площадь хлоропласта на срезе клетки около 1.8 мкм². Внутренняя мембранная система занимает примерно 55 % объема пластиды. Организация ламеллярной системы, свойственная бурным водорослям, прослеживается не во всех Хл. Во многих из них наблюдается переход тилакоидов из одной группы ламелл в другую. Электронная плотность мембраны очень высока. Пластоглобул, выявленных в Хл многих водорослей, не обнаружено. Большая доля в спорангиях занята в морфологическом отношении бесструктурным, по-видимому, запасным веществом – до 50 % площади среза клетки.

В формирующихся спорах относительно высоко развит митохондриальный аппарат. На срезе таких спор встречается до девяти митохондрий (Мтх), по размеру несколько превышающих митохондрии вегетативных клеток. Митохондрии содержат большое число трубчатых крист. Наряду с этими митохондриями в спорах выявлены Мтх с кристами, по форме близкими к пластинчатым.

После выхода из спорангиев споры приобретают подвижность. Форма зооспор варьирует от округлой до грушевидной. Размер сформировавшихся и вышедших в окружающую среду зооспор у *S. latissima* – 6.5–7.5 мкм.

Объем пластидома в подвижных зооспорах, по данным морфометрии, достигает 20 %, средняя площадь хлоропластов около 2.8 мкм². Парциальный объем тилакоидов в Хл составляет 50–60 %.

На большинстве срезов подвижных зооспор ламинарии выявляются 1–2 Хл, размер которых колеблется по длинной оси от 2 до 5.2 мкм, а в поперечном сечении от 0.8 до 1.5 мкм. В ряде случаев в зооспорах удается увидеть делящийся Хл. У исследованных зооспор встречаются Хл как с четко выраженной упаковкой по три тилакоида, так и те, у которых морфологически оформленная ламеллярная система не наблюдается. Строма пластид равномерно насыщена рибосомами. Пиреноид и пластоглобулы нами не обнаружены. Как и на стадии формирования, до 35–60 % площади среза большинства подвижных спор занято бесструктурным веществом, по-видимому, являющимся запасным.

На этой стадии развития во многих зооспорах можно видеть уже не более пяти Мтх (на срезе клетки) округлой формы, диаметром 1.2–1.8 мкм. Локализованы Мтх преимущественно пристенно.

Практически все осевшие споры (эмбриоспоры) приобретают округлую форму, их диаметр колеблется от 8 до 12 мкм. Одни из них хорошо структурированы: в них выявляются все органоиды, свойственные растительной клетке. Большое количество других эмбриоспор заполнено бесструктурным веществом. В них с трудом прослеживаются фрагменты органоидов.

Хлоропласты обнаруживаются на срезах в основном в центральной части эмбриоспоры. По данным морфометрии, они могут занимать также до 20 % объема клетки. Средняя площадь Хл на срезе клетки равняется 3 мкм². Ламеллярная система в пластидах эмбриоспор уже полностью сформирована и занимает до 50 % парциального объема органоида, тилакоиды упакованы по три в пачки. Строма электронноплотная. Митохондрий в эмбриоспорах значительно меньше, чем в зооспорах, 2–4 на срезе клетки. Они расположены пристенно и иногда контактируют с бесструктурным веществом.

Проведенное исследование свидетельствует, что формирование зооспор в спорогенной ткани происходит несинхронно. В одних участках спорангия можно наблюдать уже сформировавшиеся споры, в то время как в других формирование спор только начинается. Различаются по степени сформированности и споры в соседних спорангиях.

Отсутствие полностью сформированной ламеллярной системы у большинства спор может свидетельствовать лишь о том, что у исследованных спор образование ламеллярной системы не закончено.

В эмбриоспорах, которые продолжают развитие, пластиды полностью сформированы. Они имеют большую по сравнению с предыдущими стадиями развития площадь на срезах клетки. В хлоропластах достаточно велики парциальный объем пластидома и объем внутренней мембранной системы.

При спорообразовании в клетках развивается митохондриальный аппарат. Митохондрии локализованы преимущественно пристенно. Подобная локализация отмечалась у целого ряда одноклеточных животных объектов и обычно связывалась с усилением дыхания. По-видимому, выявленный нами феномен наличия в зооспорах Мтх с пластинчатыми и трубчатыми кристами связан с изменением функциональной активности хондриома в период развития спор, когда их основная функция направлена на движение и поиск субстрата. В пользу этого предположения свидетельствует факт присутствия в эмбриоспорах Мтх только с трубчатыми кристами. При уменьшении потребности в энергии, когда споры осели и развитие фотосинтетического аппарата достигло своего максимума, все митохондриальные кристы вновь приобретают трубчатую форму.

При электронно-микроскопическом исследовании ультраструктуры клеток “молодого” (от 5–6 до 16–20-клеточного) спорофита *S. latissima* показано наличие развитого фото-

синтетического ретикулума, состоящего из Хл, объединенных в единую сеть. На срезах большинства Хл тилакоиды плотно упакованы по три в пачки, расположенные параллельно длинной оси. У некоторых пластид ламеллярная система в стадии формирования. У митохондрий также прослеживается связь через ретикулярные мембраны и контакты между наружными мембранами, что может свидетельствовать о наличии энергообмена между митохондриями и в системе Хл–Мтх. Число и размер Мтх на срезе клетки, количество крист и рибосом на срезе отдельных органоидов значительно превышают таковые у клеток сформировавшихся растений (0+...2+).

Таким образом, на примере ламинариевых, отчетливо видно, что на различных этапах развития водоросли (спора – активное движение, спорофит – интенсивный рост) происходят морфологические изменения: положение, количественное соотношение, а также структуры хлоропластов и митохондрий коррелируют с направленностью генеральной жизненной функцией организма.

ГЕЛЬМИНТЫ МАССОВЫХ ВИДОВ КОЛОНИАЛЬНЫХ ПТИЦ МУРМАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ: КОМПЛЕКСНЫЙ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

В.В.Куклин

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

В структуре и функционировании прибрежных экосистем Баренцева моря (прежде всего в процессах переноса веществ и энергии, в том числе между морем и сушей) очень важную функцию выполняют морские птицы. Наряду с этим птицы в силу высокой подвижности и большой численности играют особую роль в циркуляции паразитов и распространении паразитарных инвазий, поскольку большинство гельминтов в биоценозах северного побережья Кольского полуострова завершают свое развитие в морских птицах.

Благодаря разнообразию экологических условий и природных сообществ в разных районах Мурманское побережье представляет собой уникальный полигон для паразитологических исследований. В пределах региона степень влияния как биотических, так и абиотических факторов на характер инвазии птиц может быть различной. Основное следствие этого – неравномерность распределения паразитов в популяциях хозяев.

По результатам многолетних исследований (1991–2014 гг.) в западном, центральном и восточном районах Мурманского побережья выполнен анализ гельминтофауны пяти наиболее массовых видов морских птиц: тонкоклювой *Uria aalge* (n = 40 экз.) и толстоклювой *Uria lomvia* (n = 41 экз.) кайр, моевки *Rissa tridactyla* (n = 129 экз.), морской *Larus marinus* (n = 49 экз.) и серебристой *Larus argentatus* (n = 101 экз.) чаек. Обследование птиц было проведено на Городецких базарах п-ова Рыбачий, в Кольском заливе (Западный Мурман), бухте Средне-Зеленецкая, устье р. Воронья, колониях мыса Крутик и окрестностях пос. Дальние Зеленцы (Центральный Мурман), на архипелаге Семь островов, в устье р. Восточная Лица, губах Полютиха и Дворовая (Восточный Мурман).

Основными целями были выявление особенностей географического распространения и видоспецифичности обнаруженных гельминтов, проведение комплексной оценки паразитологической ситуации в прибрежье Мурмана.

По результатам исследований у птиц указанных видов в прибрежье Мурмана отмечено 52 вида гельминтов (18 – трематод, 21 – цестод, 11 – нематод, 2 – скребней). Наибольшее разнообразие паразитофауны отмечено в центральном районе (43 вида), наименьшее – в западном (32 вида); у птиц в восточном районе зарегистрировано 34 вида паразитических червей.

В составе гельминтофауны тонкоклювых кайр отмечено 7 видов (1 – трематод, 3 – цестод, 3 – нематод), у толстоклювых кайр в состав фауны паразитических червей входит 8 видов гельминтов (1 – трематод, 2 – цестод, 5 – нематод). Гельминтофауна моевки Мурманского побережья включает 24 вида (7 видов трематод, 10 – цестод, 6 – нематод, 1 – скребней). У больших морских чаек на Мурмане в общей сложности найдено 30 видов гельминтов (11 – трематод, 11 – цестод, 7 – нематод, 1 – скребней), у серебристых чаек – 38 видов (14 – трематод, 15 – цестод, 7 – нематод, 2 – скребней).

Повсеместно во всех районах Мурманского побережья у птиц встречаются 20 видов гельминтов (7 – трематод, 9 – цестод, 4 – нематод). Наивысшие значения экстенсивности инвазии (ЭИ) были характерны для трематод *Cryptocotyle lingua* (35.8 %), цестод *Tetrabothrius erostris* (31.9 %), нематод *Paracuaria adunca* (31.1 %). Среди повсеместно распространенных паразитов отмечены виды, циркулирующие в пресноводных экосистемах – трематоды *Plagiorchis laricola* и *Mesorchis pseudoechinatus*, нематоды *P. adunca*.

Исключительно на Западном Мурмане обнаружено 5 видов паразитов (1 – трематод, 1 – цестод, 2 – нематод, 1 – скребней), на Центральном – 7 видов (3 – трематод, 2 – цестод, 2 – нематод), на Восточном – 3 вида (2 – цестод, 1 – нематод). Еще 6 видов (3 – трематод, 3 – цестод) найдены на западном и центральном участках побережья, 10 видов (3 – трематод, 4 – цестод, 2 – нематод, 1 – скребней) – на центральном и восточном, а 1 вид трематод зарегистрирован в западном и восточном районах. Следует отметить, что большинство гельминтов “эндемиков” в разных районах Мурманского побережья либо встречались в единичных экземплярах, либо не были идентифицированы с точностью до вида из-за плохой сохранности материала, неполовозрелости червей или неопределенного систематического статуса. Исключение представляют лишь трематоды *Maritrema arenaria*, обнаруженные у чаек р. *Larus* в западном районе.

Среди повсеместно распространенных видов в восточном районе у всех трематод отмечены самые низкие значения ЭИ, а у 6 из 7 (кроме *Plagiorchis laricola*) – и самые низкие значения индекса обилия. Распределение цестод и нематод имеет более равномерный характер, за исключением ленточных червей *Wardium cirrosa* – количественные показатели зараженности указанными гельминтами значительно выше у птиц в западном районе.

Четыре вида паразитических червей (трематоды *C. lingua*, нематоды *Anisakis* sp., *Stegophorus stellaepolaris* и *Streptocara crassicauda*) оказались общими для гельминтофауны птиц всех видов. Исключительно у тонкоклювых кайр зарегистрирован 1 вид цестод, у толстоклювых кайр – 2 вида паразитов (1 – цестод, 1 – нематод), у моевок – 5 видов (2 – трематод, 1 – цестод, 2 – нематод), у больших морских чаек – 3 вида (2 – цестод, 1 – нематод), у серебристых чаек – 8 видов (4 – трематод, 3 – цестод, 1 – нематод).

Один вид цестод отмечен как общий у тонко- и толстоклювых кайр и моевок, 1 вид нематод – у толстоклювых кайр, больших морских и серебристых чаек, 1 вид цестод – у тонкоклювых кайр, больших морских и серебристых чаек. В гельминтофауне моевок, больших морских и серебристых чаек обнаружено 8 общих видов (1 – трематод, 6 – цестод, 1 – нематод). При определении общих гельминтов для групп из двух видов птиц были получены следующие результаты: толстоклювая кайра и большая морская чайка – 1 вид нематод, моевка и большая морская чайка – 2 вида трематод, моевка и серебристая чайка – 4 вида гельминтов (1 – трематод, 2 – цестод, 1 – скребней), большая морская и серебристая чайки – 11 видов гельминтов (7 – трематод, 3 – цестод, 1 – скребней).

Количественная оценка показала высокую степень сходства фаун паразитов птиц в разных районах Мурмана. Значение коэффициента Серенсена K_S по районам “Запад-Центр” составило 0.69, “Центр-Восток” – 0.78, “Запад-Восток” – 0.64. Это свидетельствует о том, что в целом условия для реализации жизненных циклов гельминтов, завершающих развитие в морских птицах, прибрежной пелагиали и зоне литорали–сублиторали на побе-

режье Мурмана достаточно однородны. Некоторые локальные отличия обусловлены, по всей вероятности, физико-географическими особенностями районов, характером распределения промежуточных и окончательных хозяев паразитов (в первую очередь литоральных моллюсков, ракообразных и некоторых видов рыб) и, как следствие, разной вероятностью контактов между ними по системе трофических связей (эффект “границы ареала”).

ФИЗИОЛОГИЯ ПИТАНИЯ *TETRABOTHRIOUS EROSTRIS* (CESTODA: TETRABOTHRIIDAE) ИЗ КИШЕЧНИКА МОЕВКИ И СЕРЕБРИСТОЙ ЧАЙКИ

М.М.Куклина

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Известно, что ленточные черви, паразитирующие в желудочно-кишечном тракте позвоночных животных, лишены пищеварительной системы. Питательные вещества, необходимые для активной жизнедеятельности, они поглощают всей поверхностью тела. Обладая многими структурно-функциональными особенностями, тегумент цестод выполняет ряд существенных физиологических и биологических функций. Так, гидролиз и транспорт нутриентов осуществляются на поверхности стробилы ленточных червей.

Проведен анализ особенностей пищеварения цестод при паразитировании в птицах разных видов, отличающихся по типу питания. В качестве объектов изучения выбраны цестоды *Tetrabothrius erostris* (Cestoda: Tetrabothriidae), широкая специфичность которых позволяет им успешно развиваться в нескольких видах баренцевоморских птиц: морских и серебристых чайках, бургомистрах, моевках, короткохвостых поморниках (Куклин, Куклина, 2005). Многочисленные исследования доказали, что гельминты одного вида могут паразитировать в самых разнообразных видах позвоночных животных. При этом авторы отмечают изменения в плодовитости червей, их локализации в желудочно-кишечном тракте, физиологии питания и т. д. На примере *T. erostris* рассмотрим особенности пищеварения цестод при инвазии двух видов морских птиц, отличающихся по типу питания, с учетом возраста хозяина.

Исследованы ленточные черви *T. erostris* из тонкого кишечника моевки *Rissa tridactyla* и серебристой чайки *Larus argentatus*. Тетработриид извлекали из тонкой кишки птиц. С помощью метода последовательной десорбции изучена прочность фиксации пищеварительных ферментов на поверхности тегумента *T. erostris* (Кузьмина, 1976). Для этого стробилы ленточных червей помещали в раствор Рингера для теплокровных животных и встряхивали. Первую фракцию Д₁ получали через 30 с, последующие Д₂, Д₃ и Д₄ через каждые 15 мин. Затем гельминтов гомогенизировали. Фракция Д₁ содержит ферменты, локализованные в межворсиночном пространстве и участвующие в полостном пищеварении. Во фракциях Д₂, Д₃ и Д₄ присутствуют гликозидазы и протеазы, адсорбированные на пищеварительно-транспортной поверхности червей. Они участвуют в мембранном пищеварении. Гомогенат ленточных червей *T. erostris* – фракция, содержащая прочносвязанные ферменты с покровами паразитов и ферменты их внутренних органов.

В полученных фракциях Д₁, Д₂, Д₃, Д₄ и Г измеряли активности гликозидаз и протеаз (Anson, 1938; Алексеенко, 1968; Уголев, Иезуитова, 1969). Для характеристики особенностей пищеварения червей рассчитывали ряд коэффициентов. Рассматривали отношение активности ферментов, участвующих в мембранном пищеварении к активности ферментов, участвующих в полостном пищеварении (М/П), а также соотношение активностей ферментов в десорбированных фракциях к активности ферментов гомогената (Д/Г).

Результаты исследований показали, что у тетработриид, паразитирующих в тонкой кишке взрослых серебристых чаек и их птенцов, активности пищеварительных ферментов

не имеют значительных отличий. В то же время при использовании моевки в качестве окончательного хозяина возраст птицы для *T. erostris* имеет большое значение. Активности и гликозидаз, и протеаз тетработриид из кишечника птенцов превышают аналогичные показатели *T. erostris* из тонкой кишки взрослых птиц более, чем в 2 раза.

При исследовании кинетики десорбции ферментов с пищеварительно-транспортной поверхности тегумента тетработриид выявлены важные особенности. Максимальная активность ферментов гидролиза белков отмечена во фракции Д₁ – протеаз, участвующих в полостном пищеварении тетработриид. Независимо от возраста и вида хозяина коэффициент М/П для протеаз был ниже 1.0 и изменялся в пределах от 0.12 до 0.26. В то же время максимальная активность гликозидаз зафиксирована в гомогенате червей *T. erostris* из тонкой кишки серебристой чайки, а индекс М/П для гликозидаз составил 4.8 (птенцы) и 6.1 (взрослые особи), коэффициент Д/Г – 0.45 (птенцы) и 0.27 (взрослые особи). Показатели ферментов гидролиза углеводов *T. erostris* из тонкой кишки моевки по сравнению с *T. erostris* серебристой чайки имели ряд отличий. Во-первых, значения активности гликозидаз в гомогенате было выше особенно в гомогенате червей из кишечника птенцов моевки. Во-вторых, процессы полостного и мембранного пищеварения на поверхности стробилы *T. erostris* (моевка) идут интенсивнее, о чем свидетельствуют рассчитанные коэффициенты. Так, М/П составил 2.1 (птенцы моевки) и 1.5 (взрослые особи), Д/Г – 2.7 (птенцы) и 1.0 (взрослые особи).

На основании анализа полученных результатов можно предположить, что физиологические особенности пищеварения *T. erostris* определяются пищевыми потребностями и физиологией хозяина. Рацион питания моевки составляет главным образом рыба, в то время, как спектр кормов серебристой чайки обладает большим разнообразием, и значительную долю в нем могут составлять углеводные и липидные компоненты (в частности, пищевые отбросы и растительные корма). В связи с этим и активность пищеварительных ферментов кишечника хозяина имеет свои особенности. Кроме того, значительный объем пищи птенцы моевки получают в полупереваренном состоянии от родителей в течение длительного гнездового периода. Птенцы же серебристых чаек раньше переходят к самостоятельному поиску и добыванию кормов. По-видимому, видовые особенности строения пищеварительно-транспортных поверхностей кишечника животных существенно сказываются на свойствах паразитирующих в них цестод. Это предположение, выявленное по результатам данного исследования, согласуется с работами по изучению физиологии пищеварения ленточных червей *Eubothrium rugosum* из кишечника налима и *Triaenophorus nodulosus* из кишечника щуки (Кузьмина, Куперман, 1983; Извекова, 1990).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ЭКОСИСТЕМЫ БАРЕНЦЕВА И БЕЛОГО МОРЕЙ

В.В.Кулыгин¹, С.В.Бердников²

¹Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

²Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Циклы углерода и биогенных элементов являются определяющими при формировании биопродукционного потенциала водных экосистем, поэтому их сопоставление для различных морских экосистем позволяет выявлять качественные и количественные закономерности величины, сезонного хода и многолетних тенденций изменения биопродуктивности, а также ряда показателей качества вод, что весьма важно как в теоретическом, так и прикладном аспекте. Не менее важным является исследование возможного влияния на биогеохимические циклы и продуктивность морских экосистем климатических трен-

дов. Основные механизмы и звенья цикла углерода и биогенных элементов в морских экосистемах изучены и описаны довольно хорошо. Однако в различных водоемах скорости, соотношения и степень важности отдельных процессов и компонентов этих циклов существенно различаются в силу гидробиологических, гидрохимических, климатических, морфометрических и иных особенностей.

Для исследования процессов продуцирования и трансформации органического вещества в экосистемах морей Баренцева и Белого морей использовался модельный подход, объединяющий две математические модели: гидрологическую и продукционную.

В качестве гидрологической модели используется компартментальная модель, в которой водоем представляется в виде системы районов (компарментов) и балансовых уравнений водного, солевого и теплового обмена. Задача гидрологического блока – количественная оценка водных потоков между районами в результате действия разнообразных динамических процессов и внешних факторов, влияющих на формирование особенностей гидрологического режима.

Цикл углерода моделируется с использованием экологических групп фитопланктона и зоопланктона, а также компонент растворенного и взвешенного органического вещества. В приходной части учитываются поступление растворенных и взвешенных веществ со стоком рек, атмосферными осадками, а также в результате переноса из соседних водоемов. В расходной части учитывались потери органического углерода в результате седиментации взвешенного вещества, выноса водным потоком растворенных и взвешенных компонентов в соседние акватории. Для учета зависимости первичной продукции от концентрации питательных веществ модель включает уравнения, описывающие динамику потенциально лимитирующих биогенных элемента (азота и фосфора).

Первичным по отношению к биологическому круговороту процессом является фотосинтез. Практически вся первичная продукция в Баренцевом море, как и в других морях, создается фитопланктоном. Участие в ассимиляции углерода фитобентоса, перифитона, а также высшей водной растительности ограничивается прибрежными участками и мелководными заливами.

Все гетеротрофные звенья морской экосистемы в той или иной степени участвуют в процессах окисления (деструкции) органического вещества. С процессами деструкции сопряжены процессы высвобождения (минерализации) биогенных элементов, в первую очередь азота и фосфора, от концентрации минеральных форм которых зависит интенсивность синтеза органического вещества.

Масштабы углеродного цикла (поток углерода, проходящий через экосистему) определяются величиной первичной продукции. Органическое вещество, не подвергшееся окислению, накапливается в результате седиментации в донных отложениях, а также непосредственно в морской воде в виде растворенного органического вещества.

Модель биохимической динамики описывает следующие основные потоки: 1) фотосинтез (первичная продукция) и ассимиляция минеральных соединений азота и фосфора; 2) отмирание фито- и зоопланктона; 3) экскреция лабильных органических веществ фитопланктоном; 4) потребление фитопланктона и взвеси зоопланктоном с учетом неусвоения части пищи; 5) бактериальное окисление органических веществ в воде и выход минеральных соединений; 6) оседание взвешенного органического вещества.

Параметризация скорости продуцирования учитывает совместное воздействие освещенности, температуры воды и наличие питательных веществ. Для скоростей продукции зоопланктона и минерализации органического вещества использована зависимость от температуры воды.

Расчет значений первичной продукции экосистемы Баренцева и Белого морей выполнен для 1950–2010 гг.

Вегетационный сезон в Баренцевом море составил 6 мес. (с апреля по сентябрь). Пик продукции от мая к сентябрю распространяется на северо-восток моря. В сентябре значения первичной продукции в северных районах превышают продукцию в южных (хотя по абсолютным значениям максимумы продукции на севере существенно уступают максимумам продукции в южных районах, приходящимся на июнь).

В Белом море наиболее продуктивными являются глубоководные районы (без влияния речного стока). Высокими средними значениями первичной продукции характеризуется Кандакшский залив. Западные районы Баренцева моря с морскими атлантическими водами имеют величины суточной первичной продукции сходные с наиболее продуктивными районами Белого моря – 250–330 мг С/м². В Баренцевом море только южные прибрежные районы характеризуются более высокой продукцией фитопланктона – 500–600 мг С/м² в сутки.

Распределению биомассы зоопланктона в Баренцевом море присущи те же черты, которые определяют распределение первичной продукции. Отчетливо прослеживается сдвиг пика биомассы зоопланктона относительно фитопланктона на 1–2 мес. Влияние атлантических вод прослеживается только в западной части моря в водах Нордкапского течения.

Явно выраженные следствия климатических флуктуаций, например, изменение ледовитости, могут влиять на показатели ежегодной первичной продукции. Расчеты показывают, что в теплые годы с более активным притоком теплых атлантических вод показатели годовой первичной продукции в Баренцевом море достигают более высоких величин. Продукция фитопланктона у кромки льда может быть высокой, но она происходит в узкой зоне и на протяжении короткого периода, поэтому ее доля в общей продукции незначительна.

Несмотря на то, что Баренцево море наиболее изучено из всех арктических морей России, надежные оценки годовой первичной продукции отсутствуют. По расчетам разных авторов, годовая первичная продукция варьирует от 80 млн т С/год (56 г С/м² в год) до 150 млн т С/год (105 г С/м² в год).

По результатам модельных расчетов с 1950 по 2000 гг. первичная продукция Баренцева моря изменяется от 33.0 до 49.5 г С/м² в год при среднем значении 41.4 г С/м². Начиная с 2001 г. наблюдается повышение первичной продукции, а среднее значение за 2001–2010 гг. составило 53 г С/м² в год. Увеличение продукции может быть связано со снижением ледовитости и повышением температурного фона в Баренцевом море в указанный период и, как следствие, активизацией продукционных процессов.

Работа выполнена в рамках темы “Биоресурсы арктических морей России: современное состояние, влияние природных изменений и антропогенных воздействий, научные основы и перспективы использования” программы Президиума РАН “Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации”.

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕРЫ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ПРОМЫСЛОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ю.Ф.Куранов

Институт экономических проблем им. Г.П.Лузина КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Промышленное и прибрежное рыболовство во многих приморских регионах России являются одним из основных источников жизнедеятельности населения. Оно определяет занятость населения прибрежных территорий, участвует в формировании налоговой базы (региональной и общегосударственной), обеспечивает продовольственную безопасность страны. Так, в 2012 г. удельный вес вида деятельности “Рыболовство и рыбоводство” в структуре валового внутреннего продукта в целом по Российской Федерации составлял 0.2 %. По регионам Северного бассейна (Республика Карелия, Ненецкий автономный округ, Архангельская и Мурманская области) этот показатель находился на уровне 2.8 %, в Мурманской области – 7.4 %. Большее значение в этот период рассматриваемый показатель имел только в Камчатском крае – 13.9 %.

Приведенные данные свидетельствуют о важности и необходимости для приморских регионов соблюдения и поддержания принципов устойчивого и рационального рыболовства. Рациональное использование водных биологических ресурсов, управление их запасами имеет многоцелевую направленность и осуществляется под воздействием большого числа экологических, экономических и институциональных факторов.

Рыбохозяйственный комплекс России функционирует в условиях перманентных изменений и корректировок складывающейся системы институциональной среды и экономических стимулов. При всем многообразии структурных составляющих, формирующих институциональную среду, к определяющим относят законодательные и нормативные акты по регулированию экономической деятельности, систему форм собственности. Последнее, применительно к рыбопромысловой деятельности, помимо общепринятых условий, дополнительно определяется законодательно утвержденным принципом наделения хозяйствующих субъектов правом доступа к водным биоресурсам для их освоения.

Как известно, с переходом на рыночные отношения до 2003 г. промысловые водные биологические ресурсы ежегодно делились между регионами по сложившимся ранее пропорциям, а между хозяйствующими субъектами – по коэффициентам, принятым с учетом технологических и энергетических мощностей судов. По сравнению с общедопустимыми уловами квотируемых промысловых гидробионтов, выделяемые на суда ресурсы были значительно меньше их производственных мощностей. Вследствие этого наблюдалось развитие незаконного промысла, который невозможно было проконтролировать ввиду прямого вывоза рыбопродукции с моря за рубеж и различных теневых организационных схем.

В 1999 году впервые решением Правительства Российской Федерации была установлена плата за пользование водными биологическими ресурсами, с перечислением сборов в “Целевой федеральный бюджетный фонд управления, изучения, сохранения и воспроизводства водных биологических ресурсов”. Эта норма распространялась на незначительное количество валютоёмких рыб (на Северном бассейне – треска, пикша, гребешок) и не превышала 3.0 % их рыночной стоимости.

В 2001–2003 годах сформированная в предыдущие периоды практика ресурсопользования была дополнена аукционной системой распределения квот. Приобретение промышленных квот на аукционной основе закрепляло ресурсы за предприятиями, что явилось принципиальным отличием от прежней системы распределения ресурсов пропорционально судовым промысловым мощностям.

Введение системы аукционных продаж квотируемых объектов промысла (на Северном бассейне по треске, пикше и морскому гребешку) резко повысило объемы изъятия рентной составляющей и оказало существенное влияние на перераспределение квотируемых ресурсов между пользователями. В рассматриваемый период (2001–2003 гг.) объемы аукционных продаж в структуре квотируемых объемов вылова трески и пикши возросли, соответственно, с 14.4 до 63.5 % и с 17.1 до 58.2 %. В аукционный период ухудшение экономических показателей предприятий сопровождалось увеличением незаконного, несообщаемого и нерегулируемого промысла (ННН-промысла), снижением возможностей инновационного воспроизводства основных фондов (промысловых судов).

В 2004 году был введен долевой принцип наделения промысловых предприятий квотируемыми биоресурсами на долгосрочный – 5-летний период, а с 2009 г. – на 10-летний период. Критерием на право получения долей установлен среднегодовой вылов организаций за 3 года, предшествующих долевого распределению. Одновременно с этим вводились сборы за пользование биоресурсами в российской экономической зоне, дифференцированные по видам рыб.

Закрепление за пользователями долей на вылов квотируемых биоресурсов на длительный период стабилизировало условия хозяйствования, снизило масштабы ННН-промысла, способствовало ограничению эксплуатации неэффективных судов, списанию излишних мощностей промыслового флота и переводу части из них в отстой. Вместе с тем, закрепление позитивных условия хозяйствования привнесло и негативные моменты. Действующая

система элиминирует факторы конкуренции, не позволяет решать проблему вовлечения новых и, что наиболее существенно, сдерживает расширение деятельности эффективных пользователей. Помимо отмеченного, одним из сдерживающих фактором обновления флота является законодательно закреплённая “распыленность” биоресурсов между многочисленными пользователями.

В этот период получила практика освоения квотируемых биоресурсов арендованными судами, представлявшая в некоторых случаях завуалированную продажу этих ресурсов по ценам на уровне рентной составляющей. С экономической точки зрения аренда средств труда хозяйствующими субъектами, используемых ограниченное количество времени, рациональна и обоснована. Однако присвоение ренты без осуществления производственной деятельности формирует предприятия “рантье”.

Следующий комплекс проблем связан с прибрежным промыслом, освоением нетрадиционных объектов – “сидячих” видов гидробионтов (ракообразных, иглокожих), водорослей, а также малоиспользуемых видов рыб в прибрежной 12-мильной зоне. Аргументация сторонников прибрежного промысла основывалась, помимо социально-экономических факторов, на щадящем режиме промысла пассивными орудиями лова, меньшей материалоемкостью маломерных судов

В настоящее время на Северном бассейне условия освоения квотируемых биоресурсов в российской экономической зоне по прибрежной и промышленной квоте снивелированы и не имеют существенных отличий. При освоении прибрежных квот превалирует траловый промысел (преимущественно средними морозильными судами), пассивными орудиями лова осваивается не более 5 % общего вылова. До этого уровня снизились и объёмы ярусного промысла в целом по бассейну.

Вылов трески и пикши в территориальных водах снизился до 0.5 % (2013 г.) от общего объёма квотирования. Промысел нетрадиционных объектов – “сидячих” видов гидробионтов (ракообразных, иглокожих), водорослей, а также малоиспользуемых видов рыб в прибрежной 12-мильной зоне в последние годы практически не производится, носит (за исключением добычи крабов и отчасти водорослей) экспериментальный характер, что и определяет одновидовую направленность прибрежного промысла вопреки первоначальным намерениям.

В связи с вышеизложенным представляется целесообразным создание гибкой, оперативной системы перераспределения квот в течение года непосредственно субъектами Российской Федерации на местах с учетом стимулирующих предпочтений за выгрузку охлажденной рыбопродукции и освоение квот пассивными орудиями лова. Предлагается взимать с предприятий “рантье” целевые сборы за биоресурсы, освоенные арендованными судами в полном объёме. Помимо этого, для снижения рентной базы предприятий “рантье”, часть квотируемых биоресурсов (20–30 %), освоенных арендованными судами, изымать в пользу государства для последующей реализации на аукционах. Предлагаемые санкции применять для предприятий использующих арендованные суда более 2 лет и исключить таковые для организаций осуществляющих береговую рыбопереработку.

СООБЩЕСТВА ОДНОКЛЕТОЧНЫХ МИКРОВОДРОСЛЕЙ: “ТРЕТИЙ” ПУТЬ ЭВОЛЮЦИИ

В.В.Ларионов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Изучение закономерностей функционирования и развития сообществ одноклеточных микроводорослей продолжается уже более века, и на протяжении этого периода главной задачей было и остается выявление механизмов, регулирующих протекание этих процессов. Наиболее подходящим объектом таких исследований представляются пелагические

альгоценозы высокоширотных морских бассейнов, где параметры среды характеризуются широким диапазоном значений, их резкими перепадами и уровнями, близкими к критическим. Анализируя результаты многолетних исследований фитопланктона морей Арктики, мы не вправе считать данную проблему близкой к решению, но можем указать ведущее к нему ключевое направление.

С одной стороны, пелагические альгоценозы оказываются очень устойчивыми к внешним воздействиям, нарушающим их структурно-функциональную целостность, с другой – их пространственно-временная динамика в значительной степени коррелирует с изменениями “глобальных” природных факторов: солнечной радиации, ледового режима, температуры и солености воды, концентрации биогенных элементов, гидродинамических процессов. По этой причине некоторые из данных факторов – в первую очередь свет, тепло и биогены – традиционно считались определяющими ход всех биологических процессов в морских водоемах. В последние десятилетия, однако, подобный подход по отношению к микроводорослевым сообществам вызывает серьезные возражения и становится предметом дискуссии ввиду явно противоречащих ему фактов.

Так, к настоящему моменту нами накоплен значительный массив данных, свидетельствующих, что вегетация фитопланктона в эстуарных и прибрежных областях Баренцева и Карского морей не прекращается и в темное время года, причем не только на незамерзающих участках акватории, но и под сплошным ледовым покровом, где наблюдается так называемое “подледное цветение”. При этом проведенные исследования подтверждают, что клетки микроводорослей содержат функционально активный хлорофилл, а, значит, в период полярной ночи в пелагиали протекает и процесс фотосинтеза, для которого оказывается достаточным минимальный уровень освещенности. Следовательно, степень инсоляции не может определять ход развития и сроки наступления отдельных стадий сукцессионного цикла планктонных альгоценозов даже в арктических морях.

Температура воды, безусловно, является важнейшим фактором, оказывающим влияние на структуру и функционирование фитопланктонных сообществ и происходящие в них изменения, однако также не может претендовать на роль регулятора хода их сезонной сукцессии. Об этом свидетельствует, например, “индифферентность” структуры последней к наличию “теплых” и “холодных” лет и географической локализации: альгоценозы прибрежных вод арктических архипелагов, с минимальными температурами на протяжении всего года, характеризуются тем же набором стадий годового сукцессионного цикла, а также высокими продукционными показателями.

Такое же утверждение справедливо и в отношении следующего фактора – концентрации биогенных элементов. Традиционно считалось, что резкий спад количества фитопланктона после бурного весеннего цветения обусловлен именно их “выеданием”, а последующее возрастание обилия – “возвращением” в пелагиаль вследствие минерализации образовавшегося органического вещества. Однако, при внимательном сравнении графиков сезонной изменчивости концентраций биогенов и количественных характеристик микроводорослей не обнаруживается четкого совпадения ни времени наступления максимумов и минимумов, ни продолжительных устойчивых трендов; нет даже фазовых сдвигов, которые могли бы свидетельствовать о стабильном запаздывании реакции сообщества на изменение параметров среды. Более того, детальное изучение популяций массовых форм фитопланктона на весеннем пике выявляет в них значительное число спор, а в составе фотосинтетических пигментов – большой процент феофитина (продукта распада хлорофилла). Это означает, что процесс деградации альгоценоза начинается задолго до исчерпания запаса биогенных элементов в фотическом слое.

Все вышеизложенное приводит нас к единственно возможному заключению: структурные перестройки в пелагических альгоценозах (повышение и снижение численности и

биомассы, смена доминирующих видов и видовых комплексов и, в конечном итоге, последовательность стадий сукцессионного развития) напрямую не зависят от абиотических условий, а определяются саморегуляцией. То есть все качественные и количественные изменения в фитопланктонных сообществах происходят благодаря действию заложенных в них внутренних механизмов.

Возникает парадоксальная, на первый взгляд, картина: одноклеточные водоросли, намного теснее, чем другие организмы, связанные с внешней средой, оказываются в большей степени независимыми от воздействия ее факторов; мало того, в ходе эволюционного процесса они приобретают механизмы поддержания этой независимости. Однако на самом деле ничего удивительного в данной ситуации мы не увидим, если рассмотрим, какими путями позже пошла эволюция многоклеточных организмов. А она протекала, в зависимости от способа адаптации к окружающей среде, по двум генеральным направлениям, что и привело в итоге к формированию двух основных царств живой природы: растений и животных. Конечно, изначальной причиной их разделения послужило различие типов питания (авто- и гетеротрофии), но последствия приобрели более глобальный характер. Растения, “привязанные” к источникам света и воды и, соответственно, развивавшиеся как прикрепленные жизненные формы, пошли по пути изменения и “оптимизации” условий своего существования, т. е. кондиционирования среды. Животные, приобретшие подвижность, необходимую для поиска пищи, стали ее использовать и для выбора оптимальных мест обитания. Но очевидно, что эти пути невозможны для микроводорослей: в силу своей одноклеточности они не способны ни менять среду (хотя некоторые специалисты придерживаются и такой точки зрения), ни активно передвигаться в поисках лучших условий для жизни. В результате эти организмы эволюционировали особым, третьим, путем (хотя, по сути, исторически он был первым!): путем максимального “игнорирования” влияния внешних факторов, с выработкой эндогенных механизмов ослабления или даже нейтрализации их негативного воздействия.

Косвенным подтверждением данной гипотезы являются результаты исследования взаимоотношений микроводорослей с их “непосредственными” потребителями, каковыми в первую очередь являются организмы зоопланктона. В ходе изучения данного вопроса в морских водоемах разных широт часто наблюдается одна и та же картина: преимущественное выедание тех организмов фитопланктона, которые на текущий момент достигают максимального уровня обилия. Вместе с тем отмечено, что некоторые “нарушения” сезонной динамики и пространственной структурированности пелагических альгоценозов – слишком резкие (иногда повторяющиеся) повышения и спады численности и биомассы некоторых видов во времени и пространстве – обычно имеют место в период и(или) в районе массового развития зоопланктона. Это позволяет предположить, что мы имеем дело с хорошо разработанной стратегией, заключающейся в том, что “на откуп” хищнику отдается специально “выбранный” для этого элемент сообщества. Само же наличие таких представителей, обладающих высокой репродуктивной способностью, можно расценить как проявление указанной стратегии: если от консумента нельзя защититься, самым верным способом “спасения” будет стабилизация его в планктонной экосистеме путем “выделения” на потребление малой части “потребляемого компонента” этой экосистемы. Налицо ярко выраженный механизм нейтрализации негативного фактора среды, в данном случае биотического.

Таким образом, мы вправе сделать вывод, что в одноклеточных микроводорослях, несмотря на их внешнюю морфологическую и физиологическую простоту, заключены результаты долгого пути эволюции, иного, нежели у многоклеточных организмов. Ее объектом служат не отдельные виды, а сообщества. Лишь из такого понимания мы можем выявить механизмы, регулирующие процессы их функционирования и развития.

ГУСИ НА МИГРАЦИИ И ЗИМОВКЕ В БАССЕЙНЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

Н.В.Лебедева

Азовский филиал Мурманского морского биологического
института КНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Трансформация обширных территорий в Западной и Восточной Европе привела к утрате многих подходящих для гусеобразных местообитаний. Это оказалось связанным как с деятельностью человека, так и с наступлением засушливого периода, повлиявшего на состояние водно-болотных биотопов степной и полупустынной зон, где дальние арктические мигранты останавливаются на продолжительные миграционные остановки. В начале XX века отмечено уменьшение многих видов водоплавающих на путях миграций и, соответственно, на зимовках.

Веселовское водохранилище, расположенное в долине р. Западный Маныч в бассейне Азовского моря, – важная область на пути миграций гусей, в том числе арктических и ближних мигрантов, и может служить как в качестве места остановки птиц, так и в качестве резервной “холодной” зимовки для некоторых видов гусеобразных. Начало XXI века на юге европейской части России характеризовалось серией холодных зим, когда продолжительность замерзания не только континентальных водоемов, но также Азовского моря и Северного Каспия достигала 50–70 сут. В этих условиях важными для птиц оказываются резервные зимовки, где они могут оставаться в неблагоприятный период. Для Веселовского водохранилища, расположенного в зоне “холодных” зимовок, характерны реверсивные миграции птиц в течение зимы. Усиление морозов в районе Веселовского водохранилища приводит к “оттоку” гусеобразных на морские акватории Азово-Черноморского бассейна.

На модельных участках (солёные озера, балки водохранилища, участки степи, прилегающие сельскохозяйственные угодья) в районе Веселовского водохранилища проводили регулярный мониторинг орнитофауны и населения птиц водно-болотного комплекса, в том числе гусей на протяжении нескольких последних лет. Было зарегистрировано, что численность гусей на миграционной остановке существенно снизилась по сравнению со второй половиной XX века. Численность отдельных видов варьировала в разные сезоны года на участках, где проводили наблюдения, достигая следующих максимальных значений: серый гусь (местные и северные популяции) *Anser anser* – 16000 особей, белолобый гусь (арктический мигрант) *Anser albifrons* – до 7000 особей, краснозобая казарка *Branta ruficollis* (арктический мигрант, уязвимый вид) – до 100 особей. Самые крупные скопления формировались в период осенних миграционных остановок, часть северных популяций весной следовала через Западный Маныч транзитом. Наличие и доступность кормовых ресурсов, благоприятный гидрологический режим водоемов способствуют повышению экологической емкости местообитаний. Были получены новые детальные данные об особенностях пребывания гусей на миграционной остановке в долине Западного Маныча.

Благодаря программе по восстановлению локальной популяции серого гуся удалось выяснить не только направление и пути миграции, но и место “теплой” зимовки местной популяции серого гуся.

Разработаны и внедрены практические мероприятия по формированию зоны покоя для мигрирующих и зимующих гусеобразных в районе Веселовского водохранилища на основе анализа динамики численности и характеристик местообитаний.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ДНА И ПОБЕРЕЖИЙ ЗАЛИВА АКАДЕМИИ (ОХОТСКОЕ МОРЕ)

Т.Д.Леонова, О.В.Белоус

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева, г. Владивосток, Россия

Морские берега являются наиболее динамичными природными объектами, крайне чувствительными к любым антропогенным воздействиям. Минерально-сырьевой потенциал Шантарского региона Охотского моря огромен, а в условиях расширяющегося освоения морских побережий остро встает проблема изменения ландшафтов берегов и охраны природной среды. Таким образом, важнейшей задачей становится обобщение имеющегося материала об особенностях формирования и развития берегов залива Академии.

В работе использованы результаты геолого-гидрологических исследований на НИС “Первенец” (1976 г.) и “Бриг” (1989 и 2003 гг.), визуальных наблюдений на НИС “Убежденный” (2009 г.), “Осмотрительный” (2011 г.) и “Бухаро” (2013 г.), фондовые материалы Тихоокеанской экспедиции ВНИИМоргео (1972–1982 гг.). Так же был проведен морфологический и морфометрический анализ топографических и морских карт.

Берега исследуемого района, сложенные породами самого разнообразного состава и происхождения, находятся под воздействием селективной денудации (отдельные участки относятся к районам с вечной мерзлотой), припайного и дрейфующего льда, который восполняет недостаточность волновой деятельности в продолжительный зимний период.

Берега залива Академии по характеру расчленения береговой линии близки к риасовым и представлены системой полуостровов и заливов, которые четко обозначают их разломно-глыбовое строение. В вершинах риасов сформированы аллювиальные низменности, ограниченные с моря комплексом береговых аккумулятивных форм.

Приливоотливные и стоковые течения в обстановке риасового побережья создают сложные гидродинамические условия. Роль течений в формировании рельефа берегов неоднозначна: они осуществляют перенос осадков в пределах береговой зоны (с образованием аккумулятивных форм), в то же время оказывают эродирующее воздействие, формируя каналы стока и различные впадины.

На основании проведенного исследования можно сделать некоторые предположения о тенденциях развития рельефа береговой зоны залива Академии, что поможет при выявлении экологических последствий антропогенного воздействия на побережье в крайне неустойчивой ландшафтной зоне с чертами субарктического климата.

Установлено, что на большей части исследуемых берегов преобладают денудация и вдольбереговой транзит наносов. Участки современной аккумуляции приурочены к вершинам бухт и устьям крупных и средних рек. В условиях возможного подъема уровня Мирового океана на участках абразионно-бухтового побережья в зависимости от геологического строения (устойчивости к размыву слагающих побережье геологических формаций) абразия будет протекать с разной скоростью, т. е. берег будет отступать на различное расстояние. Возможно, несколько активизируется абразия в пределах выступающих в море мысов. Однако на абразионно-дунудационном побережье отступление берега будет незначительным вследствие высокой прочности пород. Наибольшие изменения, вероятно, будут происходить в вершинах заливов – в пределах осушки, которая будет подвержена размыву. Предположительно, произойдет затопление маршей и аллювиальных низменностей. Прогнозируемое повышение уровня моря должно привести к активизации процессов абразии на дне залива, увеличению мощных вдольбереговых потоков наносов.

О РЕЛЬЕФЕ И “ЖИВОЙ ТЕКТОНИКЕ” АРКТИКИ

В.В.Лепешко, О.В.Белоус

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева, г. Владивосток, Россия

Термин “живая тектоника”, используемый в заголовке, требует уточнения. Он не является синонимом термина “неотектоника”, как указывается в некоторых словарях. Живая – следовательно, действующая сейчас. Неотектоника отражает доминантный тектонический режим ареала распространения конкретного рельефа, а живая тектоника – тенденции последних проявлений деформаций этого ареала. Неотектоника может охватывать весь временной интервал кайнозоя, живая тектоника – четвертичный период или только голоцен. Региональные и локальные деформации перманентно изменяют тенденции морфогенеза за геологически короткие интервалы времени.

Анализ строения рельефа Арктики дает представление о последовательности и направленности связанных с его формированием природных процессов. Процессы усложнения и выравнивания рельефа Арктики связаны с глобальными тектоническими деформациями, которые за период кайнозоя кардинально изменили структурный план земной поверхности. В пределах Мирового океана и материков за это время произошло формирование и распределение геоморфоструктур, слагающих современную земную кору. В кайнозой можно выделить как минимум три этапа изменений тенденций в рельефообразовании. Здесь мы рассмотрим последние из тенденций эндоморфогенеза, которые действуют и сегодня как живая тектоника.

Нами ставилась задача выявить и описать основные черты рельефа Арктики и выделить динамические тенденции живой тектоники. Для этого необходимо рассмотреть морфоструктуры Арктики в кинематической связи с остальными структурами Северного полушария, что было сделано при применении структурно-парагенетического анализа рельефа на основе карт, построенных по программе ETOPO1/ с учетом геологических, топографических и геофизических данных.

По признакам деформаций земная поверхность подразделяется на участки, различающиеся длительностью, последовательностью и интенсивностью направлений деформирующих сил и выравнивающих процессов. Такие участки называют структурными парагенезами деформаций. Каждый структурный парагенез своим рельефом, геологическим строением и формой характеризует геомеханические параметры рельефообразования, зависящие от деформаций земной коры. Парагенезы подчиняются иерархии, и в зависимости от масштаба исследований они отражают масштабы рельефообразующих процессов. Группы структурных парагенезов, объединенных по отличительным признакам определенного развития геологических событий, называют ансамблями или ассоциациями парагенезов. Структурные парагенезы и их ассоциации содержат информацию как о широких ареалах формирования рельефа, так и узких протяженных зонах и отдельных структурных границах. Протяженные структурные парагенезы обычно разделяют или осложняют более широкие.

Сравнение строения и пространственно-временного сочетания структурных парагенезов разных размеров и форм дает представление о генезисе, направленности и последовательности изменений рельефообразующих процессов. Например, рельеф хребта Гаккеля типичен для поднятий срединно-океанических хребтов. Он сложен парагенезами структур, формирующихся при спрединге. Это субпараллельные узкие возвышенности и впадины приосевой части, а также расходящиеся вкрест от оси субпараллельные друг другу образования трансформных разломов. Индивидуальность развития хребта проявлена в пространственно-временных отношениях указанных парагенезов на всем его протяжении.

По смещениям оси, форме и отчетливости границ поднятия отслеживаются сдвиговые деформации и их развитие. Таким образом, ассоциации структурных парагенезов хребта несут информацию о его генезисе, ранних и поздних деформациях.

В Арктике рельефообразующие процессы прямо и опосредованно связаны с спредингом и синхронными ему тектоническими деформациями, а также экзогенным выравниванием. На протяжении кайнозоя направления процессов эндоморфогенеза в плане и разрезе постепенно менялись. Последние из них – живая тектоника – частично отличаются от предыдущих распространением, направлением и интенсивностью развития в разных ареалах. В хребте Гаккеля это характерные смещения частей активной оси спрединга, локальные прогибы у границ поднятия, аномальная протяженность в рельефе некоторых трансформных разломов. На суше тенденции живой тектоники проявлены парагенезами перестроек прежнего рельефа. Это границы между крупными равнинами и горными массивами, характерные одинаковые смещения речных долин и хребтов, распространение и формы ареалов неоген-четвертичных отложений и примыкающих к ним гимнестических поверхностей.

Арктика принадлежит к тектонически обособленной области Северного полушария. В рельефе эта область представляет собой нечетко, но тенденциозно обозначенный круг, строение которого близко к сегментарному. Южное ограничение круга – пояс, сложенный парагенезами структур широких зон складчатости и сдвига-раздвиговых зон. Ориентировка структур в пределах пояса субпараллельна ее границам или под косым углом к ним. В Евразии пояс прослеживается от Атлантического побережья Испании на восток, включая следующие структуры: Пиренеи – Альпы – Карпаты – Тянь-Шань – Алтай, Саяны – р. Лена и р. Алдан с междуречьем – Становой хребет – хребет Джуг-Джур – хребет Колымский. Далее на восток – северное побережье Северной Америки. Это хребет Брукс, побережье и острова от о. Банкс – о. Баффинова Земля, залив Лабрадор. И через ложе Атлантического океана, Азорские острова – к берегам Испании.

Этот тектонический пояс имеет сложное гетерогенное строение, отражающее определенные деформации земной коры в Северном полушарии на протяжении всего кайнозоя. Динамические тенденции кайнозойского этапа формирования земной коры нашей планеты отразились на ее поверхности характерными сочетаниями форм и распределением морфоструктур. Самые общие тенденции соответствуют усиливающемуся влиянию сил вращения Земли в экваториальной плоскости на направления тектонических деформаций. Вращение приполярных областей с запада на восток отстает от масс коры между ними. Кроме того, фрагментарно заметна реликтовая тенденция вращения с юга на север в Восточном полушарии, почти поперечная нынешнему. Эти тенденции определили характерные отличия строения приполярных областей и их ограничивающих тектонических зон. Живая тектоника продолжает принципиальные тенденции структурных изменений литосферы, динамически запущенных каким-то планетарным событием задолго до кайнозоя. По совокупности геологических данных это событие произошло в интервале времени от позднепермского до раннетриасового.

ОБОНЯТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГРЕНЛАНДСКИХ ТЮЛЕНЕЙ К ДИМЕТИЛСУЛЬФИДУ

Ю.В.Литвинов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Долгое время значение обонятельного анализатора в жизни морских животных существенно недооценивалось. Однако недавние исследования позволяют сделать вывод о более значительной роли обоняния в их жизнедеятельности, в том числе и во время поиска пищи. Одним из вероятных сигнализаторов, используемым водными животными при поиске пищи, может быть диметилсульфид (ДМС).

В ходе экспериментальных работ, проводимых на биотехническом аквакомплексе ММБИ с серыми тюленями *Halichoerus grypus* Fabricius, 1791, была выявлена способность этих животных отличать запах ДМС в малых концентрациях от других обонятельных раздражителей (Войнов и др., 2013).

Цель данной работы – установить способны ли гренландские тюлени *Pagophilus groenlandicus* Erxleben, 1777 отличать запах ДМС от запаха другого вещества. Основные задачи заключались в обучении животных работе с экспериментальной установкой и постановки с ее помощью эксперимента по выработке у гренландских тюленей условного рефлекса на запах ДМС.

Работы проводились на биотехническом аквакомплексе ММБИ в Кольском заливе в июле–августе 2012 г. Время проведения эксперимента примерно соответствовало времени выхода диких тюленей к местам нагула во время миграций. В экспериментальных работах участвовали две самки гренландского тюленя в возрасте 6 мес. Тюлени прошли курс общей подготовки морских млекопитающих (Матишов и др., 2010). На момент начала эксперимента животные были здоровы и имели высокий уровень пищевой мотивации. Режим кормления и количество пищи до и во время работ не менялся. Животным давали 2 раза в сутки по 1 кг мойвы (11:00 и 18:00).

С каждым животными эксперимент проводился по методике выработки дифференцированных условных рефлексов при одновременном предъявлении двух стимулов и положительном подкреплении одного из них (Зорина, Полетаева, 2002). В качестве положительного раздражителя (S^+) использовался 10 %-й раствор ДМС, разовая доза вещества составляла 2 мл. В качестве отрицательного раздражителя (S^-) использовался 10 %-й раствор камфорного масла, объем разовой дозы вещества – 2 мл. Камфорное масло применялось нами ранее как положительно подкрепляемый стимул и не оказывало на животных негативного воздействия (Литвинов, 2011).

Ход экспериментальных работ был разделен на два этапа. На первом этапе проходил процесс обучения животных навыкам, необходимых для проведения экспериментальных работ с помощью установки. На втором этапе проводились непосредственно экспериментальные исследования обонятельной чувствительности гренландских тюленей к ДМС.

Экспериментальная установка представляет собой два полипропиленовых цилиндра, закрепленных на деревянном бруске, длина которого составляет 220 см, что позволяет устанавливать его внутри садка с животным. Цилиндры имеют длину 30 см и диаметр 6 см, благодаря чему тюлень способен свободно просовывать в него переднюю часть головы и дышать. С одного конца закреплен электрический вентилятор с питанием от батарейки, который нагнетает воздух в цилиндр, благодаря чему существенно повышается концентрация ароматического вещества, и погодные условия в меньшей степени оказывают влияние на проведение эксперимента. При этом диаметр цилиндра не позволяет животному открывать рот и использовать вкусовые рецепторы. Цилиндры расположены на расстоянии 52 см от концов бруса. Посередине каждого цилиндра вырезано отверстие диаметром 8 см. В него вставляются пластиковые емкости с ароматическим веществом, помещенным на медицинскую вату. В емкостях просверлены отверстия. Размеры емкостей позволяют быстро менять их местами.

На первом этапе тюленей обучали по команде засовывать переднюю часть головы в полипропиленовый цилиндр и оставаться в таком положении до 10 с. Также животных приучили к звуку работающего вентилятора. На данном этапе обоим тюленей ознакомили с обонятельными раздражителями в виде 10 %-го растворов камфорного масла и ДМС. Отрицательной реакции на запахи данных веществ выявлено не было.

В ходе второго этапа экспериментальную установку помещали в садок на расстоянии 2 м от животного. По команде тюлень должен был найти цилиндр с положительным стимулом и зафиксировать переднюю часть головы в нем на 10 с. Животному разрешалось

обследовать оба цилиндра. В случае правильного выполнения следовало пищевое подкрепление в виде рыбы. Эксперимент проводился во время утреннего и вечернего кормлений. Емкости с раздражителями менялись в псевдослучайном порядке – не более двух одинаковых повторений подряд. Всего было проведено 30 тренировок по 10 предъявлений на каждой. Тюлень № 1 на 10-й тренировке показал 75 % правильных ответов. В дальнейшем этот показатель возрастал и дошел на 24-й тренировке до 100 %. В среднем за последние 10 тренировок он составил 98 %. Тюлень № 2 на 12-й тренировке показал 75 % правильных ответов, и в дальнейшем этот показатель также достиг 100 % правильных ответов. В среднем за последние 10 тренировок он составил 95.5 %.

Полученные в ходе экспериментальной работы данные свидетельствуют о том, что гренландские тюлени способны чувствовать и отличать запах ДМС от запаха других веществ. Согласно литературным данным, высокая концентрация ДМС фиксируется на небольшой высоте в биопродуктивных областях Мирового океана (Ferek et al., 1986). Тюлени при дыхании могут чувствовать запах этого вещества и, таким образом, использовать его при поиске пищи. Для полноценной оценки значимости обоняния в жизни ластоногих необходимо проведения более глубоких исследований.

МОРСКАЯ УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА СТУДЕНТОВ КАФЕДРЫ ГЕОМОРФОЛОГИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИИ МГУ ИМ. М.В.ЛОМОНОСОВА НА БЕЛОМОРСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ИМ. Н.А. ПЕРЦОВА

Н.Н.Луговой, Ф.А.Романенко, Е.И.Игнатов, Т.Ю.Репкина, Н.В.Шевченко
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

Геолого-геоморфологическая учебная практика после второго курса – один из главных элементов подготовки специалистов-геоморфологов в МГУ. Она проводится по окончании четвертого семестра обучения, после прослушивания учебных теоретических курсов по направлению “География”. За 70 лет существования кафедра геоморфологии подготовила около 1500 специалистов.

Основная цель практики – закрепление теоретических знаний, полученных студентами на лекциях и семинарских занятиях по крупному блоку курсов – “Геоморфология с основами геологии”, “Историческая геология”, “Минералого-петрографические методы исследований”, “Методы полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования”, “Геотектоника” и “Геохимические процессы в рельефообразовании”, а также приобретение навыков ведения полевых береговых и морских работ.

В 1950–1980-е годы морская практика проходила в Крыму и Дагестане, в отдельные годы – на Балтийском море, а с 1997 г. практика на постоянной основе ежегодно проводится на Беломорской биологической станции им. Н.А.Перцова (ББС) Университета. Она расположена в Республике Карелия и образует пос. Приморский на п-ове Киндо Карельского берега Кандалакшского залива, примерно в 15 км от железнодорожной станции Пояконда Октябрьской железной дороги. Пролив Великая Салма отделяет п-ов Киндо от о. Великий, самого большого в Кандалакшском заливе, и соединяет акваторию Ругозерской губы с открытым морем. Географические координаты биостанции: 66°34' с. ш. 33°08' в. д. Проезд на ББС осуществляется катером по Ругозерской губе. Район практики, где совершенствуются навыки и закрепляются знания студентов, включает юго-западное побережье Кандалакшской губы Белого моря и Кузокоцкий архипелаг – группу небольших островов в приматериковой части пролива Великая Салма между мысом Панфилова и п-овом Кузокоцкий. Внешнюю цепь этого архипелага составляют острова Кастьян, Кокоиха, Покормежный, Медвежий и др., внутреннюю – острова Березовый, Еловый, Лушковы и др. С 1997 по 2014 годы беломорскую практику прошли более 220 студентов.

В программу практики входит приобретение, освоение и закрепление в полевых условиях методов, приемов и навыков полевых геоморфологических исследований, в том числе – маршрутных и съемочных работ в береговой зоне и в акватории моря, получение и закрепление навыков полевого геоморфологического картографирования, что включает: обоснование выбора маршрутов и точек наблюдений, документацию естественных обнажений и выработок скальных и рыхлых пород, полевые определения горных пород, породообразующих и важнейших аксессуарных минералов, отбор образцов и оформление учебной коллекции горных пород, ведение индивидуального полевого дневника, предполевое, полевое и камеральное дешифрирование аэрофотоснимков, пользование приборами спутникового позиционирования – GPS, горным компасом, анероидом, стереоскопом.

В ходе морской практики выполняются эхолотные промеры в проливе Великая Салма с отбором образцов донного грунта дночерпателем и детальное картографирование приливной осушки. При маршрутных исследованиях, при анализе картографических и аэрокосмических материалов, фондовой и опубликованной литературы студенты знакомятся с региональными геоморфологическими особенностями Беломорья, с особенностями развития береговых процессов на приливных морях, со строением разных генетических типов рельефа (абразионно-аккумулятивного, эрозионно-денудационного, экзарационно-тектонического и др.), его морфоструктурными элементами, морскими и береговыми экосистемами и особенностями взаимодействия биологических компонентов с рельефом. Выявляются взаимосвязи геологической структуры и литологической специфики с рельефом и морфоструктурой. В ходе работы над отчетом студенты составляют серию геоморфологических карт и геолого-геоморфологических профилей побережья и дна, батиметрическую карту, крупномасштабные геоморфологические карты приливной осушки, морфоструктурные карты, карты современных геоморфологических процессов и типов берегов и другие материалы, которые сопровождаются пояснительными записками.

Кроме авторов доклада, в организации и проведении практики участвовали в отдельные годы А.А.Лукашов, Е.Г.Маев, В.И.Мысливец, В.В.Фроль. В ней участвуют аспиранты и студенты старших курсов в рамках своих экспедиционных исследований и производственных практик.

Традиционно в программу морской практики входят береговые работы на п-ове Киндо и островах Костьян, Кокоиха, промер в бухте ББС и по маршруту ББС–о. Кокоиха.

В отдельные годы программа беломорской практики расширяется. В 1998–2000 годах удавалось осмотреть карьер гранитных пегматитов на Панфиловой вараче, в 2005 г. маршруты охватили Кузокоцкий полуостров и о. Медвежий, в 2006 г. – о. Покормежный, в 2008 г. беломорская практика достигла Соловецкого архипелага, где расположен филиал ББС МГУ. В течение 3 дней маршруты проходили по о. Большой Соловецкий. В 2012 году проведен учебный рейс на судне ББС “Научный” по маршруту пос. Чупа–губа Чупа–Керетский архипелаг (высадки на острова Кереть, Средний, Черемшиха, Сидоров)–Соностров–о. Костьян–ББС МГУ. Группа базировалась на ББС Зоологического института РАН на мысе Каргеш у выхода из губы Чупа, а также на базе ЗАО “Марикультура” на о. Тонисоар. В ходе рейса, наряду с геоморфологической съемкой островов и материкового побережья, проведен эхолотный промер по ходу судна и галсами, отбор донного грунта. В 2013 году студенческая группа и преподаватели приняли участие в выполнении совместного с ББС проекта по изучению системы Бабьего моря. Геоморфологическая съемка побережий дополнялась бурением озерно-болотных отложений на о. Великий с отбором образцов в окрестностях морских порогов в проливах, соединяющих полузамкнутый залив Бабьего моря с акваторией Кандалакшского залива.

Совершенствованию научно-методической базы практики способствуют и исследовательские работы, которые регулярно проводятся на ББС МГУ силами преподавателей, студентов и аспирантов. В 2000 году Ф.А.Романенко организовал зимнюю Беломорскую

экспедицию, которая стала практически ежегодной в период студенческих каникул. Экспедиция проводит наблюдения за рельефообразующей деятельностью припайных льдов. Отработанная на ББС МГУ методика затем применялась и на других побережьях Белого моря. С 2009 года этой тематикой руководит Т.Ю.Репкина, которой удалось создать на ББС МГУ единственный в Арктике стационар по изучению перемещения припайными льдами обломочного материала. Работы на площадках к западу от мыса Крестовый продолжаются летом, осенью и зимой. В 2003–2006 годах Ф.А.Романенко и О.С.Олюнина (Шилова) пробурили 22 скважины практически на всех торфяниках п-ова Киндо и о. Костьян, а также в основании Кузокоцкого полуострова, отобрав образцы на радиоуглеродное датирование и диатомовый анализ. Удалось установить, что морские осадки распространены на высотах до 95 м, и рассчитать скорость тектонического воздымания района ББС. В 2012–2013 годах А.В.Баранская провела морфоструктурное районирование района практики, выполнила серию замеров трещиноватости и по содержанию изотопа бериллия-10 установила время выхода блоков гнейсов до 10 м в поперечнике, лежащих на разных высотных уровнях, из-под воды и(или) ледника. В результате п-ов Киндо и его окрестности стали сравнительно хорошо изученным геоморфологическим полигоном.

ИЗМЕНЕНИЯ ЗООБЕНТОСА НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН” С 1995 ПО 2012 гг.

О.С.Любина¹, Н.А.Анисимова², П.А.Любин²

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

²Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича, г. Мурманск, Россия

Многолетние исследования зообентоса на разрезе “Кольский меридиан”, начатые еще в начале XX века Мурманской биологической станцией, располагавшейся в Александровской гавани, и затем неоднократно проводимые ММБИ и ПИНРО, следует считать старейшим отечественным мониторингом донной составляющей морских арктических экосистем. С 1995 года ММБИ и с 2003 г. ПИНРО проводят бентосные исследования на разрезе “Кольский меридиан” по единой методике, что позволяет сравнивать и статистически оценивать получаемые результаты. С 2010 года ПИНРО и ММБИ объединили свои усилия при проведении мониторинга, что позволило повысить регулярность исследований, скорость обработки материалов и качество таксономических определений. За 17-летний период (1995–2012 гг.) получен огромный массив количественных данных: выполнено 9 рядов наблюдений, отобрано 410 проб на 87 станциях. Бентосные станции располагались вдоль разреза “Кольский меридиан” (33°30' в. д.) от 69°30' до 74° с. ш. с интервалом в 30'. В 1995 году по 2 пробы на станции было отобрано дночерпателем “Океан-50” с площадью захвата 0.25 м², во все остальные годы – по 5 проб на станции дночерпателем ван-Вина с площадью захвата 0.1 м². До 2010 года пробы промывались через капроновое сито с размером ячеек 0.75 мм, а с 2010 г. – с размером ячеек 1 мм. Съёмки были проведены в 1995, 1997, 2000, 2001, 2003, 2007, 2010, 2011 и 2012 гг.

В материалах съёмок 1995–2012 гг. на станциях разреза “Кольский меридиан” было обнаружено 722 вида и 142 таксона надвидового уровня, относящихся к 241 семейству, 89 отрядам, 34 классам и 18 типам морских донных беспозвоночных.

Полученные результаты показали высокую степень стабильности видовой плотности, межгодовые колебания которой с 2000 г. не превышают 15 видов/0.5 м².

Соотношение биогеографических групп зообентоса в целом по разрезу в ряду наблюдений также характеризуется относительной стабильностью. Только в 2007 г. отмечено увеличение относительного количества бореальных видов (в основном на станциях 2 и 4), произошедшее сразу после исторического максимума температурных аномалий 2006 г.

Однако максимальные показатели биоразнообразия (общее количество видов на разрезе и видовая плотность) были зарегистрированы в промежуточном по теплосодержанию “нормальном” 2003 г. (Карсаков, 2009), когда было отмечено одновременное увеличение количества как бореальных, так и арктических видов. В этом же году отмечен и максимум численности зообентоса на разрезе. Таким образом, соотношение биогеографических групп зообентоса по биомассе, численности и видовому разнообразию связано с температурными условиями. Полученные результаты согласуются с ранее опубликованными данными (Несис, 1960; Денисенко, 2006; Фролова и др., 2008; Матишов и др., 2011).

Так же за 17-летний период наблюдений отмечено увеличение биомассы бентоса с максимумом в 2010 г. Возрастание биомассы произошло за счет бореальных видов в южной части разреза (станции 2–5) и бореально-арктических на северных станциях (6–8). Отмеченное увеличение биомассы коррелирует с длительным периодом потепления и аномально высокой придонной температурой, наблюдаемой в 2006 и 2012 гг.

В пределах разреза “Кольский меридиан” взаимосвязь биомассы бентоса с температурными условиями носит положительный характер, поскольку фауна этого района в основном состоит из бореально-арктических и бореальных видов (Денисенко, 2006; Денисенко, 2007; Фролова и др., 2007). Полученные данные дают основания полагать, что при кратковременном понижении придонных температур можно ожидать уменьшения общей биомассы и численности бентоса, а при более длительном периоде похолодания – и видового разнообразия. Очевидно, что при похолодании произойдет увеличение биоразнообразия и обилия арктической группы видов, но так как на их долю в пределах разреза приходится не более 9–12 % фаунистического состава, выход арктической группы видов на лидирующие позиции, даже при значительном похолодании, – маловероятен.

В пределах исследованного периода общее снижение биомассы и численности бентоса на разрезе “Кольский меридиан” зарегистрировано в 2001 г., приблизительно через 4 года после серии холодных лет конца 1990-х гг. (1997–1998). Одновременно значительное увеличение биомассы в 2010 г. так же произошло через 4 года после аномально теплого 2006 г. Задержка реакции биомассы на температурные изменения в 4 года не случайность. Именно этот отрезок времени рассматривается как наиболее вероятный при восстановлении сообществ после терминального воздействия (Воздействие ..., 2013).

За исследованный 17-летний период на отдельных станциях отмечены определенные изменения структуры сообществ. Так, на ст. 2 в период устойчивого ряда аномально теплых лет произошло значительное увеличение обилия бореально-субтропического двустворчатого моллюска *Modiolula phaseolina*. Ранее не отмечавшийся в фауне разреза “Кольский меридиан”, в последние годы наблюдений он занял в сообществе позицию субдоминанта как по биомассе, так и по численности. Изменения в структуре бентосных сообществ произошли и в северной части разреза. В биоценозе *Spiochaetopterus typicus*, распространенном на станциях 6–8, отмечено увеличение степени доминирования этого вида от 17 % общей биомассы в 2000 г. до 65 % в 2010 г. Вместе с ростом биомассы *S. typicus* отмечено увеличение суммарной биомассы на этих станциях. Выявленные изменения можно расценивать как естественную сукцессию сообществ под воздействием изменения температурного фактора.

Полученные данные свидетельствуют о том, что структура сообществ в значительной мере определяет амплитуду колебаний их количественных параметров. Так, в сообществах южной части разреза, где наблюдается низкая степень доминирования лидирующих видов и их частая смена, биомасса варьирует более резко, чем в северной части разреза, где сообщества характеризуются более устойчивой структурой со стабильными и ярко выраженными доминантами.

Наряду с комплексом абиотических параметров, важнейшим фактором влияния на фаунистический облик и количественные показатели зообентоса является система биотических взаимоотношений. Так, например, одним из важнейших биотических факторов

применительно к зоопланктону рассматривается выедание хищниками (Тимофеев, 2001). Этот фактор нельзя исключать и для бентоса. Важнейшими потребителями бентоса являются придонные рыбы, в первую очередь – треска и пикша (Боханов и др., 2013). Показано, что в разных температурных условиях треска выбирает различный вектор миграции. Так, в “холодные” годы пищевые миграции трескового стада проходят преимущественно вдоль побережья Кольского полуострова, чем еще более увеличивают стрессовое воздействие на донные сообщества, находящиеся в депрессии из-за снижения температуры. В “теплые” годы треска уходит на нагул в северные и восточные районы моря (Матишов и др., 2011), ослабляя нагрузку на зообентос. Таким образом, можно предположить, что воздействие на бентос со стороны донных рыб имеет тот же вектор, что и температурный фактор.

Нельзя игнорировать и воздействие на донные сообщества недавно заселенного в Баренцево море крупного бентосоядного хищника – камчатского краба, в область распространения которого у берегов Западного Мурмана попадают станции 1 и 2 разреза “Кольский меридиан” (Анон ..., 2008; Состояние ..., 2008, 2009; Павлова, 2008; Результаты ..., 2010, 2011, 2012). Этот вид предпочитает в основном крупные экземпляры двустворчатых моллюсков, морских ежей, морских звезд и офиур (Анон ..., 2008; Павлова, 2008). Структура зообентоса ст. 2 косвенно может свидетельствовать о наличии такой нагрузки, поскольку донные организмы здесь в основном имеют сравнительно малые размеры, но обладают большой численностью. Можно предположить, что такая нагрузка на зообентос южных станций разреза постоянно существует как минимум с начала 2000-х гг. Исследования воздействия камчатского краба на бентос Мотовского залива показали заметные изменения в структуре донных сообществ на фоне значительно менее выраженного уменьшения показателей обилия и видового разнообразия.

Таким образом, все выявленные изменения зообентоса происходят из-за естественного процесса развития сообществ, но под суммарным воздействием внешних факторов.

СИНХРОННОСТЬ ДИНАМИКИ ЛЕДОВЫХ ПРОЦЕССОВ В АРКТИКЕ И АНТАРКТИКЕ В АПРЕЛЕ 2012 г.

Б.Р.Мавлюдов¹, Н.К.Кононова¹, В.Г.Захаров²,

¹Институт географии РАН, г. Москва, Россия

²Геологический институт РАН, г. Москва, Россия

Данные о быстрых подвижках морских льдов у побережий Шпицбергена в летние сезоны 2004, 2011 гг. и циркуляционных механизмах, обусловивших эти явления, изложены в работах (Захаров, Кононова, 2012, 2013). Подобные события наблюдались в Антарктике на о. Кинг-Джордж (Южные Шетландские острова) в апреле 2012 г.

Анализ хронологии этих событий был проведен на основании данных о сопряженности циркуляции атмосферы Северного и Южного полушарий (Дзердзеевский, 1967; Кононова, 2009) и календаря последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) с 1899 по 2012 гг. (www.atmospheric.circulation.ru). Это позволило выявить динамику ледовых процессов, происходящих в Арктике в это же время, определить районы их наиболее заметного проявления и оценить масштабы изменений массивов морских льдов.

Антарктика. Согласно ежедневным наблюдениям гляциолога Института географии РАН Б.Р.Мавлюдова (ст. “Беллинсгаузен”), в марте и первых числах апреля 2012 г. бухта Ардли была свободна от льда. Однако уже утром 5 апреля бухта стала заполняться морским льдом и айсбергами. Бразильская яхта “Mar Sem Fim”, стоявшая на рейде, оказалась в ледовом плену.

В соответствии с календарем последовательной смены ЭЦМ с 2 по 6 апреля 2012 г. в обеих полярных областях действовал ЭЦМ 12а (четыре блокирующих процесса и четыре выхода циклонов из низких широт в высокие). При этом Южные Шетландские острова, север Антарктического полуострова и ледовый массив моря Уэдделла оказались в области активной циклонической деятельности. Анализ данных Sea Extent Index NCIDC (ncidc.org) показал, что под действием циклонов от северной части ледового массива стал протягиваться язык, который достиг Южных Шетландских островов. Ниже кратко изложены этапы изменений ледовой обстановки в бухте Ардли по наблюдениям Б.Р.Мавлюдова.

5 апреля, утро: температура -5.2 °С, ветер ЮЮВ, 12.2 м/с (порывы до 20 м/с), облачно, дымка, временами морось и обледенение. В течение дня преобладали ветра южного направления. В бухту Ардли нагнало много льда.

6 апреля, утро: температура -5.3 °С, ветер ЮЮВ, 19.2 м/с (порывы до 25 м/с), облачно. Бухта Ардли оказалась забитой льдом и айсбергами до окончания о. Ардли. Бразильская яхта “Mar Sem Fim” стояла затертая крупными торосами, накренившись на левый борт. Крен на левый борт получили и другие суда в бухте. Максимальные порывы ветра 6 апреля достигали 27 м/с.

7 апреля, утро: температура -7.7 °С, ветер ЮЮВ, 11.9 м/с (порывы до 17.4 м/с), облачно. Бразильская яхта затонула. Из воды торчали только нос и верхушка мачты, рядом обозначилось пятно от вытекающего горючего.

8 апреля, утро: температура -7.8 °С, ветер Ю, 5.6 м/с, облачно. Бухта Ардли по-прежнему заполнена айсбергами и торосенным морским льдом.

В соответствии с календарем смены ЭЦМ 7 и 8 апреля действовал ЭЦМ 9б (два блокирующих процесса и два прорыва циклонов из низких широт в высокие). Близость антициклона к о. Кинг-Джордж обусловила появление сильных ветров южного направления, что способствовало большему сжатию льдов в бухте Ардли.

9 апреля: преобладание ветров ЮЮВ, сохранение ледовой обстановки и самые низкие температуры воздуха (максимум -10.1 °С). С этого дня на полушариях снова начал действовать ЭЦМ 12а. Таким образом, в это время произошла смена макропроцессов. (Действие ЭЦМ 12а осуществлялось вплоть до 13 апреля.)

10 апреля: смена ветрового режима – преобладание ветров ВСВ, повышение температуры воздуха в среднем за сутки до -2 °С. Практически весь день наблюдалась облачность с прояснениями.

11 апреля, утро: температура 0.1 °С, ветер ВСВ, 13.9 м/с (порывы до 17.9 м/с), облачно, дождь со снежной крупой. В среднем за сутки температура воздуха составила 1.4 °С. В течение дня преобладали ветра С и ССВ. Ледовая обстановка в целом улучшалась. НЭС “Академик Федоров”, ранее находящийся в 45 милях от ст. “Беллинсгаузен”, прошел во льдах 15 км.

12 апреля, утро: температура 1.3 °С, ветер С, 11.4 м/с, облачно, дымка, временами дождь или снег. Средняя суточная температура составила 1.1 °С. Днем преобладали ветра северных направлений. Лед в бухте оставался.

13 апреля, утро: температура 0 °С, ветер ССЗ, 7.5 м/с, облачно, дымка. В 7:45 в заливе появился НЭС “Академик Федоров”.

Арктика. Анализ динамических схем ЭЦМ 12а, ЭЦМ 9б и данных Sea Extent Index NCIDC (ncidc.org) показал, что районы Шпицбергена и Гренландии с 2 по 13 апреля 2012 г. постоянно находились в области антициклона. В связи с этим вблизи Шпицбергена особых изменений в ледовой обстановке обнаружено не было. При этом северные, западные и южные побережья архипелага были свободными от льда.

В течение рассматриваемого периода атлантические циклоны достигали только южной оконечности Гренландии. Море в этом районе оставалось безледным. Незначительные изменения в очертаниях ледовых массивов наблюдались лишь вдоль канадских побережий.

Наиболее заметными оказались изменения ледовой обстановки в районе Новой Земли в южной части Карского моря. Эта область охвачена северной частью лопасти прорыва южных циклонов, возникающей при действии ЭЦМ 12а. В начале рассматриваемого периода вся акватория моря была практически полностью покрыта льдами за исключением относительно небольших полыней (участков открытой воды) к западу и востоку от о. Вайгач.

Анализ показал, что в этом районе Арктики, как и в Антарктике, кульминационными стали 6, 7 и 8 апреля 2012 г.

4 и 5 апреля: начало увеличения площади полыней у о. Вайгач, отступление кромки льдов к северо-востоку. Действие ЭЦМ 12а.

6 и 7 апреля: более активное увеличение площади уже общей полыни и отступление кромки льдов к северо-востоку вдоль Новой Земли. С 7 апреля начало действия ЭЦМ 9б.

8 апреля: скачкообразное увеличение (почти в 2 раза) площади полыни и отступление кромки льдов к северо-востоку. Окончание действия ЭЦМ 9б. Столь значительные изменения в динамике ледовой обстановки обусловлены тем, что в данном случае прорыв южных циклонов осуществлялся не только в район Карского моря, но и далее вдоль арктических побережий до п-ова Камчатка и Тихого океана. Разрушение краевой части морских льдов барическими волнами циклонов в Карском море существенно возросло и заметно снизилось при смене ЭЦМ 9б на ЭЦМ 12а. Отступление кромки льдов также замедлилось.

9–13 апреля: ледовая обстановка и положение кромки льдов в Карском море практически не менялась. В Байдарацкой губе ледовый покров не нарушался. В течение всего периода действовал ЭЦМ 12а.

ИЗУЧЕНИЕ МОРСКИХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

С.И.Мазухина, В.В.Максимова

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

Исследования прибрежных зон океанов и морей в своем историческом развитии прошли три этапа. Первый из них приходится на вторую половину XIX века, когда были организованы первые в России морские биологические станции – Севастопольская и Соловецкая. В середине XX века к этим исследованиям добавился контроль загрязнения морских вод. Сложилась система комплексного океанологического мониторинга, включающая сеть прибрежных биологических и гидрометеорологических станций, экспедиционные и попутные судовые наблюдения, авиационные съемки и дистанционное зондирование морской поверхности (Кольский ..., 2009). С начала 1980-х гг. наряду с эксплуатацией морских ресурсов ставятся цели и их охраны. В настоящее время изучение результатов деятельности человека как у нас, так и за рубежом производится в основном по двум направлениям: контроль загрязнения водной среды и оценка изменения экологической обстановки в отдельных регионах (Лобковский и др., 2005). Эти работы выполняются различными организациями, которые часто преследуют разные цели.

В основе современной системы геоэкологического мониторинга должен лежать преимущественно принцип прогнозирования (своевременного предупреждения) нежелательной ситуации, а не реагирование на уже сложившуюся ситуацию (Лобковский и др., 2005). Исследователи (Лобковский и др., 2005) считают необходимым создание единой математической модели, отражающей протекание геологических, гидрологических, биологических и производственных процессов в их взаимосвязи. Но представленные модели показывают изменение концентраций соединений (С, N, P, NH₄, NO₃, Si), а также биомасс гидробионтов.

В состав наблюдений на станциях мониторинга федеральных полигонов обычно входит определение концентраций нефтяных углеводородов (НУ), хлорорганических пестицидов (ХОП), тяжелых металлов (ТМ), фенолов, синтетических поверхностно-активных

веществ (СПАВ) и специфических для данного района загрязняющих веществ; отдельных показателей среды – концентраций растворенного кислорода (O_2), водородных ионов (рН), нитритного азота (NO_2), нитратного азота (NO_3), аммонийного азота (NH_4), общего азота, фосфатного фосфора, общего фосфора. В работе (Леонов, Чичерина, 2013) отмечена условность представляемых в ежегодниках Гидромета средних и максимальных концентраций загрязняющих веществ для морских акваторий. Сроки наблюдений за состоянием акваторий морей, проводимые более 40 лет, достаточно случайны (как правило, они меняются год от года). При необходимом и осуществляемом совершенствовании методов определения концентраций загрязняющих веществ ранее выполненные наблюдения по точности становятся несопоставимыми с новыми и, следовательно, непригодными для дальнейшего применения. Оцениваемые по малому количеству съемок (и самих определений) средние и максимальные концентрации отдельных ингредиентов в морской воде по сути таковыми являются только для данной серии наблюдений, но не для изучаемого водного объекта и для создания прогнозных моделей вод.

Нефть и нефтепродукты, поступающие в окружающую среду при добыче, переработке, транспортировке, аварийных ситуациях являются источником серьезной экологической опасности. Наиболее опасны воздействия на окружающую среду в условиях Крайнего Севера. Над разрешением проблемы взаимодействия НУ с водой работали многие поколения ученых. Нефтегазопроисходящая гидрогеология внесла свой вклад в изучение этой проблемы (Швец, 1970, 1973; Крайнов, Швец, 1980). В начале исследований это было описательное, качественное изучение процессов растворения, деградации углеродсодержащих веществ (Потылицын, 1882, 1883; Сулин, 1948; Леонов, Пищальник, 2005 и др.). В последние три десятилетия, благодаря использованию термодинамического моделирования, достигнуто более глубокое понимание и объяснение процессов, которые связаны с физико-химическим взаимодействием в основополагающей для земной коры системе вода–порода–газ–органическое вещество (Вернадский, 2003). К одному из наиболее важных результатов этой области науки относится формулирование (Helgeson et al., 1993) и развитие (Price, De Witt, 2001) концепции гидролитического диспропорционирования органического вещества (ОВ) – hydrolytic disproportionation of organic matter (HDOM). Гидролитическое диспропорционирование – это процесс химического взаимодействия ОВ с водой. Органическое вещество окисляется водой, которая в этом процессе является одновременно и окислителем и восстановителем с образованием органических компонентов различной степени окисления углерода на пути к полному термодинамическому равновесию с конечными продуктами CH_4 , CO_2 , C (ТВ). Образование значительного количества органических кислот – ключевая идея концепции (HDOM). Образуются органические кислоты – активные участники многих гидрогеохимических процессов. Поэтому основным инструментом исследования морских систем в ИППЭС был выбран программный комплекс “Селектор” и термодинамическая модель взаимодействия нефтепродуктов–природных вод, адаптированная к условиям Мурманской области и позволяющая оценивать экологическую обстановку и прогнозировать негативное воздействие разливов нефти и нефтепродуктов. На основании результатов мониторинга морских вод Кольского и Кандалакшского заливов (2011–2012 гг.) и сопоставления составов вод заливов и Мирового океана показано, что содержание Ni, Cu, Zn в водах заливов на несколько порядков выше, чем в водах океана. На основании гидрохимических анализов выполнено моделирование ионного состава поверхностных и придонных морских вод. Рассмотрены особенности взаимодействия нефти с морскими и пресными водами. Установлены как сходства, так и различия в проявлении взаимодействия вода–нефть в морских и пресных системах: возникновение окислительно-восстановительного барьера, изменение значений рН, образование органокомплексов и состав новообразованных фаз. Результаты расчетов свидетельствуют об экологическом неблагополучии района

Кандалакшского залива, соседствующего с нефтебазой. Сделан вывод о том, что изменение окислительно-восстановительных условий в морских водах происходит при меньших, чем в речных водах, концентрациях нефти.

Разработанные модели могут быть использованы для прогноза химического состава природных вод Арктики.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ ПЕРВИЧНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ МОРЕЙ ЗАПАДНОЙ АРКТИКИ

П.Р.Макаревич

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

На основе оригинальных работ ММБИ проведен анализ структурной организации и функционирования сообществ первичных продуцентов морей Западной Арктики. Рассмотрены функциональные особенности отдельных групп фотосинтетиков и их биотопическое разнообразие.

В прибрежных водах бентосные водоросли литоральной и сублиторальной зоны вносят долю, равную практически половине от общей первичной продукции, продуцируемой всеми автотрофами. Водоросли микрофитобентоса, в отличие от других первичных продуцентов, сохраняют высокую биомассу в течение практически всего года, переходя на миксо- и гетеротрофный типы питания в период полярной ночи. В итоге они также оказываются постоянным источником пищи для последующих звеньев трофической сети.

В глубоководной части водоема первичная продукция создается двумя компонентами сообщества продуцентов: фитопланктоном и криофлорой. Фитопланктон на незамерзающих акваториях считается фактически единственным продуцентом органического вещества, роль же криофлоры до сих пор остается малоизученной.

Наши исследования показали, что в зимний период (до начала активного таяния льда) на акватории морей Западной Арктики в криопелагическом биотопе активно продуцируется первичная продукция, т. е. зимний период не является “мертвым” для активности фотосинтетиков, именно за счет ледового биотопа, что очень часто не учитывается в моделях и продукционных балансах. Лед со своей альгофлорой является своеобразным депо “посевного материала”, способным вызвать бурное цветение богатой биогенами пелагиали прикромочной области. Эта активная вегетация микроводорослей сохраняется на всей площади отступающей кромки льда. И в настоящее время, с нашей точки зрения, роль криофлоры серьезно недооценена.

Считается, что уровень первичного продуцирования водоема определяется в первую очередь продолжительностью периода вегетации фотосинтетиков и напрямую зависит от таких абиотических факторов как уровень инсоляции, ледовое покрытие, которые и определяют его длительность. Нами была проведена оценка вклада первичных продуцентов различных географических районов Баренцева моря в общую среднегодовую продукцию баренцевоморских прибрежных областей. Показано, что при различной продолжительности периода вегетации автотрофов прибрежных зон, расположенных в Баренцевом море на разных широтах (на материковом побережье свыше 4 мес., в зоне арх. Земля Франца-Иосифа 2 мес.), количественные уровни синтезируемого органического вещества имеют практически схожие значения, что свидетельствует об отсутствии зависимости между продолжительностью вегетационного периода и величинами создаваемой годовой первичной продукции.

Традиционно считается, что для полярной ночи характерен резкий спад, практически до нулевых значений, фотосинтетической активности пелагических микроводорослей и

полное доминирование в этот период как в видовом отношении, так и в продукционных характеристиках микроводорослей с гетеротрофным способом питания. Исследования фотосинтетической активности пелагического фитоценоза в полярную ночь, проведенные ММБИ в прибрежье Баренцева моря, позволили существенно изменить представления о функционировании сообществ автотрофов в зимний период. Можно утверждать, что в прибрежной пелагиали в зимний сезон имеет место активное функционирование сообществ автотрофов.

Сроки начала активного развития пелагического альгоценоза напрямую зависят от ледового покрытия. Считалось, что начало вегетационного периода на морских акваториях, имеющих в зимний период ледовый покров, связано с началом таяния и разрушением льда (в юго-восточной части Баренцева моря это начало июля). Многолетние исследования зимне-весенней фазы развития фитопланктона Баренцева и Карского морей показали, что весенняя вегетация фитопланктона на акваториях покрытых льдами начинается в мелководных прибрежных районах задолго до разряжения, начала таяния и вскрытия льдов, формирования прикромочных зон и очищения поверхности моря от льдов.

По классическим представлениям, ход продукционного цикла альгофлоры определяют абиотические факторы среды. Действительно, начало вегетации, т. е. весеннее цветение (самый продуктивный период в годовом цикле вегетации в арктических морях) запускается триггерным механизмом – определенными уровнями инсоляции (пороговое значение 120 кал/см^2 в сутки), концентрацией биогенов (максимум за весь сезон вегетации), а также минимальным за весь гидрологический цикл Баренцева моря значением температуры воды (в интервале $-1 \dots -1.5 \text{ }^\circ\text{C}$). Но, как показали наши исследования, ход развития вегетационного сезона лишь косвенно связан с абиотикой. Есть основания считать, что наряду с абиотическими факторами, определяющими формирование структуры весенней фазы цветения фитопланктонного сообщества, важнейшее значение имеют и биологические механизмы, которые в определенных ситуациях являются главенствующими.

И, конечно, очень важный и интересный вопрос – функционирование пелагических автотрофных сообществ в замерзающих и незамерзающих морских арктических акваториях. На основании наших многолетних натурных наблюдений удалось установить полную картину продукционного и сукцессионного циклов развития сообществ микроводорослей замерзающих и незамерзающих морских водоемов Арктики, что, в свою очередь, позволило нам провести анализ возможных механизмов влияния ледового покрова, света, а, следовательно, и продолжительности вегетационного периода на синтез первичными продуцентами органического вещества.

Цикл развития пелагических альгоценозов на акваториях, большую часть года полностью покрытых льдом, отличается от такового в незамерзающих водах Арктического шельфа, хотя сроки начала вегетации, т. е. активизации продукционных процессов, и ее окончания едины для рассматриваемых акваторий. Однако скорости нарастания биомасс, сроки достижения максимального уровня развития и их качественные и количественные показатели существенно отличаются в этих водоемах. Но, в то же время, рассматривая кривые динамики биомассы годового цикла развития фитопланктонных сообществ, можно отметить, что биомасса на замерзающих и незамерзающих акваториях арктических морей в первом приближении очень сходна. Это позволяет сделать вывод, что прибрежные районы арктических морей, большую часть года полностью покрытых льдом, не уступают по своей первичной продуктивности незамерзающим морям Арктического шельфа.

Таким образом, по результатам многолетних исследований можно заключить, что сообщества микроводорослей арктической зоны выработали в процессе эволюции ряд механизмов, позволяющих при жестких условиях лимитирования по множеству абиотических факторов создавать высокую первичную продукцию.

УЧАСТИЕ ММБИ В МЕЖДУНАРОДНОМ ПРОЕКТЕ “GREENSEAS”

П.Р.Макаревич, Д.В.Моисеев, Е.И.Дружкова,
И.В.Берченко, А.А.Олейник, Г.Н.Духно, В.Г.Дворецкий
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Одним из важнейших вопросов морских исследований является понимание того, как глобальные изменения, вызванные природными и антропогенными факторами, будут влиять на структуру и функционирование планктонных экосистем. Чтобы решить его, необходимо исследовать и понять процессы, регулирующие сообщества планктона, так как они зависят от реакции углеродного цикла океана на изменения среды, влияя тем самым на Землю как глобальную систему, состояние ее окружающей среды и рыболовство. Эволюция планктонных сообществ в условиях меняющейся окружающей среды усиливается в результате сложных феноменов, возникающих от нелинейных взаимодействий между абиотическими (температура, рН, световые условия, снабжение биогенами, накопление загрязняющих веществ и др.) и биотическими (физиологические реакции, взаимодействия хищник-жертва) компонентами.

В ММБИ исторически сформировалась сильная лаборатория планктона. Ученым лаборатории хорошо знакомы все компоненты планктона Арктики: от ви́ро- до зоопланктона. В 2000 году совместно с NODC (США) ММБИ выпустил уникальный Биологический атлас арктических морей (Biological ..., 2000). Закономерно, что в 2009 г. к ММБИ обратился норвежский Нансен-центр с предложением принять участие в международном консорциуме организаций для подачи заявки в Еврокомиссию с большим проектом, посвященным планктону. В 2010 году заявка была одобрена, и в 2011 г. проект, который назвали “Green-Seas”, стартовал. Проект “GreenSeas” (Development of global plankton data base and model system for eco-climate early warning – Развитие глобальных планктонных баз данных и моделирование ранних эко-климатических сигналов) выполнялся под эгидой седьмой рамочной программы (FP7) с 2011 по 2014 гг.

В проектный консорциум вошли 9 научных организаций: Нансен-центр по окружающей среде и дистанционному зондированию (Норвегия); Плимутская морская лаборатория (Великобритания); АО “Юни ресерч” (Норвегия); Совет по исследованию окружающей среды (Великобритания); Мурманский морской биологический институт (Россия); Совет по научным и промышленным исследованиям (ЮАР); Университет Кейптауна (ЮАР); Евро-Средиземноморский центр по изменениям климата (Италия); Федеральный университет Рио-Гранде (Бразилия).

Ведущим партнером выступал Нансен-центр. Основная цель проекта “GreenSeas” – это получение новых знаний и прогнозирование отклика морских экосистем на глобальные изменения. Проект объединил данные наблюдений, численное моделирование и междисциплинарный анализ для разработки глобальной, высококачественной, согласованной и стандартизированной планктонной и экологической базы данных и информационного сервиса. В проект вошли современные и архивные планктонные данные, другая информация, включая численные модели. В ходе реализации проекта были собраны новые данные по планктону в Южном океане и на Атлантическом разрезе Арктика–Южный океан.

Для достижения поставленной цели в рамках проекта решались следующие задачи: 1) оценка текущего состояния морской планктонной экосистемы на основе контрольных показателей нынешнего состояния для обеспечения оценки изменений климата; 2) улучшение базы знаний и понимания последствий климатических и антропогенных воздействий на структуру и функционирование планктонных экосистем; 3) улучшение моделиро-

вания и прогноза будущего состояния морских экосистем; 4) применение экосистемного подхода к данным “GreenSeas” для получения набора показателей, описывающих изменения функционирования экосистем.

В рамках проекта, преимущественно на площадках организаций-партнеров, проведена серия из семи встреч, семинаров, летних школ.

Деятельность проекта “GreenSeas” развивалась по следующим основным направлениям.

1. Специализированная система доступа к данным. Сервис доступа к планктонным данным “GreenSeas” является прототипом современного доступного широкому пользователю web-портала (<http://greenport.nersc.no/web/guest/database>), демонстрирующего исторические и новые планктонные данные, информационные продукты (например, анализ биомов), результаты математического моделирования с количественными ошибками. Портал содержит как архивные планктонные данные, так и результаты действующих комплексных экосистемных программ мониторинга планктона в Северном Ледовитом, Атлантическом и Южном океанах, а также спутниковые данные.

2. GreenSeas и GEO. Группа для наблюдений Земли – The Group on Earth Observations (GEO) – координирует усилия по созданию глобальной системы наблюдений Земли (Global Earth Observation System of Systems – GEOSS). Данные и методы, разработанные в ходе реализации проекта “GreenSeas”, внесли непосредственный вклад в глобальную систему наблюдений климата (Global Climate Observing System – GCOS). В рамках GCOS составлены списки важнейших климатических (Essential Climate Variables – ECV), океанических (Essential Ocean Variable – EOVS) параметров и биоразнообразия (Essential Biodiversity variables – EBV).

3. Индикаторы для управления морскими экосистемами. Благодаря интегрированной европейской морской политике (Integrated European Maritime Policy – IEMP) Еврокомиссия действует в направлении комплексного управления океанами и морями. Базируясь на комплексном научном подходе, она ищет пути для увеличения знаний об океанах и морях с помощью исследований и современных технологий. Цель IEMP состоит в том, как принятие решений и разрешение конфликтов интересов в морских и прибрежных районах может внести вклад в движение от деградации окружающей среды к устойчивым экосистемам, в то же самое время инвестируя и развивая экономическую активность.

4. Совершенствование имитационных моделей морской среды. Морские модели обеспечивают информацией о распределении различных параметров состояния океана в пространстве и времени. Эти параметры включают температуру, течения, биогены и живые организмы (фито- и зоопланктон). Морские модели, меняясь в пространственном масштабе от Мирового океана до небольшой бухты, построены по одинаковым принципам, соответствующим законам физики и экологическим взаимосвязям между компонентами морской экосистемы. Для того чтобы в двух ключевых областях (моделирование земных систем для ИРСС–МГЭИК и оперативная океанография для центрального морского сервиса Copernicus) наполнять информацией, тестировать и улучшать существующие морские модели в проекте “GreenSeas” были сопоставлены данные *in situ* и спутниковых наблюдений.

5. Подготовка следующего поколения исследователей. Для обеспечения наследования традиций и вклада в подготовку следующего поколения ученых-планктологов в рамках “GreenSeas” на базе Университета Кейптауна в январе–феврале 2013 г. была организована летняя школа по глобальным планктонным данным “Экосистемы, мониторинг и моделирование в эпоху глобального потепления”. В ней участвовало 20 студентов из ЕС и стран международной кооперации. Студенты учились производить комбинацию данных наблюдений, индикаторов окружающей среды и численного моделирования с целью достижения интегрированного комплексного масштабного понимания глобальной планктонной экосистемы. Обучение происходило в контексте глобального информационного сервиса для оценки давления на окружающую среду и связанных с этим рисков, включая напряженности и конфликты, обусловленные сокращением природных ресурсов. Летняя

школа состояла из череды лекций и практических занятий. Параллельно летней школе развивался web-сайт с тем, чтобы быть источником информации и средством коммуникации для студентов. Со стороны ММБИ в летней школе участвовал И.В.Берченко.

6. Международное сотрудничество организаций-партнеров из разных стран. “GreenSeas” вообрал в себя экспертные и интеллектуальные ресурсы ЕС и ICPC (International Cooperation Partner Countries – международные страны-партнеры в рамках проектов FP7) – из России (ММБИ), ЮАР (UCT, CSIR), Бразилии (FURG). Так, например, исторические планктонные данные по Баренцеву, Карскому, Белому и североевропейским морям теперь доступны широкому научному сообществу. Проект “GreenSeas” дал толчок развитию знаний о количественных характеристиках того, как морские планктонные экосистемы реагируют на изменения окружающей среды и климата. В ходе проекта также получили развитие базы данных и новые инструменты математического моделирования. Все это стало возможным только благодаря широкой международной междисциплинарной кооперации.

В ходе проекта опубликовано большое количество статей в ведущих зарубежных журналах. Участники проекта представляли его промежуточные результаты на многочисленных научных форумах. Информация о проекте “GreenSeas” доступна на английском языке на официальном интернет-портале: <http://www.greenseas.eu>.

ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ И ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ

М.В.Макаров

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

В современном представлении вертикальная зональность произрастания водорослей зависит от комплекса факторов. Верхнюю границу произрастания литоральных водорослей определяют абиотические факторы (освещенность, температура, осушение, количество питательных веществ), а нижнюю – биотические (межвидовая конкуренция). Для сублиторальных видов долгое время считалось, что нижняя граница их произрастания определяется недостатком фотосинтетически активной радиации (ФАР) или синего света (Dring, 1971, 1988; Luning, 1980 и др.).

При увеличении глубины, кроме изменения освещенности, линейно возрастает гидростатическое давление, влияние которого на макроводоросли не исследовалось, хотя и предполагалось (Сабинин, Щапова, 1954). Изучали влияния данного фактора на зональность произрастания высших водных растений (Dale, 1981, 1984; Penuelas, 1987, 1988), однако исследователи совершили ошибку, используя в качестве объектов взрослые растения, поскольку многочисленные исследования показали, что именно ранние стадии развития организмов являются наиболее чувствительными к внешнему воздействию. Известно, что только выживаемость организма на всех стадиях онтогенеза позволяет виду существовать в определенных условиях.

Проведенные нами исследования проникновения света различных длин волн в воды прибрежной части Баренцева моря (губа Дальнезеленецкая) выявили, что в летний период около 80 % ФАР задерживается верхним метровым слоем воды. Больше всего поглощается синий и красный свет. В осенне-зимний период прозрачность воды значительно увеличивается, в основном за счет снижения количества планктонных организмов. Результаты свидетельствуют, что освещенность в районе исследований не является фактором, лимитирующим проникновения водорослей на глубины большие, по сравнению с их естественным местообитанием.

Нами в лабораторных условиях с использованием барокамеры, что исключает воздействие освещенности, были проведены экспериментальные исследования влияния гид-

ростатического давления на ранние стадии развития три видов бурых водорослей: сублитеральной *Saccharina latissima* и литеральных *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*.

Результаты экспериментов показали, что гидростатическое давление силой менее 3 кгс/см² не оказывает влияния на ранние стадии развития водорослей. Дальнейшее увеличение давления оказывает негативное воздействие на стадии развития от прорастающей споры до гаметофита, хотя самые ранние стадии онтогенеза (движущиеся зооспоры и прорастающие эмбриоспоры у *S. latissima*, яйцеклетки и антерозоиды фукусовых водорослей) также не подвержены воздействию. Причем давление не приводит к гибели клетки (по крайней мере, те уровни, которые были заданы в экспериментах), но значительно тормозит или останавливает его развитие. Об этом свидетельствует отсутствие отклонений в развитии клеток, непродолжительное время находившихся под давлением.

Механизм воздействия гидростатического давления остается не выясненным. Имеются сведения о чувствительности к давлению процесса синтеза белка в клетках, при этом синтез ДНК, и особенно РНК, а также транспорт веществ, катаболизм, фотохимическая и электронно-транспортная системы являются более устойчивыми (Albright, Morita, 1968; Schwarz, Landau, 1972). Давление может изменять структуру уже имеющихся мембранных белков и липидов (Bartlett, 2002; Kaye, Baross, 2004), что нарушает проницаемость мембран и приводит к снижению концентрации ионов Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺ внутри клетки. Вероятно, вследствие этого чувствительность организмов к давлению зависит от солености среды обитания (Palmer, Albright, 1970). Имеются исследования, показывающие что негативный эффект гидростатического давления проявляется через увеличение парциального давления кислорода (Penuelas, 1987, 1989), при этом β-каротин и, возможно, другие соединения, содержащие конъюгированные двойные связи, теряют свойства антиоксиданта и показывают автокаталитический прооксидантный эффект (Burton, Ingold, 1984).

По-видимому, негативное влияние гидростатического давления малых уровней (до 4–5 кгс/см²) заключается в воздействии на клетки растений внешней гипербарической среды с измененным парциальным давлением газов и, самое главное, в значительном увеличении концентрации кислорода в клетке. У ранних стадий развития водорослей фотосинтетический аппарат активно формируется и функционирует, поскольку для их дальнейшего развития необходимо большое количество энергии. Возможно, что защитные антиоксидантные механизмы в этот период еще не достаточно сформированы. При значительном увеличении концентрации и парциального давления кислорода, что происходит при увеличении гидростатического давления, наблюдается оксигенная интоксикация и разрушение органоидов клетки.

Поскольку макроводоросли являются фототрофными организмами, несомненно, что избыток или недостаток освещения является основным фактором, определяющим вертикальную зональность их произрастания. Однако, как показали наши исследования, давление также может оказывать существенное влияние. В мутных водах нижняя граница произрастания будет определяться недостатком освещения. В прозрачных водах, где освещение проникает на значительную глубину, нижнюю границу произрастания макрофитов может определять гидростатическое давление.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АРКТИЧЕСКИХ АКВАТОРИЙ

В.В.Максимова, С.И.Мазухина

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

Развитие широкомасштабной сети транспортировки нефти и нефтепродуктов в Мурманской области и перспективы дальнейшего освоения шельфовых территорий обостряют

проблему экологической уязвимости высокоширотных акваторий. Основные затруднения при ликвидации разливов нефти в данном случае вызваны сложным термическим и гидрометеорологическим режимом, климатическими и экосистемными особенностями. Помимо мониторинга общего уровня загрязнения морских вод, который в настоящее время осуществляется рядом организаций, не менее существенным становится вопрос прогнозирования и своевременного предотвращения последствий негативного антропогенного воздействия и общего уровня техногенной нагрузки на природную среду.

Для исследования взаимодействия природных вод с нефтепродуктами был применен программный комплекс “Селектор”. Алгоритм расчета равновесия в многокомпонентных гетерогенных системах, используемый в программном комплексе, позволяет производить расчеты сложных химических равновесий в различных (изобарно-изотермических, адиабатических и др.) условиях в мультисистемах, где одновременно могут присутствовать водный раствор электролита, газовая смесь, жидкие и твердые углеводороды, расплавы, минералы в виде твердых растворов и однокомпонентных фаз. Взаимодействие в сложных системах рассматривается посредством разбиения на взаимодействующие подсистемы (резервуары), связанные между собой и окружающей средой потоками вещества и энергии. Данный программный комплекс широко применяется для моделирования систем вода–порода и вода–атмосфера–органическое вещество. Разработана и усовершенствована термодинамическая модель мультисистемы нефть (углерод, нефтепродукты)–природные воды–атмосфера, адаптированная к условиям прибрежных акваторий Мурманской области и позволяющая прогнозировать негативное воздействие разливов нефти и нефтепродуктов и производить оценку экологической обстановки.

Объектами ряда исследований стали морские воды Кольского залива Баренцева моря, а впоследствии распресненные воды вершины Кандалакшского залива Белого моря. В список базовой модели мультисистемы включено 24 независимых компонента (Al–Br–Ar–He–Ne–C–Ca–Cl–F–K–Mg–Mn–N–Na–P–S–Si–Sr–Cu–Zn–H–O–e), 872 зависимых компонента, в том числе в водном растворе – 295, газовой фазе – 76, жидких углеводородов – 111, твердых фаз, органических и минеральных веществ – 390. Аналитические данные для состава исходных растворов получены посредством отбора проб, начиная с осени 2011 г. Отбор проб в вершине Кандалакшского залива проводился в сотрудничестве с Кандалакшским природоохранным заповедником.

Оба рассматриваемых объекта обладают рядом особенностей, затрудняющих прогнозирование воздействия нефтяного загрязнения и формирования мониторинговой программы. В частности можно отметить гидрологические особенности, такие как наличие и степень распреснения вод пресными водотоками и, как следствие, формирование градиента солености.

С использованием многорезервуарной динамической модели разработаны сценарии процессов растворения и деструкции нефти, учитывающие основные механизмы преобразования углеводородов в природных водах: перенос, испарение, растворение, седиментация.

По результатам расчетов определены тенденции изменения гидрохимических показателей акватории Кандалакшского залива, особенности взаимодействия с нефтью для насыщенных морских вод Кольского залива и распресненных вод Кандалакшского залива, уровни возникновения окислительно-восстановительного барьера, изменение значений pH, образование органокомплексов и состав новообразованных фаз. Для Кольского залива характерно быстрое фракционирование нефти в связи с высокой минерализацией вод. При рассмотрении Кандалакшского залива следует уделить внимание депонированию нефтепродуктов в донных отложениях и хроническому загрязнению придонных вод, характерных для участков акватории вблизи значительных неоднородностей донного рельефа, участков циркуляционных течений, Кандалакшского рейда, нефтебазы и морского порта. Нефтяное загрязнение морских вод существенно изменяет состояние природной среды:

уменьшается рН, формируются восстановительные условия, резко снижается содержание растворенного кислорода в растворе, образуются металлоорганические соединения в растворе, происходит накопление ряда органических кислот.

Таким образом, с применением метода физико-химического термодинамического моделирования дополнены аналитические данные морских вод рассматриваемых объектов исследования, определено изменение окислительно-восстановительных условий для морских, распресненных и речных вод, изучено влияние температуры на протекание процесса деградации нефти, определены перспективные опорные точки для формирования широкой мониторинговой сети и своевременного предотвращения нанесения ущерба природной среде.

ФИТООБРАСТАНИЕ КРУПНООБЛОМОЧНОГО МАТЕРИАЛА НА ВАЛУННОЙ ЛИТОРАЛИ МУРМАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ И СУКЦЕССИЯ ФИТОЦЕНОЗОВ

С.В.Малавенда¹, М.В.Митяев¹, С.С.Малавенда², Герасимова М.В.¹

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

²Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия

Существенную роль в продуцировании вещества и энергии в прибрежной зоне играют водоросли-макрофиты, о динамике фитоценозов которых известно немного. На Мурманском побережье широко распространена литораль, сложенная крупнообломочным материалом, являющимся благоприятным субстратом для прикрепления макрофитов, но ветровое волнение (шторма, прибой) способно перемещать и разрушать этот материал, что негативно влияет на растительность. Нередко в этих условиях многолетние водоросли гибнут, а освободившиеся участки занимают однолетние водоросли. Скорость абразии крупнообломочного материала на Мурмане считается медленной и обычно не учитывается при изучении фитообрастания. Цель работы – исследовать разрушение (абразию) и фитообрастание крупнообломочного материала на литорали Мурманского побережья.

Исследования проводили в губе Дальнезеленецкая Баренцева моря на базе биостанции ММБИ в 2004–2013 гг. Работы по фитообрастанию выполнены в 2009–2013 гг. В губе было заложено три полигона, на каждом из которых оборудовали по три экспериментальные площадки (на каждом горизонте литорали). На каждой экспериментальной площадке выставляли не менее трех образцов крупнообломочного материала, которые экспонировали в течение года. У экспериментальных образцов крупнообломочного материала измеряли массу, объем и площадь поверхности, определяли тип горной породы, описывали грани и ставили порядковый номер. Через год образцы крупнообломочного материала снимали с литорали и перевозили в лабораторию, где чистили, сушили, заново обмеряли (массу, площадь и объем) и вновь устанавливали на полигонах.

При исследовании фитообрастания определяли видовой состав, рассчитывали видовую насыщенность (N , видов/ m^2), индекс Шеннона (H) и биомассу (B , г/ m^2). Анализировали влияние абиотических факторов при помощи однофакторного дисперсионного анализа ANOVA в пакете PAST с уровнем значимости 95 % для каждого фактора отдельно (качественные параметры ранжировали). Анализировали сходство видового состава в пробах по индексу Брея-Куртиса.

В результате исследований было выявлено, что на скорость абразии крупнообломочного материала на литорали Мурмана (помимо времени) влияют: 1) среднегодовая температура воздуха и среднесуточный градиент температур; 2) ветер (высокая среднегодовая скорость ветра и повторяемость нагонных ветров); 3) шторм (отношение количества штормов к количеству штилей более 2).

В первую очередь на скорость разрушения угловатого крупнообломочного материала влияет время – чем дольше материал находится на литорали, тем медленнее он разруша-

ется (независимо от местоположения образца на литорали). В первые 3 года нахождения образцов в зоне волнового воздействия скорость абразии зависит от положения на литорали (скорость разрушения уменьшается от верхней литоральной зоны к нижней зоне), в последующие годы основным фактором становятся погодные условия. За 3-летний период нахождения образцов в литоральной зоне скорость абразионного разрушения стабилизируется, что, вероятно, связано с повышением окатанности материала. Валун (окатанный крупнообломочный материал) разрушаются только в периоды активизации абразии (экстремальные гидро- и метеоусловия).

В первые 3 года экспонирования угловатого крупнообломочного материала макрофиты не формировали обрастания, вероятно, в связи с высокой скоростью абразии. Сообщества обрастателей формировались на второй-третий год эксперимента.

Всего выявлен 51 вид водорослей, заселявших крупнообломочный материал, в том числе 12 бурых, 19 красных и 20 зеленых. Наиболее представлены видами семейства Cladophoraceae и Ulothricaceae. По видовому разнообразию преобладают красные и зеленые группы водорослей, по биомассе – зеленые и бурые. Суммарная биомасса водорослей-обрастателей за 4 года исследований в среднем составила 190 ± 50 г/м². Наибольшая (более 800 г/м²) зафиксирована в 2009–2010 гг., минимальная (30 ± 5 г/м²) в 2011–2012 гг. в период активизации абразионного разрушения субстрата и перестройки литорали Мурманского побережья.

В 2012–2013 годах произошло изменение видового состава макрофитов-обрастателей средней литоральной зоны. До 2012 года доминировали *Acrosiphonia arcta*, *Blidingia minima*, *Spongomorpha aeruginosa* и *Pylaiella littoralis*, в 2012–2013 гг. в число доминантов вошли также *Dictyosiphon foeniculaceus*, *Scytosiphon lomentaria*, *Rhizoclonium implexum*, *Ulvaria obscura* и *Polysiphonia fucoides*. Изменение видового состава и обилия ряда видов фиксировалось по всей ширине средней литоральной зоны, в нижней литоральной зоне изменений не произошло.

Так же количество видов доминантов-обрастателей зависит от степени прибойности береговой зоны. На участках берега, защищенных от нагонных (северных) ветров, доминируют *B. minima* и *S. aeruginosa*, а на участке берега с сильным прибоем совместно с ними присутствует и *P. littoralis* (имеет высокую биомассу).

Анализ сходства видового состава выявил отсутствие устойчивых группировок в формировании сообщества обрастателей. Дисперсионный анализ (уровень значимости 0.05) влияния свойств субстрата (площадь поверхности, степень гофрированности граней) и характеристик макрофитов-обрастателей показал значимые зависимости между ними (при этом тип горной породы не влияет на видовое разнообразие).

Сравнительный анализ видового состава фитоценозов вокруг экспериментальных площадок выявил все виды в группировках, формирующихся на самих экспериментальных площадках, во втором ярусе растительности и под пологом фукусов. Следовательно, мы можем рассматривать процессы, происходящие на экспериментальных площадках как типичные естественно-природные (для данного конкретного места) процессы ранней стадии развития сообщества водорослей-макрофитов.

Субстрат (крупнообломочный материал) постоянно испытывает негативное воздействие гидро- и метеофакторов, в результате чего субстрат разрушается, а многолетние водоросли гибнут, освободившееся пространство первыми заселяют сезонные водоросли (сообщество нитчаток), под пологом которых закрепляются фукоиды. Постепенно часть наиболее жизнеспособных многолетних водорослей перерастает своих предшественников и вытесняет их. Спустя 2–3 года выживает и развивается 1–2 (реже более) наиболее устойчивых и жизнеспособных таллома фукуса с комплексом эпифитов. После гибели многолетнего растения цикл повторяется. Поскольку перемещение крупнообломочного материала

не поддается прогнозу (хаотично), а его разрушение может происходить катастрофически быстро, то мы часто фиксируем результат этих явлений в виде участков (пятен, линейных зон) занятых группировками однолетних макрофитов.

Виды макрофитов, которые формируют “ядро” сообщества обрастателей субстрата (в нашем случае образцов крупнообломочного материала) в первый год освоения незанятого пространства, являются видами эксплерентами, а сам процесс, несомненно, стадией сукцессии на отдельных участках внутри фитоценоза.

ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ШЕЛЬФОВЫХ ЗОН МОРЕЙ ЗАПАДНОЙ АРКТИКИ И ЮГА РОССИИ

Г.Г.Матишов^{1,2}, С.В.Бердников^{1,2}

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

²Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Федеральная целевая программа “Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы” предусматривает выполнение прикладных научных исследований (ПНИ), основанных на результатах фундаментальных исследований.

В 2014 году Южный научный центр РАН в рамках конкурса, проводимого Минобрнаукой РФ, получил заказ на выполнение ПНИ “Разработка методов и создание экспериментального образца биотехнической системы мониторинга шельфовых зон морей Западной Арктики и Юга России, в том числе в районе Крымского полуострова на основе спутниковых и контактных данных” (Соглашение 2014-14-579-0115-020, RFMEFI60714X0059).

В качестве конечного продукта ПНИ предусмотрена разработка экспериментального образца (прототипа) биотехнической системы комплексного наземно-космического мониторинга шельфовых зон морей Западной Арктики и Юга России, в том числе в районе Крымского полуострова (БСНКМ “Север–Юг–Крым”).

Экспериментальный образец БСНКМ “Север–Юг–Крым” предназначен для выявления источников антропогенных и естественных загрязнений в рамках комплексного наземно-космического мониторинга и состоит из следующих компонент:

биотехнических систем с использованием млекопитающих, моллюсков и ранних стадий онтогенеза рыб;

технических систем с использованием проточных и портативных флуориметрических комплексов, установленных на судах и береговых постах;

технических систем с применением спектрометров восходящего излучения от морской поверхности, установленных на судах и беспилотных летательных аппаратах;

подсистемы для приема, обработки и дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли, в том числе получаемых с помощью гиперспектральной аппаратуры;

подсистемы для контактного и спутникового мониторинга социально-экономических процессов в береговой зоне Баренцева, Белого, Азовского и Черного морей, в том числе в районе Крымского полуострова и г. Севастополь.

В рамках ПНИ предусмотрена разработка новых технических решений в области биотехнических систем наземно-космического мониторинга шельфа российских морей. Ориентация на отечественные разработки в области получения контактных данных о состоянии морской среды позволит сформировать относительно недорогую систему наземно-космического мониторинга прибрежных вод российского шельфа, отдельные элементы которой будут сопоставимы по качеству и надежности с аналогичными зарубежными образцами.

В разработке экспериментального образца принимают участие специалисты Южного научного центра РАН, Института аридных зон ЮНЦ РАН, Института социально-экономических и гуманитарных исследований ЮНЦ РАН, Мурманского морского биологического института КНЦ РАН, Морского гидрофизического института (г. Севастополь), Южного научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (г. Керчь), НТЦ уникального приборостроения РАН, Южного федерального университета, ООО “Эмерсит”, МИП “ФАЛТ-ИНЖИНИРИНГ” при МФТИ и др.

Используются ресурсы научных установок: «Уникальный экспериментальный научно-исследовательский комплекс “Мурманский океанариум”» и “Экспериментальная модульная установка-комплекс ЮНЦ РАН”.

РАЗВИТИЕ АРКТИЧЕСКОГО МОРСКОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В ММБИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ (РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРОБЛЕМЫ)

Г.Г.Матишов, В.В.Денисов, С.Л.Дженюк, А.П.Жичкин, Г.В.Ильин
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Природопользование – комплексная научная дисциплина, исследующая общие принципы рационального (для данного исторического момента) использования природных ресурсов человеческим обществом. Сам термин был предложен еще в конце 1960-х гг., а задачи природопользования как науки состоят в разработке общих принципов осуществления всякой деятельности, связанной либо с непосредственным использованием природы и ее ресурсов, либо с изменяющими ее воздействиями. Объектом природопользования служит комплекс взаимоотношений между природными ресурсами, естественными условиями жизни общества и его социально-экономическим развитием. Предметом природопользования можно считать оптимизацию этих отношений. При таком сочетании общей направленности и конкретных задач вполне закономерно, что природопользование включает в себя элементы естественных, общественных и технических наук.

В изданной в 1988 г. монографии “География океана: теория, практика, проблемы” под редакцией А.П.Алхименко и С.Б.Слевича были рассмотрены основные концепции и принципы океанического природопользования. Авторами отмечено, что “...для концепции экологизации общественного производства – фактически концепции будущего, должны быть характерны сбалансированные составные части природопользования: потребление, охрана и воспроизводство ресурсов в соответствии с равной зависимостью всех их для благополучия человека в условиях сохранения природы”. В соответствии с этой концепцией должны быть достигнуты оптимизация взаимодействия человека и природы, сотворчество с природой, сохранение динамического экологического и социального равновесия.

В ММБИ исследования морского природопользования занимают важное место. Специалисты, занятые этой проблемой, стремятся рассматривать ее комплексно и, по возможности, всесторонне, т. е. с общегеографических позиций. В последние 10 лет это традиционное для ММБИ направление связано с развитием концепции больших морских экосистем.

С 2007 года Институтом выполняется базовая тема “Биологические и географические особенности функционирования больших морских экосистем (БМЭ) Западной Арктики”. Широкий научный контекст природопользования, т. е. отмеченные выше его комплексные особенности, позволяет исполнителям охватывать воедино не только биологические основы функционирования морских экосистем, но и геоэкологические основы рационального природопользования, базирующиеся на экосистемно ориентированных методах сохранения

и интегрированного управления биоресурсами, сохранения природы Арктики. Концепция БМЭ в мире успешно развивается как наиболее рациональное соединение традиционной науки о морских экосистемах с комплексной областью знания – морским природопользованием.

Регионализация – адаптация данной концепции к западному сектору Арктики весьма актуальна, учитывая сложные и существенно различающиеся морские экосистемы замерзающих морей. Сохранение биоразнообразия и экосистемно ориентированного интегрального управления необходимо как с позиций российской научной политики при освоении российских экономических зон в Арктике, так и с позиций развития в этом макрорегионе международного сотрудничества.

За истекшие годы концепция БМЭ была реализована применительно к морским пространствам Западной Арктики – проведена делимитация границ в Баренцевом море, разработана концепция мониторинга, дана оценка состояния и стратегического развития морехозяйственной деятельности в Баренцевом, Карском и Белом морях. Сделаны первые шаги по выработке путей оптимизации комплекса отношений арктической природы и социально-экономического развития России в Арктике.

Разумеется, решение столь системных проблем как всестороннее раскрытие объекта и предмета арктического природопользования, не может быть прерогативой только ММБИ. На этом научном и прикладном поле действует множество других исследователей: центральные и ведомственные институты, проектные организации. Задачей нашего Института всегда был и остается комплексный анализ и синтез природных и социальных взаимодействий в живой природе Арктики с позиций экосистемного подхода разных пространственно-временных масштабов. Выбор этих масштабов, их детализация (или рациональное масштабирование) определяется адекватным знанием и пониманием роли и вклада значимых ключевых элементов в формирование конкретных природных и социальных ландшафтов, т. е. научным знанием региональных особенностей исследуемой природной географической области.

Институтом получены конкретные результаты в области морского арктического природопользования.

Так еще в 2008 г. на базе отраслевых информационных продуктов, созданных с помощью компьютерных технологий (матрица совместимости, тематические карты природопользования, состояния среды, техногенных и природных рисков), была впервые подготовлена карта районирования Баренцева и Карского морей. В дальнейшем эта карта была актуализирована с учетом новой информации о частичной смене приоритетов в развитии морехозяйственной деятельности в этом шельфовом регионе.

В 2014 году была подготовлена картосхема функционального зонирования этой же шельфовой провинции с выделением приоритетных и рекомендуемых зон межконфликтного природопользования, зон межведомственных конфликтов, зоны внутриведомственных ограничений, зон особого назначения в Кольском заливе (зоны Мурманского транспортного узла и военно-морского базирования).

До принятия федерального закона “О морском пространственном планировании” развитие принципа районирования – основной черты природопользования – будет строиться на дальнейшей дифференциации морского пространства и появления новых типов зон. Для обеспечения результативности практической реализации данной проблемы необходимо проведение научных мониторинговых исследований в рамках стратегической экологической экспертизы и проектных ОВОС. Особенно важно руководствоваться принципами функционального зонирования для определения границ приоритетных и рекомендуемых функциональных зон, так как именно в них имеют место локальные районы ведомственного конфликтного природопользования, а следовательно – экономических и экологических рисков.

С позиций устойчивого развития важен следующий тезис: все виды современного природопользования должны считаться равноправными. Об этом свидетельствует современная оценка экосистемных услуг, т. е. выгод, которые люди получают от сохранности экосистем. Эти выгоды представляют собой обеспечивающие, регулирующие и культурные услуги, которые прямо или косвенно влияют на эффективность деятельности людей. Особенно наглядно они проявляются в современных приемах морского территориального планирования, где выбор оптимального вида хозяйственной деятельности позволяет найти “свое место” каждому из видов природопользования – будь то добыча минеральных, биологических ресурсов или многоцелевое резервирование таких природных объектов как арктические архипелаги и отдельные острова, специфические участки акватории.

Результаты работы ММБИ по этой тематике позволяют считать, что конкретная работа по проблеме арктического морского природопользования (концепция будущего!) шаг за шагом становится практической реальностью.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАДИАЦИОННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ ЕВРОПЕЙСКОЙ АРКТИКИ

Г.Г.Матишов¹, Н.Е.Касаткина¹, И.С.Усягина¹,
Г.В.Ильин¹, Д.В.Моисеев¹, С.В.Бердников²

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

²Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Мурманский морской биологический институт имеет многолетний опыт международного сотрудничества в области радиоэкологических исследований. Наиболее тесные научные связи установились с Администрацией по радиационной и ядерной безопасности Финляндии (STUK) и ее региональной лабораторией в г. Рованиеми. В 1993 году финские ученые впервые приняли участие в морской экспедиции на борту НИС “Дальние Зеленцы” в Печорское море. Затем были другие совместные морские и береговые экспедиции, а также проекты “ARMARA”, “ARCTICMAR”, “Плутоний и америций в пробах Баренцева, Печорского и Карского морей” и др.

Наиболее крупным международным радиоэкологическим проектом последних лет, в котором участвовал ММБИ, стал завершившийся в 2014 г. 3-летний финско-российско-норвежский проект “Развитие сети сотрудничества по охране окружающей среды и радиационным исследованиям Европейской Арктики (СЕЕПРА)”.

Глобальная цель проекта заключалась в укреплении трансграничного сотрудничества в области мониторинга радиоактивности окружающей среды, ядерной безопасности и готовности к чрезвычайным ситуациям.

Проект состоял из пяти взаимосвязанных рабочих направлений: “Наземная среда”, “Морская среда”, “Атмосфера”, “Социальное воздействие”, “Информирование общественности”, каждое из которых решало более узкие задачи.

Для оценки современного состояния загрязненности радионуклидами наземных и морских и экосистем Евро-Арктического региона проведены несколько морских и береговых экспедиций.

Измерения активности антропогенных радионуклидов выявили низкие уровни радиоактивного загрязнения элементов наземных экосистем северных регионов Финляндии, России и Норвегии. Несмотря на существующие географические и видовые различия в накоплении радиоизотопов, удельная активность основных дозообразующих радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr во всех пробах ягод и грибов из Лапландии, Мурманской области и северной Норве-

гии значительно ниже предельно допустимых уровней, установленных для пищевых продуктов. Дозы, получаемые за счет употребления в пищу грибов и ягод, составляют лишь сотые доли процента от безопасной годовой дозы техногенного облучения населения.

Спектр искусственных радионуклидов в элементах баренцевоморской экосистемы также представлен ^{137}Cs и ^{90}Sr . Другие изотопы либо не обнаруживаются, либо в следовых количествах присутствуют на локальных участках вблизи радиационно-опасных объектов. Современное содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде, донных отложениях и морских гидробионтах соответствует фоновому уровню, который сформировался за счет глобального круговорота радионуклидов в биосфере.

В ходе реализации проекта “СЕЕРА” выполнено математическое моделирование распределения радионуклидов в случае гипотетических аварий на двух радиационных объектах: плавучей атомной станции в районе Штокмановского газоконденсатного месторождения в Баренцевом море и планируемой атомной электростанции Ханхикиви в Финляндии.

Моделирование распространения радионуклидов от аварии на плавучей атомной станции показало, что воздействие от аварии будет иметь локальный характер. В результате аварийного облучения пострадают только люди, работающие на станции. Активность радиоактивного облака, достигшего материка, будет очень низка. Расчет влияния аварийных выбросов на содержание ^{137}Cs в Баренцевом море показал, что ощутимые изменения относительно ранее сформировавшегося уровня загрязнения будут наблюдаться только в верхнем слое воды. Концентрация растворенной формы ^{137}Cs в районах воздействия аварии увеличится в 2 раза (с 1.5 до 3.6 Бк/м³). Однако через 4–5 мес. после аварии концентрация возвратится к фоновым значениям.

В результате аварийного выброса АЭС Ханхикиви загрязнению через атмосферные выпадения подвергнутся значительные территории финской Лапландии, Северной Норвегии и Кольского полуострова. Баренцево море также окажется под влиянием аварии. Максимальное загрязнение моря произойдет в прибрежных водах Восточного Мурмана и Белом море. В первые месяцы после аварии активность ^{137}Cs в поверхностном слое воды вдоль всего побережья Кольского полуострова повысится до уровней в несколько сотен беккерелей на 1 м³. Загрязнение воды в более глубоких слоях будет менее значительным – около 20–60 Бк/м³. Через год после аварии прибрежные воды Мурмана почти полностью очистятся от радионуклидов. Поверхностный слой воды Белого моря останется загрязненным – около 160 Бк/м³. Самоочищение водных масс Белого моря до уровня 20 Бк/м³ произойдет через 4–5 лет после аварии. Содержание цезия в придонных слоях воды и донных отложениях будет повышаться не настолько существенно. Участки с максимальным содержанием ^{137}Cs в осадках будут локализованы в Белом море.

В рамках проекта “СЕЕРА” впервые выполнены оценки социального воздействия ядерных аварий. При рассматриваемом сценарии развития аварийной ситуации важнейшие районы проживания населения, туристические центры, а также районы оленеводства окажутся в зоне загрязнения. Результаты социологического исследования, проведенного посредством интервьюирования населения, предпринимателей, представителей турбизнеса и других экспертов показали, что социальные последствия аварии, в частности ухудшение имиджа региона, окажутся более значительными, чем реальные последствия аварии. Восстановление изменившегося отношения людей к исследуемой территории потребует гораздо больше времени, чем для физического восстановления окружающей среды. Страх и беспокойство людей в случае аварийных ситуаций, связанных с попаданием радиоактивных веществ, можно снизить путем распространения информации по радиационной защите и безопасности еще до происшествия. Для этого необходимы простые для понимания информационные и учебные материалы для различных групп населения. Так же представляется важным открытое и быстрое информирование во время чрезвычайной ситуации.

С целью информирования широкой общественности и всех заинтересованных лиц о современной радиоэкологической ситуации в Евро-Арктическом регионе и других важных вопросах, связанных с радиоактивностью, в ходе реализации проекта проводились открытые семинары в каждой из стран-участниц.

Международная сеть сотрудничества по охране окружающей среды и радиационным исследованиям Европейской Арктики, созданная в рамках проекта, доказала свою работоспособность и есть планы по продолжению совместных работ в этом направлении.

АНТРОПОГЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ МОРЕЙ ЗАПАДНОЙ АРКТИКИ В 2010–2014 гг.

Г.Г.Матишов¹, И.С.Усягина¹, Д.Г.Матишов²

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

²Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

С 1990-х годов морские радиоэкологические исследования являются частью комплексных экспедиций ММБИ. В 1980–1990-е годы многие научные публикации были посвящены исследованию уровней и путей миграций антропогенных изотопов в морях Евро-Арктического региона. В первом десятилетии XXI века количество статей по данной тематике заметно сократилось. Спад интереса к данной проблеме обусловлен общим снижением радиационного фона в арктических морях после прекращения крупномасштабных ядерных испытаний. Выбросы АЭС “Фукусима-1”, следы которой были обнаружены в высокоширотных областях Арктики в первые месяцы после аварии, подтвердили необходимость регулярных радиоэкологических съемок в северных акваториях.

Материалы для настоящего исследования получены ММБИ в 2010–2014 гг. в ходе морских и береговых экспедиций в моря Баренцево, Белое, Карское и Лаптевых на НИС “Дальние Зеленцы”, атомном ледоколе “Ямал”, дизель-электроходах “Мончегорск” и “Талнах”, РМН-1068 “Викинг-2”. Цель работы – оценить современный радиационный фон в бассейнах арктических морей.

Баренцево море. Радиоэкологическая обстановка в Баренцевом море прослеживается по концентрациям искусственных радионуклидов в воде и донных отложениях вдоль разреза “Кольский меридиан”. По результатам экспедиционных исследований получены новые данные об активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в основных водных массах Баренцева моря. В настоящее время в теплых водах атлантического происхождения, в зону распространения которых входят Рыбачья, Мурманская, Демидовская банки и Центральное плато, содержание ^{137}Cs в воде варьирует от 0.4 до 2.5 Бк/м³, а ^{90}Sr – от 0.4 до 8.7 Бк/м³. В баренцевоморской водной массе над Центральной возвышенностью диапазон активности ^{137}Cs составляет от 1.4 до 1.7 Бк/м³, ^{90}Sr – от 2.1 до 5.0 Бк/м³. Над возвышенностью Персея и ее склонами в арктических водных массах ^{137}Cs регистрируется на уровне от 0.9 до 2.2 Бк/м³, ^{90}Sr – от 1.8 до 6.3 Бк/м³.

Малым содержанием ^{137}Cs (0.2–6.7 Бк/кг) и ^{90}Sr (0.1–2.5 Бк/кг) характеризуются донные отложения Баренцева моря в 2010–2013 гг. На гребне и склонах возвышенностей Персея и Центральной и Центрального плато алеврито-илисто-песчаные осадки накопили ^{137}Cs в количестве 0.8–2.9 Бк/кг. В желобах между банками алевриты и глинистые илы отличаются чуть большим накоплением ^{137}Cs – до 6.7 Бк/кг. В Печорском море разнотерные пески содержат ^{137}Cs от 0.2 до 1.7 Бк/кг. Наблюдается корреляционная зависимость между содержанием пелитовой фракции в осадках (размер зерен < 0.01 мм) и накоплением ^{137}Cs .

Карское море. С 2011 по 2013 годы в водах Карского моря не обнаружено короткоживущих техногенных γ -нуклидов, свидетельствующих о недавних поступлениях радионуклидов от источников. Диапазон активности ^{137}Cs относительно узок и вписывается

в интервал значений от следовой активности ($< 1 \text{ Бк/м}^3$) до 2.5 Бк/м^3 . В поле низких концентраций ^{137}Cs выделение различий пространственного распределения носит условный характер. В области наибольших глубин в западной части моря – в районе Новоземельского желоба – наблюдались повышенные концентрации ^{137}Cs по сравнению с другими районами. Относительное повышение фоновых показателей активности вызвано, очевидно, особенностями океанографического режима в этом районе, в частности, прохождением ветви циркуляционного течения, затоком в желоб вод атлантического происхождения из Арктического бассейна и Баренцева моря по желобам Воронина и Св. Анны, водообменом с Баренцевым морем через пролив Югорский Шар, материковым стоком с побережья Новой Земли. В основном активность ^{137}Cs в водах Восточно-Новоземельского желоба достоверно детектируется и удерживается в интервале $1\text{--}2.5 \text{ Бк/м}^3$. Понижение активности до следовых величин отмечено на участках моря с малыми глубинами – в центральном районе циркуляционной системы течений. Интервал концентраций ^{137}Cs находится в пределах $0.8\text{--}1.7 \text{ Бк/м}^3$. Распределение концентраций имеет фрагментарный, “пятнистый” характер при незначительных пространственных различиях активности. Участок меньших концентраций выделяется в южной части моря (район устьевой зоны рек Енисей и Обь). На характер распределения активности радионуклида существенно влияет динамика вод в этом районе моря. Как менее загрязненный ^{137}Cs участок можно выделить район Обь-Енисейского мелководья, примыкающий к устьевой зоне Оби. Участок находится под непосредственным влиянием речного стока. Активность ^{137}Cs в водах в 2010–2014 гг. соответствует установленным тенденциям снижения радиологической загрязненности бассейна.

Диапазон активности ^{90}Sr в отличие от ^{137}Cs варьирует в широких пределах – от 1.0 до 15 Бк/м^3 . Относительно повышенные концентрации радионуклида отмечались в мелководных юго-восточной и центральной частях моря, наиболее подверженных воздействию стока рек Обь и Енисей. В поверхностных водах над Восточно-Новоземельским желобом содержится от 1.5 до 3.5 Бк/м^3 ^{90}Sr . В районе северо-восточной границы Карского моря объемная активность ^{90}Sr в воде не превышает 3.5 Бк/м^3 .

В современных донных осадках на Карском шельфе удельная активность ^{137}Cs варьирует от 1 до 12 Бк/кг , а ^{90}Sr – от 0.2 до 2 Бк/кг . В мелких алевритах и глинистых илах Восточно-Новоземельского желоба накопились максимальные количества антропогенных радионуклидов. Грунты Обской и Тазовской губ содержат ^{137}Cs от 0.4 до 7 Бк/кг , а ^{90}Sr – до 1.7 Бк/кг .

Белое море. Радиоактивное загрязнение Белого моря в современный период характеризуется как низкое. Среднее содержание ^{137}Cs в поверхностных водах Белого моря (2011, 2014 гг.) составляет $1.1\pm 0.6 \text{ Бк/м}^3$, ^{90}Sr – $1.4\pm 0.6 \text{ Бк/м}^3$.

Максимумы концентраций ^{137}Cs в донных отложениях отмечаются в Двинском заливе, на дне Кандалахской впадины, а также в Горле – $22\text{--}31 \text{ Бк/кг}$ сухой массы. Средняя удельная активность ^{137}Cs в осадках для моря в целом, за исключением максимальных активностей, составляет $2.8\pm 2.8 \text{ Бк/кг}$ сухой массы, ^{90}Sr – $0.4\pm 0.4 \text{ Бк/кг}$ сухой массы. Наблюдаемые максимальные уровни накопления ^{137}Cs в донных отложениях Белого моря указывают на существование местных источников поступления искусственных радионуклидов.

Море Лаптевых. Радиоактивное загрязнение моря Лаптевых в 2013 г. характеризуется как низкое. Среднее содержание ^{137}Cs в поверхностных водах составляет $1.6\pm 0.6 \text{ Бк/м}^3$, ^{90}Sr – $3.5\pm 2.3 \text{ Бк/м}^3$. Концентрация ^{137}Cs в донных отложениях варьирует в диапазоне от следовой активности ($< 0.2 \text{ Бк/кг}$) до 5.7 Бк/кг сухой массы, ^{90}Sr – от 0.1 до 1.7 Бк/кг сухой массы.

Сравнительный анализ концентраций ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностных водах и донных отложениях Баренцева, Белого, Карского и Лаптевых морей показал, что прекращение испытаний ядерного оружия и снижение атмосферных выпадений радионуклидов привели к снижению активности радиологического фона в целом и выравниванию различий активности изотопов между арктическими морями.

Современные радиоэкологические исследования в морской арктической зоне должны быть направлены на проведение мониторинга, изучение закономерностей перераспределения радионуклидов и механизмов самоочищения морских экосистем, на выявление районов аккумуляции техногенных радионуклидов.

ОСОБЕННОСТИ ГЕОМОРФОЛОГИИ ПОДВОДНОЙ РАВНИНЫ УСТЬЕВОЙ ЗОНЫ РЕКИ ГРЕНДАЛЕН (ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН)

Н.И.Мещеряков

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Устьевые зоны морских пространств представляют собой особую географическую провинцию со свойственными ей природными условиями. В известной мере в этой мелководной зоне моря существенное влияние оказывает речной сток, а смешивание пресных и морских вод определяет особую гидро- и геохимическую специфику среды водного бассейна. В свою очередь, приливоотливные колебания, ветровое волнение, ледовая обстановка являются основными природными процессами, оказывающими влияние на осадкообразование и геоморфологические черты рельефа дна района. Поэтому изучение современных процессов в приустьевой зоне в условиях высокоширотной Арктики имеет важное теоретическое значение.

В основу данной работы положены материалы полевых исследований, выполненных 25.06–27.07.2014 г. в заливе Грэн-фьорд на Западном Шпицбергене. Район работ охватывает устьевую зону р. Грэндален и примыкающую к ней акваторию залива (2 км²), которая представлена обширным мелководьем. Амплитуда прилива составляет 1.2 м. Во время отлива береговая полоса широко осушается, формируя зону литорали шириной до 800 м. На границе литоральной и sublиторальной зон простираются гравийно-песчаные косы (Мещеряков, 2013). В устьевой зоне р. Грэндален наблюдается разветвленная сеть желобов речного стока. Их положение часто меняется. Многорукавная дельта выдвинута в залив на несколько десятков метров. Она протягивается более чем на 1 км и насыщена взвешенным веществом во всех рукавах. Мутность воды р. Грэндален в летний сезон варьирует от 0.37 до 6.7 г/л, расход наносов – от 6 до 24 кг/с (Соловьянова, Третьяков 2003).

С целью изучения геоморфологических особенностей рельефа дна была проведена эхолотная съемка (эхолот “Hummingbird-770”, лодка “Zodiac mark-3”, GPS-навигатор “Garmin Cx”). Полученные результаты обрабатывали с помощью программы Surfer-11. Для графического изображения рельефа дна принимался уровень воды, характерный для нулевого отлива. При построении батиметрической схемы использовали 11 галсов, расстояние между которыми 180 м. На каждый галс приходилось 9–10 контрольных точек измерения глубины, всего выполнено 104 контрольных точки. По полученным данным была построена батиметрическая модель устьевой зоны р. Грэндален и прилегающей к ней акватории залива Грэн-фьорд.

Результаты проведения промерных работ показали, что в пределах метровой изобаты расположена аллювиально-морская терраса, которая заканчивается гравийно-песчаными косами. Мористее глубина увеличивается до 40 м, затем подводный склон становится более пологим. Однако следует отметить, что выполаживание рельефа происходит не везде одинаково. Так, в центральной части района в пределах глубин от 40 до 60 м в рельефе дна выделяется слабонаклонная площадка (уклон 3–4°). Ее протяженность с востока на запад 300 м, а с севера на юг 200 м. В центре и ближе к северо-западной бровке района в рельефе дна террасы выделяются возвышенности высотой до 10 м.

В южной части района после аллювиально-морской террасы и кос глубины увеличиваются до 65 м. В дальнейшем крутизна склона падает в 2–3 раза. Глубины возрастают равномерно, на каждые 100 м удаления от берега они увеличиваются в среднем на 12 м. Так продолжается до максимальной глубины 132 м. В северной части района также наблюдается относительное увеличение глубин, но уже до 50 м. Далее подводный склон вылаживается, глубины увеличиваются равномерно (в среднем на каждые 100 м – увеличение глубины на 7 м) вплоть до максимальной глубины 112 м по поперечному профилю в данном районе залива.

Таким образом, в геоморфологическом облике подводной равнины устьевой зоны р. Грэндален можно выделить ряд характерных особенностей. Для литоральной зоны свойственно простираание аллювиально-морской террасы и гравийно-галечных кос. В сублиторальной зоне в пределах глубин от 40 до 60 м выделяется слабонаклонная площадка абразионно-аккумулятивной террасы. Данные формы рельефа дна подводной равнины исследованного района являются образованиями, в формировании которых принимают участие ряд факторов. Во-первых, здесь происходит скоростное осадконакопление при “лавиной” поставке осадочного вещества речным стоком в летний период. Во-вторых, в силу преобладающего северо-западного направления ветра гидродинамические волновые процессы препятствуют дальнейшему распространению речного стока в залив. Эти процессы определяют характер распределения современных типов отложений и особый рисунок микрорельефа литорали и сублиторали в данном районе залива. По нашим наблюдениям, самая высокая скорость осадконакопления в целом для залива Грэн-фьорд составляет в летний период примерно 2 кг/м^2 в месяц (Тарасов, 2013).

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И ЦИТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕЙКОЦИТОВ КРОВИ ЩЕНКОВ СЕРОГО ТЮЛЕНЯ

Т.В.Минзюк

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Атлантический серый тюлень *Halichoerus grypus grypus* Erxleben, 1777 – охраняемый вид ластоногих, включенный в Красную книгу. Данный вид является труднодоступным объектом для изучения в связи с удаленностью мест его обитания. На основе материалов, полученных в 2006 г. на ценных залежках в Баренцевом море, впервые было проведено комплексное исследование морфологических, цитохимических (Кавцевич, Минзюк, 2008) и биохимических (Ерохина, 2009) параметров крови серого тюленя разных возрастных групп. Показано, что первые 1.5 мес. жизни у детенышей серых тюленей происходит интенсивное становление клеточного иммунитета, а в возрасте 3–4 мес., когда животные начинают самостоятельно питаться рыбой, процессы пролиферации и дифференцировки лимфоидных клеток, осуществляющих реакции специфического иммунитета, замедляются.

Цель настоящей работы – провести сравнительное изучение клеточного состава крови щенков серого тюленя с аналогичными данными более ранних исследований, что позволит эффективнее оценить механизмы специфической и неспецифической резистентности лейкоцитов крови у ластоногих, особенно на начальных этапах постнатального онтогенеза, а также оценить перспективы развития популяций этих морских млекопитающих.

Материал получен на ценных залежках в 2006 и 2013 гг. (о. Большой Айнов, Баренцево море). Для сравнения выбраны три возрастные группы серых тюленей: новорожденные, питающиеся молоком (2–3 недели) и завершившие молочное вскармливание (1–1.5 мес.). Для определения лейкоцитарной формулы крови мазки окрашивали смесью Романовского-Гимза, катионный белок выявляли по методу М.Олферта и И.Гешвинда (1974), активность миелопероксидазы выявляли в реакции с бензидином (Лецкий, 1973).

У обследованных особей отмечены достоверно близкие показатели лейкоцитарной формулы крови в 2006 и 2013 гг. Кровь всех новорожденных серых тюленей содержит “юные” нейтрофилы, метамиелоциты, эритроциты, нормоциты и эритроциты с низким содержанием гемоглобина. У питающихся молоком и завершивших молочное вскармливание щенков эти клетки встречаются в единичных случаях. Новорожденные щенки отличаются самым высоким содержанием палочкоядерных, т. е. не вполне дифференцированных нейтрофилов (1–6 %). У животных закончивших молочное питание отмечено возрастание количества эозинофилов (до 6 %). Это связано с тем, что в 1–1.5 мес. щенки уже не получают с молоком матери антител для защиты от инфекций, а собственные механизмы специфического иммунитета еще только формируются. Эозинофилия в периферической крови млекопитающих наблюдается при аллергических реакциях разного происхождения. Основную роль аллергенов играют вещества, поступающие с воздухом и пищей (особенно в период начала самостоятельно питания).

У тюленей до 1–1.5 мес. преобладают сегментоядерные нейтрофилы (58–63 %), их количество у завершивших молочное питание снижается до 41–43 %. Максимальное количество сегментов в нейтрофилах достигает 7, в среднем индекс сегментации по Гиньку 3.4–3.5, т. е. степень зрелости нейтрофилов высокая. Отмечено высокое число нейтрофилов с вакуолями в цитоплазме. Встречаются нейтрофилы с ядрами необычной формы, в которых отдельные сегменты соединены друг с другом нитями хроматина, сходящимися в одной точке, а не последовательно. Аналогичные формы клеток нами выявлены у гренландских тюленей (Кавцевич, 2003), морского зайца (Минзюк, Кавцевич, 2013) и хохлача (Минзюк, Кавцевич, 2010).

Количество базофильных лейкоцитов остается очень низким у всех рассмотренных животных (не более 1.5 %). Большинство лимфоидных клеток крови серых тюленей – малые и средние лимфоциты, но у всех щенков в значительном количестве (5–10 % от числа лимфоцитов) встречаются и большие лимфоциты с признаками активированных клеток. Лимфоциты, содержащие в цитоплазме азурофильные гранулы, “большие гранулярные лимфоциты”, среди щенков в 2013 г. не выявлены.

Исследование 2013 г. подтверждает наличие “физиологического перекреста” (уравнивание количества лимфоцитов и нейтрофилов) у щенков серого тюленя в возрасте 1–1.5 мес. При этом у новорожденных и взрослых животных наблюдается нейтрофильный профиль крови. Появление физиологического перекреста на ранних этапах постнатального онтогенеза у тюленей, по-видимому, обусловлено интенсивной пролиферацией лимфоидных клеток, связанной с развитием системы специфического иммунитета животных. А высокий уровень сегментоядерных нейтрофилов в первые дни и месяцы жизни рассматривается как приспособление, обеспечивающее неспецифическую защиту организма от инфекций (Алексеев, 1998).

Для оценки уровня естественной резистентности организма щенков тюленей определяли неспецифическую бактерицидную активность гранулоцитов по содержанию в них катионного белка и миелопероксидазы. У новорожденных тюленей число лейкоцитов, в которых выявляются катионные белки, очень низкое (2 %), а к 1–1.5 мес. у щенков оно возрастает до 7 %, в этой же группе наблюдаются значительные колебания среднего цитохимического коэффициента, что, вероятно, связано с перестройками в метаболизме тюленей, обусловленными голоданием и повышенным уровнем катаболизма белка. Количество лейкоцитов, дающих положительную реакцию на миелопероксидазу, у серых тюленей на всех возрастных этапах высокое (2006 г. – 90–100 %, 2013 г. – 84–95%).

Таким образом, сравнительные исследования подтверждают ранее сделанные выводы, что в процессе раннего постнатального онтогенеза серых тюленей активность миелопероксидазы высокая и с возрастом снижается, а содержание лизосомных катионных белков

возрастает. Антимикробная защита у щенков серых тюленей до возраста 3–4 мес. обеспечивается главным образом миелопероксидазой. Катионные белки в этот период выступают в качестве дополнительного компонента неспецифической бактерицидной системы. Показано отсутствие различий по морфологическим и некоторым цитохимическим показателям клеток крови щенков серых тюленей на начальных этапах постнатального онтогенеза при сравнении данных за 2006 и 2013 гг. Это свидетельствует о стабильности состояния и развития основных клеточных факторов, определяющих уровень резистентности организма щенков тюленей.

ЦИКЛИЧНОСТЬ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА МУРМАНСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ

М.В.Митяев, М.В.Герасимова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Экзогенные процессы, происходящие на Мурманском побережье, не носят односторонний характер, а протекают циклично. Периоды увеличения интенсивности денудации сменяются этапами стабилизации (или ослабления) денудационной активности, что отражается на объеме и массе осадочного вещества, поступающего в бассейн седиментации. С 1997 по 2013 годы можно выделить два цикла изменения интенсивности экзогенных геологических процессов. Первый цикл (1997–2004 гг.) – малая (относительно) интенсивность денудации и небольшое (относительно) количество вещества, аккумулируемого в заливах. Второй цикл (2005–2013 гг.) – увеличение денудационной активности и объема аккумулируемого в заливах вещества. Чем же были вызваны изменения интенсивности экзогенных процессов? В первую очередь – изменениями климатических показателей. Так в 1997–2004 гг. среднегодовая температура воздуха составляла 0.9 °С, среднегодовая скорость ветра 7.0 м/с (1998–2002 гг. – среднегодовая скорость ветра менее 6.5 м/с), резко преобладали ветра западного, юго-западного и южного направления, среднегодовое количество атмосферных осадков 609 мм, среднегодовое количество часов солнечного сияния 910.

В 2005–2013 годах в 1.5 раза увеличилась среднегодовая температура воздуха – 1.4 °С, резко сократилось количество атмосферных осадков (в среднем до 506 мм в год) и часов солнечного сияния (в среднем до 610 ч в год), среднегодовая скорость ветра изменилась незначительно (6.8 м/с), но поменялись доминирующие направления ветров (при сохранении большей доли южных и юго-западных ветров, значительное влияние стали оказывать северные и северо-западные ветра). Вероятно, период 2003–2005 гг. предопределил усиление интенсивности денудационных процессов на побережье. В это время были зафиксированы максимальная среднегодовая скорость ветра (за последние 35 лет – более 8.0 м/с), максимальное количество атмосферных осадков (за последние 25 лет – более 730 мм в год). В 2003 году количество сейсмических событий превысило годовую норму более чем на 20 %, а в 2005 г. – на 46 %.

Не последнюю роль в изменении интенсивности экзогенных процессов, вероятно, сыграли сейсмические события на прилегающем шельфе. Так в 2005 г. в районе архипелага Шпицберген зафиксировано в 1.5 раза больше сейсмических событий (94), чем в 2004 и 2006 гг. (по 64) (Комплексные ..., 2007). Связь экзогенных и эндогенных процессов демонстрируют события 2010 и 2012 гг. Так увеличение сейсмических событий на шельфе в 2010 г. совпадает с активизацией абразионного процесса на Мурманском побережье и увеличением объема осаждаемого в заливах материала. В 2012 году происходит общее снижение интенсивности денудационных процессов на побережье, но в литоральной (и верхней сублиторальной) зоне активизируется абразионный процесс и резко возрастает объем аккумулируемого в заливах вещества. Возможно, активизирующим фактором послужило сильное землетрясение (магнитудой > 6), произошедшее на Баренцевоморском шельфе в мае 2012 г.

ТЕХНОГЕННОЕ ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА БИОЛОГИЮ КОЛЬЧАТОЙ НЕРПЫ

А.Л.Михайлюк

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Деятельность человека в Мировом океане и, в частности, в полярных морях затрагивает естественный ареал обитания морских млекопитающих и, как следствие, оказывает разностороннее воздействие на биологию этих животных.

Благодаря многолетним исследованиям экологических, океанологических, биологических процессов Баренцева моря, получены достаточно подробные описания динамики наблюдаемых явлений, позволяющие осуществлять долговременные прогнозы, имеющие как общенаучное, так и прикладное значение.

Вместе с тем, такой распространенный и важный фактор как акустический шум остается малоизученным. Кроме естественных, в том числе биогенных акустических сигналов, в настоящее время на обитателей морей оказываются мощные акустические воздействия антропогенной природы. В процессе развития прибрежной и морской инфраструктуры уровень шумового загрязнения Мирового океана неизбежно увеличивается. Из-за активного судоходства в Баренцевом море, а также разработки Арктического шельфа с использованием буровых платформ уровень шумов, вызванных антропогенными факторами в акватории Баренцева моря высок. Насколько критично шумовое загрязнение для настоящих тюленей, в том числе для кольчатой нерпы, как это проявляется в поведении, пищевой мотивации и реализации навыков обусловленного поведения?

Публикаций, посвященных проблемам экологии морских животных, много. Однако вопросы устойчивости тюленей к различным воздействиям естественной и антропогенной природы раскрыты недостаточно, а исследования особенностей реагирования арктических тюленей (в частности, кольчатой нерпы) на шумовое воздействие практически отсутствуют. Сенсорные системы ластоногих изучаются гораздо менее интенсивно, чем китообразных, а единичные работы посвящены морфологии или реализации задач дифференциальной чувствительности.

Поэтому было проведено исследование влияния модельных воздействий постоянными низкочастотными и импульсными шумами на суточную динамику поведения, пищевую мотивацию и реализацию поведенческих навыков у кольчатой нерпы *Pusa hispida* Schreber, 1775 в условиях неволи.

Задачи исследования: 1) определить особенности суточной активности кольчатой нерпы, свойств высшей нервной деятельности, проявляющихся при формировании навыков обусловленного поведения, в их реализации и устойчивости в течение времени в определенных океанологических условиях; 2) проследить параметры суточной активности, пищевой мотивации, особенности реализации сформированных поведенческих навыков при воздействиях постоянного низкочастотного шума; 3) изучить реактивность животных в параметрах поведенческой активности, пищевой мотивации, устойчивости реализации сформированных поведенческих навыков в ответ на импульсное шумовое воздействие (подводный взрыв).

Работа выполнена в 2009–2011 гг. на базе биотехнического аквакомплекса ММБИ “Полярный” (мыс Тоня, Кольский залив, Баренцево море). Объект исследования – 2-летние особи кольчатой нерпы *Pusa hispida* Schreber, 1775 – самец Рэмбо и самка Масяня, отловленные в 2007 г. в Белом море и адаптированные к условиям содержания в неволе.

Животные содержались в вольере. С первых дней пребывания в неволе животных приучали к искусственному питанию размороженной рыбой из рук тренера (раскорм). Работа с животными в процессе раскорма была направлена на снятие оборонительных (пассивно-агрессивных) реакций по отношению к человеку, что было необходимо для дальнейших исследований. С первых дней пребывания животных в аквакомплексе с нерпами проводились занятия по выработке базовых поведенческих навыков.

Работы были выполнены в два этапа.

Первый этап – анализ особенностей поведения, двигательной активности животных и устойчивости реализации условных рефлексов при продолжительном акустическом низкочастотном воздействии, приближенно имитирующих работу морских судов и нефтяных платформ. Параметры тонического шумового воздействия – 100, 300, 400 и 600 Гц при средней за сутки интенсивности 98.8 дБ, что соответствует шуму близко проходящего (до 200 м) крупнотоннажного судна. Звук включался утром (9.00) и звучал в течение суток. Каждая частота повторялась при разной очередности 3 раза.

Второй этап – анализ особенностей поведения, двигательной активности животных и устойчивости реализации условных рефлексов при воздействии импульсных шумов (подводных взрывов) различной интенсивности. Для осуществления подводного взрыва использовались имитационные патроны марки ИМ-82 и 107М (в 5 м от вольера на глубине 1.5 м) в количестве 1, 2, 3, 4 шт., каждый патрон соответствовал 100 г тротилового эквивалента. Мощность импульсного воздействия – звуковая составляющая непосредственно в садке, возле животного, составила, соответственно, 140.99, 174.38, 183.42, 186.73 дБ.

Исследование влияния на животных тонических шумовых воздействий (3-кратное повторение четырех различающихся по частоте звуковых колебаний) позволило отметить, что стимуляция оказывает существенное влияние на поведение ластоногих, которое проявляется в росте времени пребывания под водой (статистически достоверно в ночной период суток – с 23:00 до 4:00) и частоте всплытий. При качественном анализе было показано, что в максимальной степени имеет место отклик на частоту 600 Гц, на иные частотные характеристики стимуляции ответы менее выражены.

Совокупность полученных фактов позволяет утверждать, что использованные параметры шумового воздействия оказывают раздражающее и вызывающее тревогу воздействие на ластоногих.

Исследование импульсного шумового воздействия (подводный взрыв) на поведение кольчатых нерп позволило отметить, что воздействие является для животных существенным. Животные отказываются от контакта с человеком на временной период, зависящий от мощности воздействия (297 с при мощности звуковой составляющей импульсного воздействия в 186.73 дБ); время удержания цели (команда “таргет”) непосредственно после взрыва достоверно укорачивается. Отчетливо проявляются отдаленные эффекты воздействия. У экспериментального животного в ночной период активности более чем через 4 ч после взрыва достоверно увеличивалось время пребывания под водой. Прослеживается взаимосвязь между интенсивностью воздействия и продолжительностью отказа от корма.

Таким образом, впервые были описаны феномены изменения поведения животных и свойств их высшей нервной деятельности в условиях модели при воздействии импульсных и тонических низкочастотных шумов. Показано, что тоническое шумовое воздействие может оказывать на животных не только тревожащее воздействие, но формировать состояние повышенной работоспособности в модели обусловленного поведения.

Полученные результаты, в том числе и сама разработанная методика проведения исследований, могут быть использованы при разработке тест-систем контроля влияния на морских млекопитающих проведения работ на морском шельфе по разработке месторождений с применением буровых установок, а также проведении сейсморазведки.

ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЗАЛИВЕ ГРЁН-ФЬОРД

Д.В.Моисеев, К.А.Бобров

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Берега о. Западный Шпицберген изрезаны системой протяженных фьордов и заливов. Океанографические условия со стороны Гренландского моря определяются сложным взаимодействием постоянных и приливоотливных течений, выводных ледников, рельефа дна, зимнего ледового покрова. В результате чего формируются следующие водные массы: арктические, атлантические, промежуточные, поверхностные, трансформированные атлантические, зимние и местные (Weslawski et al., 1991; Svensen et al., 2002; Моисеев, Ионов, 2006).

Географическое положение Западного Шпицбергена делает его фьорды уникальным природным полигоном для изучения океанологических процессов. Воды Западно-Шпицбергенского течения обеспечивают до половины приходной части теплового баланса вод Арктического бассейна, поступающей за счет адвекции тепла из умеренных широт. Это обстоятельство позволяет рассматривать район к западу от Шпицбергена как ключевой для общего понимания наблюдаемых в последнее время изменений, протекающих в Северном Ледовитом океане.

Залив Грён-фьорд ориентирован в меридиональном направлении, его протяженность составляет примерно 16.5 км. Ширина и глубина фьорда увеличиваются с юга (кутовая часть) на север (выход в Ис-фьорд) с 1.8 до 5.4 км и с 50 до 170 м соответственно, что обеспечивает возможность свободной адвекции атлантических вод из прилегающего района континентального шельфа. Площадь акватории Грён-фьорда составляет примерно 47 км². В залив впадают несколько рек и ручьев, наиболее крупные из которых – Грён, Грёнфьорд, Брефьерна, Альдегонда, Брюде и Конгресс (Третьяков, Голованов, 2007).

В марте–апреле и июне–июле 2014 г. сотрудниками ММБИ с борта моторной лодки производились комплексные исследования залива Грён-фьорд. Важным элементом этих работ были океанографические исследования. Вертикальное профилирование водной толщи от поверхности до дна выполнялось СТД-профилографом CTD48M (Sea&Sun Technology, Германия). Температура, соленость и давление измерялись в непрерывном режиме каждые 0.25 с. Спуск и подъем зонда на всех станциях осуществлялся вручную с помощью капронового троса. В целях исключения контакта зонда с грунтом прибор закреплялся на фале на 1 м выше концевого груза. Измерения на каждой станции начиналось с выдерживания прибора в поверхностном слое в течение 1–2 мин, после чего фал вытравливался со скоростью около 1 м/с. После контакта концевого груза с дном зонд выдерживался на придонном горизонте 1–2 мин, затем начинался его подъем. Время и координаты для каждой станции фиксировались с использованием GPS-приемника.

В марте–апреле 2014 г. выполнено вертикальное СТД-профилирование на 58 станциях (9 разрезов), расположенных на всей акватории Грён-фьорда. Океанографические параметры характеризовались относительной однородностью. На всей исследованной акватории температура воды колебалась от 2.0 °С в придонном слое и до 2.7 °С в поверхностном. Соленость во всей водной толще на всей акватории фьорда была примерно 35.1 ‰. Следует отметить, что в исследуемый период наблюдений на стационарной точке А3, которая находилась в центральной части залива на траверзе Шпицбергенской биогеостанции ММБИ в Баренцбурге, выполнялись дополнительные профилирования попутно с седиментологическими исследованиями (Мещеряков и др., 2014). Согласно этим данным, с 26 марта по 12 апреля наблюдалось квазиоднородное распределение температуры воды. Она понижалась от 2.7 °С на поверхности до 2.1 °С у дна. Лишь в последние дни исследований (13–

14 апреля) от поверхности до глубины 25 м наблюдалось повышение температуры на 0.4 °С, а соленость все также составляла 35.1 ‰. Установлено, что такие термохалинные условия стали одним из основных факторов роста численности зоопланктонного сообщества (Берченко, Бобров, 2014). Вместе с тем, в седиментологических пробах наблюдались необычные минеральные осадочные вещества (Тарасов, 2014). Эти явления, скорее всего, обусловлены интенсивным затоком в залив Грён-фьорд водных масс атлантического происхождения.

В период второй съемки в июне–июле 2014 г. было выполнено СТД-зондирование на 17 станциях (3 разреза). Вертикальное распределение температуры и солености характеризовались наличием верхнего прогретого и распресненного слоя вод толщиной 10–20 м, под которым на фоне убывания температуры и увеличения солености воды с глубиной наблюдались преимущественно местные и атлантические воды. Температура и соленость верхнего слоя уменьшалась по направлению от Ис-фьорда к кутовой части Грён-фьорда с расположенными там ледниками Альдегонда, Западный и Восточный Грёнфьорд. На разрезах в Грён-фьорде минимум температуры составлял 3.5 °С, а максимум – 7.0 °С. Соленость изменялась от 30.6 и 35.1 ‰. Летом акватория залива находилась под сильным влиянием пресного стока, обусловленного таянием ледников.

Океанографические исследования, выполненные в заливе Грён-фьорд весной и летом 2014 г., показали наличие в его водах выраженного “сигнала” от Западно-Шпицбергенского течения в виде затока вод атлантического происхождения. По этим данным можно делать косвенные оценки поступления тепла из Атлантики в Северный Ледовитый океан. Результаты исследований позволили уточнить основные черты термохалинной структуры вод залива Грён-фьорд, характер протекающих в нем гидробиологических и седиментологических процессов. Продолжение многолетнего мониторинга состояния залива Грён-фьорд позволит оценить влияние климатических процессов на среду и биоту этого арктического фьорда.

Исследования выполнены в рамках программы “Фундаментальные и научные исследования на архипелаге Шпицберген” (договор с ФГУП “Арктикуголь”, № 0602-39-08/14).

ВЕРИФИКАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ МОРЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И IN SITU ДЛЯ КАРСКОГО МОРЯ

Д.В.Моисеев, Г.Н.Духно

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

В условиях непрекращающихся дискуссий о характере и векторе современных изменений климата одним из важнейших источников информации являются данные о температуре поверхности моря (ТПМ) (Belkin, 2009), получаемые с помощью ИК-радиометров, установленных на искусственных спутниках (ИСЗ). В особенности это актуально для труднодоступных акваторий арктических морей, где проведение судовых наблюдений носит спорадический характер. При этом очень важно оценивать степень достоверности спутниковых данных в сравнении с информацией, полученной *in situ* (Zhang et al., 2009). Для этого необходимо регулярно проводить верификацию данных дистанционного зондирования Земли (ДЗ) с подспутниковыми измерениями ТПМ, проводимыми в морских экспедициях (Kennedy et al., 2011).

Для проведения верификации использовался набор спутниковых данных MODIS Terra в формате HDF. Обработка спутниковой информации проводилась с помощью программ SeaDAS (<http://seadas.gsfc.nasa.gov>), ArcGIS (<http://www.arcgis.com>), Ms Access и др.

Прежде всего, необходимо на базе исходных данных в формате HDF создать пространственно-привязанные массивы информации с возможностью импорта в ArcGIS. Это

можно сделать двумя способами. Самый простой – это геокодирование пикселей в SeaDAS с последующим экспортом раstra в общепринятый формат GeoTIFF. Однако, для более точного определения параметров, измеренных с помощью дистанционного зондирования, следует использовать другой алгоритм, требующий продолжительного времени обработки.

Из файла формата HDF при помощи SeaDAS данные экспортируются в текстовый файл CSV, который импортируется в MS Access. Предварительно необходимо визуально и по временной шкале определить совпадение станций зондирования с температурными полями снимков и выбрать нужные снимки для обработки. В MS Access с помощью серии запросов данные фильтруются. Создается персональная база геоданных. Для более продуктивной работы в ArcGIS она преобразуется в файловую базу геоданных. В итоге получаем в ArcGIS полноценную цифровую копию спутникового изображения с отфильтрованными данными, без “шума”.

Данные о температуре воды *in situ*, использованные для верификации, получены в ходе экспедиции ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” в Карском море в августе 2012 г. Зондирование водной толщи проводилось с помощью СТД-зонда SEACAT SBE 19plus. Гидрологические данные переведены в текстовый формат ASCII. Из полученных таблиц извлечена необходимая для верификации информация для поверхностного слоя воды и при помощи ArcCatalog преобразована в шейп-файлы.

Верификация данных спутникового радиометра MODIS Terra и *in situ* выполнялась в ArcMap. В новый проект ArcGIS добавлялись полученные ранее данные из формата GeoTIFF, из файловой базы геоданных и шейп-файлы с температурой воды *in situ*. С помощью инструмента “Identification” выделялась нужная станция, в результате в таблице идентификации отображались данные по слоям в данной точке. При добавлении в проект всех трех типов данных видна информация по всем слоям. При этом необходимо точно соблюдать расположение слоев в таблице содержания. Верхним должен быть слой с данными *in situ*, под ним – слой с файловой базой геоданных, нижним – GeoTIFF.

Несмотря на существенную разницу во времени между данными дистанционного зондирования и *in situ* можно сказать, что совпадение иногда вполне хорошее. Таким образом, для общей оценки температурных условий арктических морей и выявления вектора направленности климатических процессов вполне можно использовать данные ДЗЗ. На следующих этапах работы планируется верификация данных *in situ* с данными ДЗЗ российских спутников.

Работа была выполнена в рамках проектов “Создание банков данных и разработка технологий распространения космической информации” (2011–2013 гг.) под эгидой федеральной космической программы России на 2006–2015 гг. и “Разработка методов и создание экспериментального образца биотехнической системы мониторинга шельфовых зон морей Западной Арктики и Юга России, в том числе в районе Крымского полуострова на основе спутниковых и контактных данных” (Соглашение 2014-14-579-0115-020, RFMEFI60714X0059).

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОД ОБИ И ЕНИСЕЯ В КАРСКОМ МОРЕ

О.А.Морозова

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия

Распространение речного стока в Карском море оказывает огромное влияние на формирование океанологических процессов, ледового покрова и на экосистему моря в целом. Исследования суммарного распространения речных вод в поверхностном слое Карского моря посвящено достаточно много научных работ. В то время как исследований по разде-

лению вод Оби и Енисея в Карском море и систематизации распространения речных вод обского и енисейского происхождения очень мало. Настоящее исследование посвящено именно вопросу о характере распространения вод Оби и Енисея при разных гидрометеорологических условиях в Карском море.

Допустим, что величина квазиконсервативного параметра в поверхностном слое южной и центральной частей Карского моря в летний период определяется только смешением речных вод Оби, речных вод Енисея, талых вод, образовавшихся при таянии морского льда, и трансформированных поверхностных вод северной части Карского моря. То есть сумма относительных вкладов каждой “водной массы” (речные воды Оби, Енисея, талые и морские воды) – $\sum P_i = 1$. Зная характерные значения квазиконсервативных параметров для “водных масс” различного происхождения, можно рассчитать относительный вклад вод различного генезиса в формирование поверхностного слоя воды южной и центральной частей Карского моря по системе линейных уравнений

$$\begin{cases} \sum P_i C_i = C_0, \\ \sum P_i = 1, \end{cases}$$

где P_i – относительная доля речных вод Оби и Енисея, талых вод, образующихся при таянии морского льда, и трансформированных поверхностных вод северной части Карского моря; C_i – характерные значения квазиконсервативных параметров для каждой “водной массы” (S – соленость, относительная концентрация изотопа кислорода – δO^{18} , относительная концентрация изотопа водорода – δD , общая щелочность – Alk); C_0 – значения квазиконсервативных параметров в районе исследования.

Расчет относительных концентраций речных вод Оби и Енисея был выполнен для лета 2012 г., когда наблюдался ярко выраженный восточный вариант распространения суммарного речного стока в Карском море, и для лета 1976 г., когда суммарный речной сток распространялся в море по западному варианту. Для расчета относительной концентрации речных вод Оби и Енисея летом 2012 г. в исследуемом районе были использованы данные, полученные в ходе экспедиции “Ямал–Арктика”. Были использованы данные по солености (S), относительной концентрации изотопов кислорода (δO^{18}) и водорода (δD). Квазиконсервативный параметр δD впервые был применен для выделения водных масс различного генезиса. Диапазон изменения параметра δD в водах морского и речного происхождения достаточно широкий, что делает его хорошим трассером для выделения вод речного происхождения. Расчеты для лета 1976 г. были выполнены на основе данных, полученных в экспедиции “Шторм”, дополненными материалами из базы данных NASA. В качестве квазиконсервативных параметров были использованы S , δO^{18} и Alk .

Предварительный анализ результатов расчетов показал, что при восточном варианте суммарного распространения речных вод летом 2012 г. енисейские воды распространялись исключительно на северо-восток, причем их содержание в восточной части моря было достаточно высокое – не меньше 20 %. Присутствие вод обского происхождения заметно только на выходе из Обской губы – 33 %. Западнее и восточнее от устья Обской губы их содержание уменьшалось до 10 и 14 % соответственно. Речные воды Оби также смещались в северо-восточном направлении, но в отличие от вод енисейского происхождения их концентрация быстро уменьшалась (до 0–6 %). В юго-восточной части моря речные воды обского происхождения были полностью вытеснены таковыми енисейскими, относительный вклад которых – 20–34 %. Общий вклад суммарного речного стока в формирование поверхностного слоя даже юго-восточной части Карского моря был незначителен, проникновение морских вод было достаточно интенсивным. Опреснение поверхностных вод Карского моря за счет таяния морского льда в августе–сентябре 2012 г. по результатам наших расчетов не происходило.

При западном варианте распространения суммарного речного стока в конце лета 1976 г. закономерность распространения обских и енисейских вод не столь очевидна. Обские воды сразу на выходе из Обской губы вытеснялись енисейскими водами. Относительное содержание обских вод на выходе из губы равнялось примерно 11 %. Воды енисейского происхождения распространялись веерообразно: в северном, восточном и западном направлениях. Даже в Байдарацкой губе был отмечен “след” речных вод Енисея. Речные воды Оби вытеснялись к западу, но при этом достаточно отчетливо определялись в восточной части моря – 5–36 %. Содержание енисейских вод в восточной части моря – 2–21 %. Преобладание речных вод Оби (36 %) над речными водами Енисея (21 %) в восточной части моря может быть связано с неучтенным стоком р. Пясины. Значения величин квазиконсервативных параметров речной воды Оби и Пясины могут совпадать. Вероятно, вытесненные к западу речные воды Оби дальше двигались в северном направлении вдоль архипелага Новая Земля, минуя ареал распространения речных вод Енисея.

При восточном варианте распространения суммарного речного стока в Карском море енисейские и обские воды направляются исключительно на северо-восток, при этом относительная концентрация речной воды Оби в восточной части моря падает практически до 0. При западном варианте распространения суммарного речного стока в море характер распространения речных вод Оби и Енисея достаточно неоднороден в пространстве. Речные воды Енисея достаточно интенсивно вытесняют речные воды Оби на выходе из Обской губы.

ОСОБЕННОСТИ ПРИБРЕЖНОГО И ПОДВОДНОГО РЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ ФРАНЦА-ИОСИФА

В.И.Мысливец

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

Максимальные отметки островов архипелага составляют от 500 до 600 м и более, а глубины разделяющих их желобов достигают 650 м. Таким образом, амплитуда надводного и подводного рельефа архипелага превышает 1200 м.

Большая часть островов представляет собой типичные плато, бронированные основными пластовыми интрузиями и эффузивами долеритов и базальтов готерив-баррема и апт-альба, переслаивающимися с туфами, туффитами и терригенными угленосными породами (Дибнер, 1970). Характерной особенностью ряда островов являются долеритовые дайки, образующие гряды высотой 10–20 м и длиной до 1 км и более. Отпрепарированные дайки встречаются и на морском дне.

На характер и роль новейших движений существуют две точки зрения. Согласно более ранней, в современной структуре горсты, как правило, представлены островами и их подводными цоколями, а грабены – наиболее глубокими участками желобов-проливов; оледенение лишь моделировало тектонический рельеф (Дибнер, 1970). Согласно другой, в новейшее время архипелаг испытал не дробление на блоки, а слабо дифференцированное сводовое поднятие с максимальной амплитудой в восточной части. Желоба же в проливах имеют экзарационную природу и в плане образуют сеть разветвленных долин с притоками, направленных с юга на север или на восток (Оледенение..., 1973). Наши исследования показывают, что структурная предопределенность плановых очертаний этих форм несомненна (хотя прямых доказательств грабенообразной природы желобов не получено и соотношение тектонического и экзарационного факторов в их образовании неизвестно). Наиболее вероятно, что желоба главных проливов архипелага могут быть грабенами (иногда односторонними), о чем свидетельствуют очень крутые, прямолинейные ограничивающие

уступы. Узкие, шириной от 1 до 10 км, прямолинейные желоба-проливы могут представлять собой дизъюнктивные зоны, проработанные денудацией. Остальные желоба занимают переходное положение между этими двумя группами.

Общая площадь ледников в 1970–1980-е гг. составляла 13735 км² (Оледенение ..., 1973; Корякин, 1988) и они существовали на 56 островах архипелага из 191. Выделяются две группы – ледниковые шапки округлой формы и купола с выводными ледниками. В.Н.Сакс (1959) считал современное оледенение Земли Франца-Иосифа остатком плейстоценового. Сейчас полагают (Оледенение..., 1973; Корякин, 1988), что покровное оледенение в районе архипелага деградировало почти или полностью в аллереде; современное оледенение возникло в голоцене, и условия его существования сейчас неблагоприятны. До нашего времени оледенение сохраняет пульсирующий режим. Признаки отступления ледников и поднятия суши особенно хорошо выражены в юго-восточной части о. Галля, где нами зафиксированы поднятая над уровнем моря приледниковая флювиогляциальная дельта с раковинами моллюсков, слоистостью, общей мощностью до 4–5 м и конечная морена с котловинами на месте вытаявших глыб мертвого льда. И дельта, и конечная морена расположены на берегу моря, а образовавший их язык ледника отступил и в настоящее время находится на краю вершинного плато на высоте 300–400 м.

Свидетельством голоценового поднятия архипелага служит комплекс хорошо выраженных морских террас или береговых валов с раковинами морских моллюсков (*Mya truncata*, *Hiatella arctica*, *Astarte borealis*), костями китов, моржей, тюленей, многочисленным плавником. М.Г.Гросвальд с соавторами (Оледенение..., 1973) пришли к заключению, что голоценовое поднятие архипелага имеет асимметричный характер – изохронная поверхность наклонена к востоку, о чем свидетельствуют отметки верхней границы голоценовых береговых линий (от 35 м на о. Земля Александры на западе до 5–8 м на о. Грезм-Белл на востоке). По нашим данным (Среда ..., 1994; Forman et al., 1996), наиболее высоко эта отметка находится на о. Белл на юго-западе архипелага – на 49 м, а максимальные скорости поднятия в среднем за голоцен, по данным радиоуглеродного датирования, составляют около 5 мм/год. За последние 1–2 тыс. лет скорости уменьшились до 1–2 мм/год, что, в общем, соответствует картине гляциоизостатических движений. Правда, еще в 1974 г. Г.А.Ковалева с соавторами показала, что средняя относительная скорость поднятия на террасированных побережьях Земли Александры составляет 2–3 мм/год, а для обрывистого побережья она в 1.5–2 раза выше и достигает 4 мм/год. Поднятие островов в этом случае напоминает о блоковом строении архипелага. Не исключено влияние гидроизостазии, с одной стороны, и горизонтальных движений со стороны хребта Гаккеля – с другой.

Желоба проливов Земли Франца-Иосифа имеют неровное, часто скалистое дно, в различной степени перекрытое осадками; мощность последних и возраст подошвы неизвестны. Кроме крупных желобов, на дне отчетливо выражена система желобов-притоков. Обычно они врезаны в подводные цоколи островов. Их верховья расположены под современными выводными ледниками, а устья открываются в главные желоба проливов на глубине 200–300 м и часто имеют висячий характер. Желоба у о. Земля Георга углублены до 400–500 м и более. Очевидно, что эти желоба имеют экзарационное происхождение (хотя и под определенным структурным контролем) и образовались в условиях, когда гляциодинамическая структура оледенения архипелага напоминала современную, но уровень моря был на 100–200 м ниже, а мощность льда – выше. В пределах подводного цоколя островов выделяются два уровня стрендфлета – на 30–50 и 110–180 м, разделенные уступом до глубины 110–140 м. Для обоих уровней нельзя исключить проявления в их морфологии пластовых интрузий. Существование стрендфлета двух генераций свидетельствует о сложной картине изменений уровня океана в плейстоцене.

Специфику современных процессов в береговой зоне определяют геолого-геоморфологическое строение побережья, характер поступающего в береговую зону материала,

уклоны подводного берегового склона, небольшая роль волнового фактора, определяемая ледовитостью и ограниченным расстоянием разгона волны в проливах, сильное влияние современного поднятия архипелага. Немногие встречающиеся клифы (например, мыс Тегетгоф на о. Галля) развиты на участках пересечения дайками береговой зоны. На побережьях высоких платообразных островов к морю чаще всего спускается террасированная поверхность. В приурезовой части развиты береговые валы, сложенные песчаным, гравийно-галечным или (если выход коренных вулканитов недалеко) валунным материалом с размерами обломков 10–30 см. Часто исходные размеры обломков определяются столбчатой отдельностью пород. Влияние поднятия на защищенный отмельный берег хорошо видно на берегу пролива Гидросевер между о. Ферсмана и о. Хейса. Талые воды выносят песчано-алевритовый материал, которым сложен берег, в пролив, дно которого поднимается. Берег представляет собой свежую осушку шириной более 600 м, местами покрытую россыпями раковин моллюсков. На динамически активных побережьях в береговой зоне идет интенсивная аккумуляция валунно-галечного (о. Этериджа), галечного (о. Нансена) или песчаного (о. Белл) материала. В последнем случае на поднимающейся поверхности цоколя молодые бары сформировали широкую террасу с характерными кольцеобразными очертаниями (более 3 км), береговыми валами и лагунами.

СТЕРЕОТИПНАЯ ТРАЕКТОРИЯ ДВИЖЕНИЯ КАК КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ ФАКТОРОВ НА ПОВЕДЕНИЕ КОЛЬЧАТОЙ НЕРПЫ *PUSA HISPIDA*

А.И.Ненашева-Желудкова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

В условиях неволи на поведение животного влияют как внешние условия, так и внутренние потребности. Двигательная активность в условиях неволи становится менее разнообразной, появляются стереотипные движения. Детальное изучение стереотипных движений позволит лучше понять, каким образом животное взаимодействует с окружающей средой в условиях неволи, какие факторы оказывают наибольшее влияние на его поведение.

Материал собран в Мурманском океанариуме 20.09–24.10.2010 г., 30.10–30.11.2011 г., 18.09–28.12.2012 г., 15.01–30.04.2013 г. Объектами исследования были самка кольчатой нерпы *Pusa hispida* Schreber, 1775 и самец гренландского тюленя *Pagophilus groenlandicus* Etxleben, 1777, отловленные в Белом море в сентябре 2007 г. и апреле 2010 г. соответственно. Тюлени обитали в стационарном бассейне в форме треугольника (объем 6.5 м³, глубина 1.2 м). Для сбора материала использовали метод сплошного протоколирования, фокальное наблюдение (Попов, Ильченко, 2008). Регистрацию поведения животного осуществляли цифровой видеокамерой HD 170 1080P Drift Innovation 5MP. Видеофайлы обрабатывали в медиаплеере VLCsub 0.9.10. Время наблюдений было приурочено к демонстрационным выступлениям в океанариуме – 11:00, 15:00 и 18:00 ч (начало кормлений).

Двигательная активность кольчатой нерпы, наряду с другими элементами поведения, представлена четырьмя стереотипными траекториями, одна из которых занимает большую часть бюджета времени – 92.1 % от всех траекторий, при частоте встречаемости 60.85±2.21 тр/21 мин. Подсчитано, что за все время наблюдений встречаемость преобладающей траектории у кольчатой нерпы до кормления в 1.11 раза больше (63.92±7.99 тр.), чем после кормления (57.78±7.60 тр.). Было сделано предположение, что встречаемость траектории зависит от индивидуальной мотивации животного, связанной с пищевым поведением, насыщением особи. При возрастании насыщения встречаемость траекторий меняется. Поэтому были оценены изменения этого показателя до и после кормления в течение дня. Установлено, что встречаемость преобладающей траектории от утреннего кормления (74.00±4.29 тр.) к вечернему (30.00±9.88 тр.) падает.

Встречаемость стереотипных траекторий зависит от уровня насыщения, индивидуальной пищевой мотивации. Для дневного и вечернего времени установлено, что по мере увеличения насыщения и снижения индивидуальной мотивации, связанной с пищевым поведением, количество траекторий уменьшается. Однако в утреннее время количество траекторий после кормления не уменьшается, а увеличивается. Для дополнительной проверки предположения о существенном влиянии уровня насыщения на двигательную активность были взяты дни, когда особь не кормилась в течение суток (15 января и 25 февраля 2013 г.), т. е. индивидуальная пищевая мотивация была максимальна. Для сравнения выбрали день, когда особь ела во все три кормления (28.03.2013 г.), т. е. индивидуальная пищевая мотивация мала или минимальна, насыщение велико или максимально. В эти дни утром встречаемость траекторий после кормления увеличивается, а днем уменьшается. Это может свидетельствовать о неоднозначности влияния насыщения, а также о том, что на встречаемость траекторий существенно воздействуют и другие факторы, такие как ряд абиотических параметров (температура воды в бассейне, температура воздуха в помещении, температура воздуха на улице, давление воздуха, освещение, влажность) и степень информационной неопределенности среды.

В результате корреляционно-регрессионного анализа, существенные связи абиотических показателей с характеристиками поведения нерпы выявлены не были. Для оценки влияния степени неопределенности внешней среды сравнивали контрольные значения (в бассейне нет мяча) и опытные (мяч находился в бассейне). При $n = 4$ и нормальном распределении согласно критерию Стьюдента различия статистически не значимы ($p > 0.05$). Поэтому, хотя и во всех четырех случаях встречаемость траекторий в контроле выше (70.00 ± 3.57 тр.), чем в опыте (53.00 ± 4.78 тр.), можно лишь сделать достаточно обоснованное предположение о том, что с увеличением степени неопределенности среды встречаемость второй траектории у кольчатой нерпы уменьшается.

Полученные материалы согласуются с данными в литературных источниках. Так, в работе по исследованию настоящих тюленей при содержании в морских вольерах отмечается, что у кольчатой нерпы после кормления наблюдается снижение активности и предполагается, что это связано с пищевым насыщением (Кавцевич и др., 2007). Известны сведения по абиотическим показателям для нерпы в условиях микроклимата снежного логова. Температура воздуха близка к температуре воды в пределах снежного логова, относительная влажность воздуха составляет 100 %, воздухообмен ограничен, освещенность сумеречная (максимальные значения не превышают 90, 200 и 500 лк при толщине снежного покрова 15, 20, 25 см) (Лукин, 2013). Отмечается, что микроклимат щенного логова, в особенности температурный режим, следует рассматривать как факторы, определяющие выживаемость вида. В условиях океанариума температура воды 8.1 ± 0.3 °С, температура воздуха 42.0 ± 1.1 °С, влажность на улице 87.0 ± 6.6 %, освещенность (оценена косвенно по мощности ламп) 1502.0 ± 222.8 Вт. Таким образом, условия обитания нерпы в природе и в океанариуме существенно различаются. В условиях неволи действие абиотических факторов становится до определенной степени менее значимо, чем в естественных условиях. В условиях неволи передвижения животных, аналогичные стереотипным траекториям движения, согласно С.В.Попову и О.Г.Ильченко (1985), называют навязчивыми двигательными стереотипами. Отмечено, что специфические стереотипы со сложным рисунком проявляют приматы и ластоногие, причем в последнем случае это связывается с тем, что движение совершается в воде. Данные стереотипы являются признаком стресса, уменьшение их встречаемости может свидетельствовать о снижении стресса (Попов, Ильченко, 1985). В данной работе наблюдалось уменьшение встречаемости стереотипных траекторий при внесении в среду разнообразия в виде мяча.

Таким образом, стереотипные траектории могут выступать в качестве индикатора, показывающего степень влияния индивидуальной мотивации и некоторых абиотических

показателей на характер и интенсивность двигательной активности тюленей. По мере насыщения и уменьшения индивидуальной пищевой мотивации встречаемость преобладающей траектории у кольчатой нерпы в течение дня уменьшается и достигает минимального уровня в вечернее время. Согласно полученным данным, влияние абиотических показателей на поведение кольчатой нерпы незначительно.

ОТРАЖАЮТ ЛИ НОВЫЕ НАХОДКИ МОЛЛЮСКОВ НА ЮГО-ЗАПАДЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ ПРОИСХОДЯЩИЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ?

И.О.Нехаев

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

В последнее время появилось большое количество сообщений о находках видов, ранее не известных для районов Северной Атлантики. В качестве объяснения в большинстве случаев рассматриваются две основные версии: недостаточная изученность фауны региона и изменения ареалов видов в связи с климатическими флуктуациями. В настоящей работе будет предпринята попытка рассмотреть насколько применимы указанные объяснения для недавних находок моллюсков в Баренцевом море.

С 2006 года были опубликованы сообщения о находках 27 видов моллюсков, неизвестных ранее в Баренцевом море: *Alvania punctura* (Montagu, 1803), *Aclis sarsi* Dautzenberg et Fischer, 1912, *Aporrhais pespelecani* (Linnaeus, 1758), *Bogasonia volutoides* Warén, 1989, *Chrysallida eximia* (Jeffreys, 1849), *Eulima bilineata* Alder, 1848, *Gibbula cineraria* (Linnaeus, 1758), *Haliella stenostoma* (Jeffreys, 1858), *Menestho albula* (Fabricius, 1780), *Nassarius incrassatus* (Strøm, 1768), *Skenea rugulosa* (G.O.Sars, 1878), *Skenea ossiansarsi* (Warén, 1991), *Obtusella intersecta* (S.Wood, 1857), *Odostomia turrita* Hanley, 1844, *Onoba improcera* (Warén, 1996), *Onoba leptalea* (Verrill, 1884), *Pseudosetia turgida* (Jeffreys, 1870), *Retusa pellucida* (Brown, 1827), *Taranis moerchi* (Malm, 1863), *Thesbia nana* (Lovén, 1846), *Doto fragilis* (Forbes, 1838), *Embletonia pulchra* (Alder et Hancock, 1844), *Eubranhus tricolor* (Forbes, 1838), *Polycera quadrilineata* (Müller, 1776), *Abra prismatica* (Montagu, 1808), *Gari fervensis* (Gmelin, 1791), *Modiolula phaseolina* (Philippi, 1844).

Подавляющее большинство недавних находок (24 вида) относятся к брюхоногим моллюскам, при этом обсуждаемые виды распределены по семействам неравномерно. Моллюски *Alvania punctura*, *Obtusella intersecta*, *Onoba improcera*, *Onoba leptalea* и *Pseudosetia turgida* относятся к Rissoidae; *Chrysallida eximia*, *Odostomia turrita* и *Menestho albula* – к Pyramidellidae; *Eulima bilineata* и *Haliella stenostoma* – к Eulimidae; *Taranis moerchi* и *Thesbia nana* – к Raphitomidae, *Skenea rugulosa* и *Skenea ossiansarsi* – к Skeneidae. Остальные виды, недавно отмеченные для Баренцева моря, уникальны для своего семейства.

Большинство вновь найденных видов было обнаружено в двух или более местах. Среди внутренних акваторий наибольшее число фаунистических находок было сделано в губах Ярнышная (11), Дальнезеленецкая (10) и Кольском заливе (8). Кроме этого, пять находок зарегистрировано в одной локации в открытом море с координатами 70°00' с. ш. 33°30' в. д., что соответствует ст. 2 гидробиологического разреза “Кольский меридиан”. Небольшое число акваторий, в которых зафиксированы новые фаунистические находки, и неравномерность распределения находок среди акваторий согласуется с ограниченным охватом регионов, в которых в недавнее время производились бентосные исследования. Закономерностей в приуроченности новых находок к какому-либо батиметрическому горизонту не выявлено.

Только 4 вида были достоверно обнаружены ранее как в бассейне Северной Атлантики, так и в азиатских арктических морях и Белом море, но до сих пор не были достоверно

известны из российских вод Баренцева моря. Остальные виды до недавнего времени были известны только из районов, лежащих к западу от Кольского полуострова. При этом 18 из обнаруженных видов распространены в восточной части Атлантического океана от южного побережья Европы до Мурмана. Только 4 вида не известны для вод Северной Норвегии, при том что 16 были отмечены в норвежской части Варангер-фьорда и(или) у Финмаркена.

Можно выделить три основные группы причин, по которым сведения о фауне моллюсков Мурманского берега могли оказаться неполными: использование методов сбора, не позволяющих полностью выявить видовой состав; неверные предыдущие определения и неполнота опубликованных фаунистических данных.

На ранних этапах исследования даже в обзорных работах, а также исследованиях общей гидробиологической направленности в идентификации моллюсков были задействованы специалисты-систематики. В дальнейшем, видовые определения стали осуществляться непосредственно гидробиологами, а подробные сведения о методике определения в публикациях не приводились. Основными пособиями в этот период были “Определитель фауны и флоры северных морей СССР” под редакцией Н.С.Гаевской и монография “Моллюски Белого моря”, в которых отсутствует значительная часть видов, обитающих в Баренцевом море, что, вероятно, являлось причиной существенного недоучета таксономического разнообразия моллюсков.

Фауна моллюсков описана не полностью для Баренцева моря в целом и его юго-западной части в частности. В последнем случае можно говорить лишь о подробном описании некоторых материалов, полученных в ходе начальных этапов исследования акватории при помощи траления, определенных в соответствии с техническими возможностями того времени и представлений о системе моллюсков, во многом устаревших. Последнее обстоятельство обуславливает большую долю микромоллюсков среди вновь отмеченных видов. Примечательно, что среди таксонов, фауна которых описана в отдельных ревизиях, охватывающих северные моря России, новые находки отсутствуют вовсе, с единственным исключением для Trochoidea.

Большинство авторов рассматривают вероятность изменения ареалов обсуждаемых видов только в связи с климатическими флуктуациями. При этом не учитывается возможность не связанных с потеплением (и с абиотическими факторами вообще) изменений в распространении видов. Случайная динамика была продемонстрирована для многих видов беспозвоночных. Более того, предполагается, что случайным изменениям наиболее подвержены виды, не играющие ключевой роли в экосистемах, куда относится подавляющее большинство баренцевоморских моллюсков и все виды, впервые обнаруженные на юго-западе Баренцева моря.

В качестве единственного аргумента в пользу возможных изменений границ распространения моллюсков является обитание большинства из них преимущественно в районах с более мягким климатом к югу и западу от побережья Мурмана. При этом совершенно не учитывается специфика региона и особенности описания его фауны. Юго-западная часть Баренцева моря рассматривается большинством исследователей как граница между арктической и бореальной зоогеографическими областями, где проходят границы ареалов видов с преимущественно бореальным (субтропическо-бореальным) и преимущественно арктическим распространением. Виды, даже массовые в центральной части своего ареала, как правило, редки на его маргинальных частях. Так, моллюски с арктическим распространением более характерны для северной и восточной частей Баренцева моря, где они могли быть отмечены ранее, хотя так же как и многие более южные моллюски не были выявлены у берегов Мурмана в ходе предыдущих исследований. Ввиду того, что более-менее детальные современные видовые списки существуют только для Баренцева моря в целом, но не для отдельных его частей, находки таких видов у Мурманского берега остаются незамеченными, так как они формально включены в фаунистические списки

региона. Детальный анализ имеющейся литературы по фауне раковинных Gastropoda Мурманского берега показал наличие, по меньшей мере, 5 видов, известных ранее только из других районов Баренцева моря и Арктики. То есть среди брюхоногих моллюсков (без учета Nudibranchia и Sacoglossa) количества ранее неизвестных из района видов с “северным” и “южным” типами распространения примерно равны.

Таким образом, нет оснований для однозначной трактовки недавно отмеченных в Баренцевом море видов как результата изменений их ареалов в связи с происходящими климатическими изменениями. По меньшей мере, большинство из них может быть объяснено методическими причинами.

СОДЕРЖАНИЕ ПОЛИФЕНОЛОВ ВОДОРΟΣЛЕЙ БАРЕНЦЕВА МОРЯ И ИХ АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ

Е.Д.Облучинская

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Фенольные соединения являются основными компонентами многих лекарственных препаратов с широким диапазоном фармакологического действия. В последнее время поиску растений-продуцентов фенольных соединений посвящено много исследований.

Бурые водоросли содержат значительные количества полифенольных компонентов – флоротанинов, которые представляют собой полимеры флороглюцина (1,3,5-тригидроксибензола) и структурно сильно отличаются от гидролизованных и конденсированных танинов наземных растений. Содержание флоротанинов бурых водорослей зависит как от внешних факторов, так и онтогенетических: концентрация флоротанинов у молодых растений 5–7 % абс. сухой массы, с возрастом водоросли накапливают полифенолы до 14 % абс. сухой массы. Существенное влияние оказывают места сбора (заготовки) водорослей, характеризующееся различными внешними условиями (соленостью, температурой и др.).

Бурые водоросли традиционно рассматриваются как сырье для получения полисахаридов, и поэтому основной задачей при таком подходе является очистка полисахаридных компонентов от фенолов. Зарубежные исследователи изучают биологически активные свойства водорослевых полифенолов более активно – показана антиоксидантная, антибактериальная и противовоспалительная активности.

Целью данного исследования является изучение содержания полифенолов водорослей Баренцева моря и их антиоксидантная активность.

Материал для исследования был собран в весенний и летний период 2014 г. в разных биотопах Мурманского побережья Баренцева моря.

Объектом исследования послужили 5 видов бурых (*Fucus vesiculosus*, *F. distichus*, *F. serratus*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria saccharina*) и 3 вида красных водорослей (*Palmaria palmata*, *Phycodrys rubens*, *Odonthalia dentata*).

Проведено исследование содержания общего фенола в бурых и красных водорослях Баренцева моря. Установлено, что наиболее высокое содержание фенолов в пересчете на абсолютно сухую массу (5–7 %) отмечено в фукусовых водорослях (*F. vesiculosus*, *F. distichus*, *F. serratus*). Красные водоросли содержат на порядок меньшее количество фенольных соединений. На основании полученных данных наиболее перспективными видами для получения фенольных соединений определены фукусовые водоросли Баренцева моря.

В ходе сравнительного анализа общего фенола четырех видов фукоидов Баренцева моря, произрастающих в разных биотопах Мурманского побережья, установлено, что содержание фенольных соединений подвержено незначительным изменениям под влиянием факторов внешней среды. Наибольшие значения выявлены для водорослей, произрастающих на Восточном Мурмане.

Изучение антиоксидантной активности биологически активных веществ водорослей, как и других растительных экстрактов, является активно развивающимся направлением. В связи с высоким содержанием полифенолов и фукоидана, антиоксидантная активность которых показана рядом авторов (Kang et al., 2003), в нашей работе были исследованы 40 %- и 70 %-е экстракты бурых водорослей. Было установлено, что содержание антиоксидантов в 40 %-х экстрактах значительно выше, чем в 70 %-х экстрактах у всех исследуемых водорослей. Наибольшие значения антиоксидантной активности определены в 40 %-х экстрактах из водорослей *F. vesiculosus* и *A. nodosum* восточного побережья Баренцева моря.

Таким образом установлено, что по целому ряду количественных показателей водоросли Баренцева моря не уступают представителям тех же семейств дальневосточной флоры и являются перспективными видами для получения биологически активных веществ.

Работа выполнена при поддержке Правительства Мурманской области и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-04-98807 p_север_a).

ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА, ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНОЙ ЗОНЫ РАЙОНА СОРГ-ФЬОРД

А.С. Окунев

Полярная морская геолого-разведочная экспедиция, г. Санкт-Петербург, Россия

Район исследования расположен на севере архипелага Западный Шпицберген в кутовой части Сорг-фьорда. В этой области на протяжении неоплейстоцена–голоцена сформировался перигляциальный рельеф, в котором представлены конечные морены выводного ледника Дунербреен, серии аккумулятивных морских террас, зандровые поля и шлейфы. Часть из них были сформированы в результате поднятия уровня моря в период отступления ледника в позднем неоплейстоцене.

Вдоль ледника Дунербреен широкой полосой протянулся конечно-моренный комплекс, представляющий собой беспорядочное нагромождение глыб, валунов. Относительная высота конечно-моренных гряд составляет около 30 м.

Комплекс морских террас в районе исследования расположен в восточной части перигляциальной области и на западе, в непосредственной близости от ледника. Морские террасы не имеют четко выраженных бровок и уступов. Их поверхность осложнена серией древних береговых валов. Набор высоты плавный, от 4 до 30 м и более. Большая часть морских террас сложена косыми сериями гравийно-галечного материала с прослоями разнозернистых песков. Характер слоистости и литологические особенности строения позволяют предположить прибрежно-морской генезис осадконакопления. Террасы характеризуются комплексом фауны *Mya–Hiatella*. Найдены как целые створки раковин, так и детрит.

В восточной части перигляциальной зоны комплекс морских террас эродирован водно-ледниковым потоком, формируя ущелье. В ходе изучения строения морской террасы уровня 30 м, расположенной на правом борту ручья, были выявлены четыре пачки. Пачка № 1 представлена гальками в среднезернистых песках, вероятно, прибрежно-морского генезиса. Характер контакта с подстилающими образованиями нечеткий, мощность 1.2 м. Ниже залегает пачка № 2 тонкозернистых песков, хорошо сортированных, с прослоями и клиньями серых алевролитов. Пески содержат обломки раковин и мелкую гальку. Мощность песков чуть меньше 1 м. Четкий контакт разделяет описанную выше пачку песков и нижележащую пачку № 3, состоящую из серых комковатых, с большим включением грубообломочного материала (валуны, галька), алевролитов. Мощность пачки составляет 2.5 м. Генезис, вероятно, ледниково-морской. В основание разреза залегает пачка № 4,

которая представлена толщей переслаивающихся песков с гравием и галькой (мощностью до 6 м). Пачка № 4 включает в себя обломки раковин *Hiatella arctica*, *Mya truncata*. Вверх по течению ручья от описываемой 30-метровой террасы поверхность медленно понижается.

Выше по течению ручей образовал широкую ящикообразную долину. На западном борту долины расположена морская терраса высотой около 23 м и частично перекрытая мореным материалом ледника Дунербреен. Терраса сложена преимущественно песками, переслаивающимися с гравием и галькой. Слои содержат целые раковины *M. truncate* и *H. arctica*. Схожие по литологическому строению, высотному положению и фаунистической характеристике морские террасы были изучены и в западной части, в непосредственной близости от ледника.

Положение морских террас и особенность выходов коренных пород в районе исследования позволили сделать следующие выводы. Пачка алевритов с грубообломочным материалом в разрезе морской террасы уровня 30 м фиксирует стадию ледника Дунербреен поздне-неоплейстоценового возраста. Аналогичные отложения встречаются в обнажениях и ниже по течению ручья на его западном борту. Терраса высотой 23 м сформировалась в период отступления ледника. Фрагмент террасы высотой 30 м оказался защищен от разрушения морскими водами выходами коренных пород, оконтуривающих его.

Голоценовый возраст представленных террасовых комплексов определяется по датировке полученной Балтоном по плавнику с террасы уровня 18 м в районе ледника Дунербреен – 6526±80 лет. Эта датировка позволяет отнести морские террасы к среднему голоцену. Таким образом, возраст 23-метровых террас определяется между 9 и 6.5 тыс. лет назад.

Аналогичные террасовые комплексы 40-метрового уровня в районе Сорг-фьорда относятся к последниковому умеренному интервалу, который охватывает промежуток времени приблизительно 9–10 тыс. лет. Начало формирования террасовых комплексов как восточной, так и западной областей представленной перигляциальной зоны относится к раннему голоцену.

ОСОБЕННОСТИ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ СЕРЫХ ТЮЛЕНЕЙ В ПЕРИОД РАЗМНОЖЕНИЯ НА О. БОЛЬШОЙ АЙНОВ

Е.П.Олейников¹, А.А.Кондаков¹, В.С.Герасюк²

¹Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Во время изучения особенностей размножения серого тюленя *Halichoerus grypus* Fabricius, 1791 в колонии о. Большой Айнов (участок Кандалакшского государственного природного заповедника, Варангер-фьорд, Баренцево море) были получены метеоданные о температуре воздуха и воды, состоянии снежного покрова. Наблюдения проводили 2–20.12.2005 г., 23.11–13.12.2006 г. и 29.11–19.12.2013 г.

В 2005 и 2006 годах для получения данных о температуре применяли стандартный термометр ТМ 10, а в 2013 г. была использована метеостанция РСЕ FWS 20. В комплектацию станции входили 5 метеодатчиков: влажности и температуры воздуха, направления и скорости ветра, а также датчик количества осадков. Их устанавливали на несущую метеомачту, прикрепленную к основной мачте длиной 2 м. Метеомачта с установленными на нее датчиками была расположена на удалении не менее 150 м от преград или помех для измерения (здания, крупные формы рельефа, берег моря и др.). Полученные результаты передавались по радиоканалу на управляющий сенсорный блок с интервалом 5 мин. Данные, переданные на ПК, анализировались при помощи специального программного обеспечения EasyWeather 6.2. В 2013 году при помощи гидрологического зонда CTD 42 регистрировали температуру, соленость (электропроводность) и глубину погружения (давление).

Пределы колебаний температуры воздуха на острове в период исследований следующие: $-5.6 \dots 0.7$ °С – 2005 г., $-3.6 \dots 5.2$ °С – 2006 г., $-9.6 \dots 5.3$ °С – 2013 г.

В 2005 году снежный покров был хорошо выражен, в 2006 г. – был выражен фрагментарно или же отсутствовал полностью на фоне положительных температур воздуха и верхнего слоя почвы. Поверхность прибрежных пляжей, где в основном размножаются тюлени, была залита талыми водами. Наиболее интересен 2013 г., так как температура воздуха в период проведения исследований колебалась от 5.3 до -9.6 °С, но снежный покров или его фрагменты сохранялись на фоне промерзшего верхнего слоя почвы. Время суток, конечно же, влияло на изменение температуры воздуха, но максимально низкое значение было отмечено 10 декабря 2013 г. в 12:46 и, в целом, суточный ход температуры в разные дни шел неодинаково. Распределение влажности воздуха в период исследований было также неоднородно и имело заметные колебания. Минимальное значение было зарегистрировано 7 декабря в 10:59 и составило 32 % при температуре воздуха -2.2 °С и абсолютном давлении 1003.4 ГПа, а максимальное 13 декабря в 03:45 и составило 87 % при температуре воздуха -1.5 °С и абсолютном давлении 987.1 ГПа. Распределение абсолютного давления земной атмосферы в экспедиционный период имело заметную связь с ходом температуры воздуха. Температура воды в зоне приобья (в зоне сильного перемешивания) в 2013 г. колебалась в пределах 3.6–5.8 °С.

Для серых тюленей, обитающих на восточном пределе ареала вида, наличие выраженного снежного покрова, наряду с доступностью пляжей и отсутствием фактора беспокойства, оказывается благоприятным условием для успешного размножения тюленей.

ФАКТОРЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L. В БЕЛОМОРСКИХ РЕКАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Д.С.Павлов¹, А.Е.Веселов², В.В.Костин¹, Д.А.Ефремов², М.А.Ручьев¹

¹Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН, г. Москва, Россия

²Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

Развитие Арктической зоны РФ оказывает существенное влияние на биологические ресурсы этого региона. Важной частью таких ресурсов являются анадромные рыбы и, прежде всего, атлантический лосось. Сохранение и эксплуатация популяций этого вида требует знания основных факторов, определяющих его естественное воспроизводство. Учет биологических ресурсов в специализированных ГИС и базах данных обеспечивает основу мониторинга и прогноза состояния биоресурсов. Создание базы данных и ГИС “Лососевые реки и популяции рыб Европейского Севера России” является одной из задач наших исследований.

Цель настоящей работы – на основе собранной базы данных выявить факторы, определяющие эффективность естественного воспроизводства атлантического лосося в беломорских реках Кольского полуострова.

Был проведен многомерный статистический анализ количественных параметров указанной базы данных для 24 беломорских рекам Кольского полуострова, по которым имеются наиболее полные сведения. В анализе использовано 20 экологических показателей лососевых рек и популяций атлантического лосося: длина реки (км), площадь водосбора реки (км²), падение (разница высоты русла реки над уровнем моря в истоке и устье, м), относительное падение (м/км), общая озерность бассейна реки (%), модуль стока (л/с/км²), среднегодовой расход воды в устье (м³/с), площадь нерестово-выростных участков (НВУ) атлантического лосося (м²), количество притоков I порядка (шт.), влияние рыболовства

(экспертная оценка, балл), лесистость бассейна реки (%), заболоченность бассейна реки (%), фактическая численность производителей атлантического лосося (экз.), фактическая численность смолтов лосося (экз.), средняя плотность молоди атлантического лосося на НВУ (экз./100 м²), потенциальная численность смолтов (экз.), потенциальная численность производителей (экз.), количество видов рыб (шт.) и возраст смолтификации (год).

В результате анализа беломорских рек Кольского полуострова была впервые на количественном уровне получена систематизация лососевых рек. На уровне 8–16 % от максимального расстояния в пространстве анализируемых признаков были выявлены четыре компактных кластера объектов систематизации. Столь хороший для биологических исследований уровень различия кластеров дает основания для выделения реперных (модельных) рек внутри каждого кластера. Это существенно упрощает организацию мониторинга состояния естественного воспроизводства атлантического лосося, сокращая время и затраты на его проведение.

Выявлена иерархия экологических факторов, определяющих состояние экосистем исследованных лососевых рек. Из 20 проанализированных факторов только 7 оказались достоверно значимыми, определяющими типы лососевых рек (4 типа). Это такие показатели как площадь НВУ атлантического лосося, основные гидрологические параметры его нерестовых рек (площадь водосбора, среднегодовой расход воды, длина рек, количество притоков 1 порядка и относительное падение русла рек), а также воздействие рыболовства.

Множественный регрессионный анализ подтвердил высокую значимость указанных параметров. Биологические показатели состояния популяций, которые формируются в течение 3 лет и более (численность смолтов, возраст смолтификации, численность производителей, количество других видов рыб, обитающих в реке) зависят только от значимых гидрологических параметров и площади НВУ. Эти зависимости аппроксимируются следующими уравнениями (все уравнения достоверны $p < 0.00001$, а все коэффициенты в них достоверны при $p < 0.003$):

$$N_p = -2.98S_v + 0.0008S_v^2 + 164Q - 7.15Q^2 + 0.0044S_{\text{НВУ}}, R^2 = 0.997,$$

$$N_s = 2080Q - 94.5Q^2 + 2.20 \cdot 10^{-8} S_{\text{НВУ}} - 6.59 \cdot 10^{-16} S_{\text{НВУ}}^2 + 3900n_p - 126n_p^2, R^2 = 0.998,$$

$$T_s = 0.0255d - 5.30 \cdot 10^{-5} d^2 + 2.72 \cdot 10^{-8} S_v^2 + 0.947o_p - 0.0736o_p^2 - 2.84 \cdot 10^{-7} S_{\text{НВУ}}, R^2 = 0.996,$$

$$N_v = 0.210d - 6.48 \cdot 10^{-4} d^2 + 3.00 \cdot 10^{-6} S_v^2 + 0.708Q - 0.0226Q^2 - 1.10 \cdot 10^{-5} S_{\text{НВУ}}, R^2 = 0.967,$$

$$P_s = 31.7o_p - 3.83o_p^2, R^2 = 0.507,$$

где d – длина реки, км; N_p – фактическая численность производителей, экз.; n_p – количество притоков 1-го порядка; N_s – фактическая численность смолтов атлантического лосося, экз.; N_v – количество других видов рыб, обитающих в реке; o_p – относительное падение реки, м/км; P_s – средняя плотность молоди, экз./100 м²; Q – среднегодовой расход воды в устье реки, м³/с; S_v – площадь водосбора, км²; $S_{\text{НВУ}}$ – площадь НВУ, м²; T_s – возраст смолтификации; R^2 – коэффициент детерминации уравнения (доля дисперсии, учтенная уравнением).

При этом влияние указанных факторов весьма высоко – 96.7–99.8 % от силы всех влияний на исследуемый показатель. Выявленные зависимости обладают большой прогностической силой, что позволяет на их основе оценивать: пригодность рек для обитания и воспроизводства атлантического лосося, степень их использование этим видом, а также целенаправленно исследовать механизмы формирования численности его популяций. Средняя плотность молоди лосося на НВУ определяется преимущественно численностью сеголетков, т. е. формируется в течение летних месяцев. На этот процесс оказывают существенное влияние изменяющиеся по годам климатические и биотические факторы среды, поэтому этот показатель оказался слабо связанным с относительно постоянными гидрологическими параметрами рек и с площадью НВУ.

Выявлен комплексный фактор – площадь НВУ атлантического лосося, определяющий все указанные выше показатели состояния популяций атлантического лосося. Установлена зависимость этого фактора ($S_{НВУ}$) от длины рек (d), расхода воды (Q) и относительного падения русла (o_p):

$$S_{НВУ} = 13954d - 44d^2 - 372212o_p + 55749o_p^2 + 58185Q - 2180Q^2, R^2 = 0.9991,$$

при $p \ll 0.00001$. Все коэффициенты уравнения достоверны при $p < 0.0003$.

Представленная зависимость имеет высокую прогностическую силу и может быть использована для экспресс-оценки площади НВУ этого вида во вновь исследуемых реках.

Следует отметить, что настоящая работа выполнена только для части созданной базы данных – для беломорских рек Кольского полуострова. В дальнейшем планируется продолжить подобный анализ и для других частей ареала атлантического лосося, относящихся к бассейнам Баренцева, Белого и Балтийского морей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН “Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации”.

ВЕЛИЧИНА И СТРУКТУРА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЦИОНА КАМЧАТСКОГО КРАБА КАК КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВСЕЛЕНЦА НА БЕНТОС БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Л.В.Павлова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) был интродуцирован в Баренцево море с Дальнего Востока в 1960-х гг. с целью повышения биопродуктивности северных морей СССР (Орлов, 1962). Вселенец успешно акклиматизировался в новом месте обитания, и к середине 2000-х гг. его численность в российских водах оценивалась приблизительно в 100 млн особей (Соколов, Милютин, 2008).

Камчатский краб, обладающий крупными размерами и образующий скопления высокой плотности, практически всеяден, однако основу его питания составляют донные беспозвоночные. Для него характерны такие особенности трофического поведения, как неполное съедание жертв, особенно крупных (Гудимов и др., 2003; Jørgensen, 2005; Павлова и др., 2007), и в условиях доступности корма – избыточность питания, сопровождающаяся слабым перевариванием пищи и интенсивным истреблением бентоса (Павлова, 2008). Сочетание перечисленных качеств у вида-вселенца предполагает, что при высокой численности его воздействие на баренцевоморские донные сообщества может быть весьма существенным.

Достаточно объективную количественную оценку степени влияния камчатского краба на бентос может дать определение величины экологического рациона (или выедания бентоса). Это количество пищи, которое в процессе питания изымается животным из природы (Тен, 1967; Алимов, 1969). Традиционные способы количественной оценки воздействия вселенца на донные сообщества по усвоенной пище, т. е. физиологическому рациону, не учитывают теряемую часть массы корма и, по всей видимости, несколько занижают реальный объем уничтожаемых крабами донных беспозвоночных и поэтому дают не совсем объективное соотношение выедаемых групп бентоса.

Расчет экологического рациона у камчатских крабов, сильно измельчающих свой корм, сопряжен с трудоемким процессом реконструкции количества, размеров и массы (калорийности) съеденных животных. Поэтому о его величине и структуре в естественной среде практически ничего не известно. Тем не менее, подобные данные необходимы для оценки не только влияния камчатского краба на баренцевоморские донные сообщества, но и трофической емкости самих донных сообществ, от которой зависит благополучие его популяции, а также степени конкуренции с местными видами бентофагов.

Величина и структура экологического рациона камчатского краба были установлены в различных биотопах Кольского залива (Западный Мурман) и губ Дальнезеленецкая и Ярнышная (Восточный Мурман). Материал для исследований был собран в 2000–2009 гг. водолазами Российского государственного гидрометеорологического университета (г. Санкт-Петербург) и Института проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН (г. Москва) с небольшой глубины (до 30–35 м), преимущественно в летне-осенний период. В процессе анализа содержимого пищевых комков крабов проводили реконструкцию количества, размеров и массы съеденных представителей зообентоса. Индивидуальный суточный экологический рацион определяли по модифицированной формуле А.Д.Байкова (1935), в основу которой положена масса целых кормовых беспозвоночных и длительность прохождения пищи по пищеварительному тракту. Последний показатель был установлен экспериментально в аквариальной Института для молодежи и взрослых самок камчатского краба.

В результате проведенных исследований установлено, что в ненарушенных донных сообществах с богатой кормовой базой и невысокой численностью камчатского краба значения величины суточного экологического рациона и его структура слабо изменяются во времени, что свидетельствует о несущественном влиянии вселенцев на бентос и достаточной трофической емкости среды. Напротив, значительная изменчивость во времени этих характеристик питания у особей одной размерной категории может сигнализировать об истощении кормовой базы из-за высокой численности краба.

В первой половине 2000-х гг. в Кольском заливе численность камчатских крабов была довольно высокой. Плотность распределения молодежи вселенца на прибрежных мелководьях достигала 20–50 экз/1000 м² и местами (преимущественно на мягких грунтах) кормовая база была истощена (Павлова, 2008). Величина суточного экологического рациона значительно варьировала во времени даже у одних и тех же размерно-возрастных категорий камчатского краба. У молодежи она составляла в среднем 0.02–0.36 г/г сырой массы краба, у взрослых самок и самцов – 0.02–0.20 г/г сырой массы. В оптимальных условиях крабы предпочитают кормовые объекты определенного размера, обычно – небольшие, не требующие значительных энергетических затрат на их разделку. В указанный период на некоторых участках дна залива с мягким или смешанным грунтом исчезали или становились редкими беспозвоночные именно среднего и мелкого размеров. В питании крабов начинали количественно преобладать как относительно крупные животные, так и ювенильные беспозвоночные. В результате этого значения суточного экологического рациона могли составлять или половину массы краба, или единицы процента от массы. Чрезмерный прессинг на бентос Кольского залива со стороны этих ракообразных подтверждает и изменчивость во времени структуры их экологического рациона в одном и том же биотопе и у особей одного и того же размера. Камчатский краб обладает трофической пластичностью и при ухудшении условий питания становится менее избирательным в отношении качества и размера своих жертв, что отражается на весовом соотношении бентосных групп в его рационе.

В исследованных губах Восточного Мурмана плотность распределения камчатских крабов была в десятки раз меньше, а трофическая емкость донных сообществ – больше, чем в Кольском заливе. Состав и величина рациона *P. camtschaticus* были здесь более стабильными во времени. У половозрелых самцов и самок суточный экологический рацион составлял 0.04–0.07 г/г сырой массы краба, у неполовозрелых особей – 0.04–0.14 г/г сырой массы. Структура экологического рациона у сходных размерно-возрастных категорий крабов также мало менялась со временем. В биотопах твердых грунтов взрослые камчатские крабы в значительных количествах (по массе) выедали морских ежей и двустворчатых моллюсков, молодежь – брюхоногих и двустворчатых моллюсков. На мягких грунтах в рационе половозрелых особей доминировали двустворчатые моллюски, у неполовозре-

лых – двустворчатые моллюски, полихеты и брюхоногие моллюски. В целом, результаты, полученные для крабов из губ Восточного Мурмана, вполне допустимо экстраполировать на другие стабильно функционирующие участки побережья со схожими биотопами и высокой численностью вселенцев.

Данное исследование также показывает, что при отсутствии возможности организации полноценного изучения бентоса в местах обитания камчатских крабов, оценить состояние донных сообществ можно также через величину и структуру экологического рациона этих ракообразных. В ненарушенных донных биоценозах изменения в этих показателях питания с течением времени будут незначительными, а при возросшем трофическом прессинге о неблагоприятии кормовой базы будут сигнализировать изменения в количестве и соотношении выедаемых кормовых объектов, как это уже наблюдалось в Кольском заливе.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В ГУБЕ ТЕРИБЕРСКАЯ

Л.Г.Павлова, Т.Г.Ишкулова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Прибрежная зона Баренцева моря характеризуется специфическими гидрохимическими, геохимическими и гидробиологическими условиями. Несмотря на экстремальные сезонные экологические ситуации, она является высокопродуктивным по плотности скопления живых организмов. Поэтому является хорошей сырьевой базой для промысловых рыб, донных животных, водорослей. Водные массы в губе Териберская относятся к прибрежным и представляют собой смесь атлантической трансформированной воды и берегового стока (Цехоцкая, 1985).

В приливных морях важная структурно-функциональная единица прибрежных экосистем – литоральные отмели. Литораль на Мурмане является высокопродуктивной по накоплению косного детрита и живого органического вещества в осадке и отличается высоким содержанием биогенных элементов в иловой воде. Распределение химических элементов в иловой воде приливоотливной зоны находится в тесной связи с вещественным составом донных отложений, составом и численностью бентосных сообществ, температурой воздуха и осадка и сезонным ходом биологических процессов. Изучение контактных зон берег–море и придонная вода–донные отложения дало возможность оценить донные отложения в качестве источника биогенных элементов, выполняющих исключительно важную роль в круговороте питательных веществ.

Исследования производили в июне 2003 г. на акватории бухты Корабельная (губа Териберская). Для гидрохимических определений отобрано 11 проб воды на литорали и 20 проб на сублиторали. Определяли следующие гидрохимические параметры: соленость (S, ‰), водородный показатель (pH), окислительно-восстановительный потенциал (Eh), растворенный кислород (O₂), кремний, минеральные и органические формы фосфора и азота. Определение гидрохимических параметров проводилось по общепринятым методикам (Руководство ..., 1993).

Температура поверхностного горизонта воды в среднем составила 4.7 °С, у дна – 5 °С. Температура иловой воды не различается между станциями. Но она существенно выше (6.2 °С), чем для поверхностного слоя вод. На отливе температура и поверхностных и придонных вод одинакова, но значительно ниже (2 °С), чем температура приливных вод вследствие охлаждения на границе с берегом и атмосферой.

Содержание растворенного кислорода на всех станциях на литорали составило более 8 мл/л, процент насыщения – 91–101. Значения количества и процентного содержания O₂ по усредненным данным на сублиторали как в фазу прилива, так и в фазу отлива близки.

Несмотря на то, что станции мелководные (глубина от 2 до 10 м), наблюдается тенденция понижения содержания растворенного кислорода от поверхности (8.22–8.25 мл/л) ко дну (8.13–8.17 мл/л). Насыщение поверхностного слоя воды на всех станциях в среднем составляет 96 %, в придонных водах несколько больше – 101–106 %.

На литорали реакция среды слабощелочная, величина водородного показателя колеблется от 7.45 до 7.84. рН иловой воды равно или несколько выше рН морских приливных вод. Общей закономерностью для всех станций на sublиторали как в приливную фазу, так и в отлив является более высокое значение рН придонных вод, чем поверхностных. На приливе, по сравнению с отливом, установлены более низкие значения, как в поверхностных, так и в придонных слоях. В прилив рН поверхностных слоев воды – 7.71, придонных – 8.11, в отлив – 8.08 и 8.56 соответственно.

Значения окислительно-восстановительного потенциала положительны, в среднем примерно 360 мВ.

В циркуляции биогенных элементов в прибрежье большую роль играет контактная зона придонная вода–донные отложения. Летом при восстановительных условиях в осадках литорали, вследствие высокого накопления органического вещества, растворенные компоненты иловой воды диффундируют в наддонную воду и становятся дополнительным источником питания для фотосинтезирующих организмов. На вынос растворенных компонентов из литорали в зону sublиторали оказывают большое влияние приливоотливные явления.

Установлено, что иловая вода, по сравнению с морской, несмотря на то, что отложения исследованной литорали имеют грубый валунно-песчано-гравийный состав, значительно обогащена биогенными элементами – всеми формами фосфора и общим и органическим азотом. Высокое содержание биогенных веществ в иловой воде обеспечивается благодаря экскреции в окружающую среду растворенного органического вещества водорослями-макрофитами и метаболизму донной фауны. Максимальные концентрации фосфора общего и минерального – 875 и 280 мкг/л соответственно. В данном случае иловая вода может служить источником растворенного фосфора при диффузионном его поступлении в наддонные слои воды и способствовать повышению продукционных возможностей литоральных отмелей.

В зоне sublиторали поверхностный горизонт воды более богат фосфором, чем придонные воды как в фазу прилива, так и в отлив (максимум – 132.8 мкг/л общего фосфора и 8.3 мкг/л минерального). Содержание общего и органического азота более существенно в поверхностном горизонте при отливе (до 153 и 118 мкг/л соответственно), а в прилив, наоборот – в придонном слое, за счет вымывания из донных отложений (не более 100 мкг/л общего азота). В поверхностном слое воды несколько выше концентрации нитратов, по сравнению с придонным. Распределение кремния в поверхностном слое характеризуется высоким содержанием, по сравнению с придонным горизонтом как в фазу отлива, так и в фазу прилива. В целом более богата общими и органическими формами фосфора в приливную фазу морская вода как поверхностного горизонта, так и в придонных слоях. По-видимому, это связано с особенностями гидродинамики в губе Териберская.

Гидрохимические параметры, полученные в экспедиции, отражают благоприятные условия для жизнедеятельности морской фауны и флоры как на литорали, так и в зоне sublиторали. Поверхностные горизонты водной толщи распреснены береговым стоком. Высокий процент насыщения воды кислородом и величина окислительно-восстановительного потенциала, в том числе и в придонных слоях, свидетельствуют о хорошей аэрации дна и отсутствии заморных зон.

Содержание биогенных веществ находится в пределах среднесезонных значений и, по-видимому, не лимитирует развитие первичной продукции фитопланктона (Гидрометеорология ..., 1992). Приливные воды, более богатые питательными веществами, являются дополнительным источником стимулирования биопродукционных процессов. Донные отложения прибрежной зоны богаты содержанием органического вещества.

БАКТЕРИИ И ВИРУСЫ ЭСТУАРНЫХ ВОД КАРСКОГО МОРЯ

М.А.Павлова, Т.И.Широколобова, М.П.Венгер, В.В.Водопьянова
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Эстуарные экосистемы являются переходной (экотонной) зоной река–море, где в результате смешения разнородных водных масс функционируют уникальные биотопы с высоким уровнем биологической продуктивности. Ключевую роль в преобразовании первичной продукции, разложении органического вещества и его переносе на другие трофические уровни выполняет бактериопланктон (Fuhrman et al., 1989; Azam et al., 1990; Ducklow, Carlson, 1992). Существенно влияют на направленность потоков углерода по трофическим цепям вирусы, лизируя клетки бактерий и фитопланктона (Wommack, Colwell, 2000).

В арктических широтах исследования эстуарного микропланктона, сфокусированные на структуре и функционировании бактериальных сообществ, крайне немногочисленны (Мицкевич, Намсараев, 1994; Meon, Amon, 2004; Романова, 2012). Практически нет сведений о вириопланктоне этих экосистем (Копылов и др., 2012).

В цель работы входило исследование количественных характеристик компонентов микропланктона эстуарных районов Карского моря, изучение основных экологических параметров среды и их влияние на особенности распределения микробных сообществ.

Обская губа и Енисейский залив – наиболее крупные эстуарии Карского моря, при большой ширине и протяженности акваторий характеризуются мелководностью и сильным ветровым и приливным перемешиванием. Их водная толща большую часть года гомогенна по вертикали, а соленость воды увеличивается по направлению к морю (Матишов, 1999). Воды эстуариев отличаются повышенной мутностью, обусловленной постоянным поступлением взвешенных веществ с речным стоком (Буренков и др., 2010).

Материал для исследования собран в ходе экспедиции на НИС “Профессор Молчанов” с 29 августа по 23 сентября 2013 г. в Енисейском заливе и северных участках Обской губы. Пробы воды отбирались со стандартных горизонтов. Общую численность бактерий и вирусных частиц определяли общепринятыми методами (Hobbie et al., 1977; Porter, Feig, 1980; Noble, Fuhrman, 1998). Температуру и соленость воды измеряли с помощью переносного STD-зонда (Sea Bird Electronics, США). Содержание хлорофилла определяли в соответствии с межгосударственным стандартом (Вода ..., 2001). Для статистического анализа (при достоверном уровне значимости $p \leq 0.05$) использовали непараметрический метод Манна-Уитни и коэффициент корреляции Спирмена.

Термохалинные показатели в период наблюдений характеризовались пространственной неоднородностью. В их вертикальном распределении наблюдалось увеличение солёности и уменьшение температуры от поверхностного к придонному слою. К морю халинные показатели возрастали, а термические уменьшались. Средние значения температуры и солёности Обской губы (3.55 ± 0.23 °С, 17.62 ± 0.82 ‰) и Енисейского залива (2.71 ± 0.27 °С, 22.63 ± 0.73 ‰) были характерными для периода осенней межени двух акваторий (Ермакова, Новихин, 2011; Лапин, 2012).

Концентрации хлорофилла варьировали от 0.46 до 4.22 мг/м³ и были сопоставимы с показателями, фиксируемыми при активной вегетации эстуарных альгоценозов (Суханова и др., 2010). Среднее содержание основного фитопигмента в поверхностном распресненном слое (2.46 ± 0.22 мг/м³) было выше, чем в придонном (0.44 ± 0.05 мг/м³). Функционирование комплекса микроводорослей определялось термохалинными характеристиками, о чем свидетельствовала корреляция между содержанием хлорофилла, температурой и солёностью воды ($r_s = 0.9$ и $r_s = -0.83$ соответственно). Ранее в зоне смешения морских и пресных вод с активными седиментационными процессами (Лисицын, 1994) также показана отрицательная связь концентраций фитопигмента с величиной солёности (Ведерников и др., 1994).

В период функциональной активности первичных продуцентов общая численность бактериопланктона Енисейского залива и Обской губы изменялась от 0.26 до $1.68 \cdot 10^6$ (в среднем $0.85 \pm 0.07 \cdot 10^6$) кл/мл, биомасса – от 4.00 до 57.00 (в среднем 23.38 ± 2.16) мг/м³. Средний объем клеток составил 0.0305 ± 0.0035 (0.0077 – 0.0887) мкм³. Корреляция между обилием бактерий, температурой и соленостью водной толщи составила $r_s = 0.47$ и $r_s = -0.33$ соответственно.

Минимальные средние величины численности ($0.48 \pm 0.08 \cdot 10^6$ кл/мл), биомассы (13.49 ± 2.98 мг/м³) и объема клеток (0.028 ± 0.004 мкм³) характерны для бактериопланктона придонных слоев соленых и холодных вод, а максимальные ($0.96 \pm 0.08 \cdot 10^6$ кл/мл, 26.35 ± 2.30 мг/м³ и 0.032 ± 0.004 мкм³) – сообществам поверхностного распресненного и относительно прогретого слоя (0–10 м).

Впервые проведенные в эстуариях Карского моря исследования вириопланктона показали, что он являлся самым многочисленным компонентом их экосистем. В водах двух акваторий количество планктонных вирусных частиц составляло 1.10 – $26.54 \cdot 10^6$ в 1 мл (среднее – $12.64 \pm 1.32 \cdot 10^6$). При равенстве амплитуды изменения показателя, его средние значения в поверхностном и придонном слоях на порядок различались, достигая, соответственно $14.39 \pm 1.17 \cdot 10^6$ и $6.79 \pm 3.44 \cdot 10^6$ частиц/мл. По численности вирусы в среднем в 16 раз превышали своих потенциальных хозяев – бактерий. Величина соотношения вирус/бактерия (N_v/N_b) изменялась от 3 до 53 и входила в диапазон (5–70), регистрируемый для вод Центральной Арктики (Stewart et al., 2007). Количество вирусных частиц и бактериальных клеток коррелировало между собой ($r_s = 0.4$).

В период наблюдений концентрация вирусов, бактерий и хлорофилла в поверхностных водах достоверно превосходила их концентрацию в придонных водах. Численность и биомасса бактериопланктона сопоставимы с литературными данными. Диапазон изменений вирусного обилия соответствовал ранее показанному для прибрежных вод Карского моря (3.30 – $25.10 \cdot 10^6$ частиц/мл) и моря Бофорта (Канада) (0.20 – $10.90 \cdot 10^6$ частиц/мл) (Clasen et al., 2008; Копылов и др., 2012).

Нами проведено сравнение количественных показателей наиболее массовых представителей пелагиали эстуарного района и участка соответствующей широтной локализации – у западного берега архипелага Новая Земля. Из опубликованных по его прибрежью материалов (Венгер, 2011, 2012; Венгер и др., 2014) следует, что в конце летнего сезона при активном функционировании альгоценозов сообщества планктонных бактерий и вирусов достигали значительного обилия, а вирус-индуцированный лизис в среднем составил 20 % от бактериальной продукции.

Анализ показал, что в прогретых поверхностных слоях сравниваемых акваторий численность бактериопланктона достоверно не различалась. Сопоставимыми оказались ее значения и в холодных придонных слоях. Планктонные вирусы с относительно равномерным распределением в водной толще Новоземельского побережья превосходили показатели вирусного обилия в прогретых поверхностных (в 2 раза) и холодных придонных (в 3 раза) карскоморских водах. Соотношения численности вирусов и бактерий в побережье Новой Земли (13–57) превышали величину этого параметра в эстуариях Карского моря (3–53).

Полученный нами материал позволяет заключить, что период “цветения” в эстуарной зоне сопровождался повышенным уровнем развития бактериопланктона – достаточным для активизации фаговой инфекции. Значительно превышая своих потенциальных хозяев – бактерий в обилии, вирусы, предположительно, не оказывали существенного влияния на их гибель. Наиболее вероятной причиной этого следует считать повышенные концентрации минеральной взвеси в районе исследования, нередко превышающие 10 мг/л (Буренков и др., 2010). Пассивно прикрепляясь к частицам взвеси, вирусы тем самым выводятся из оборота.

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-05-31367 мол_а).

ИССЛЕДОВАНИЕ КНИДАРИЙ В ММБИ: ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

Н.Н.Пантелеева

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

Изучение фауны беспозвоночных Баренцева моря и сопредельных акваторий – одна из основных научных задач, которыми занимается Мурманский морской биологический институт и предшествовавшая ему Мурманская биологическая станция в течение всего периода своего существования. В результате проводимых с участием ММБИ исследований в Баренцевом море зарегистрировано более 2000 видов беспозвоночных, относящихся к 23 типам (Животные ..., 1981).

Тип Cnidaria (стрекающие), относящийся к низшим беспозвоночным, является неотъемлемой частью морской фауны. Книдарии представлены разными жизненными формами: как планктонной – свободноплавающей (медузы), так и бентосной – преимущественно прикрепленной (полипы). В жизненных циклах некоторых книдарий присутствуют обе жизненные формы (полипоидная и медузоидная) – Hydrozoa, у других же наблюдается подавление или полное исчезновение одной из них: медузоидной у коралловых полипов – Anthozoa, полипоидной у сцифомедуз – Scyphozoa. Гидроидные (Hydrozoa) – самая многочисленная группа книдарий, одной из основных проблем таксономической идентификации которой было и остается сопоставление друг другу полипоидной и медузоидной стадий развития одного и того же вида. Возможность для решения такой задачи предоставляют стационарные морские биологические станции, условия которых позволяют проводить постоянное наблюдение за развитием животных в природе или в лабораторных условиях (аквариальной), максимально приближенных к природным.

В ММБИ традиционно уделялось внимание исследованию книдарий, в основном, гидроидных. Так, в начале прошлого века на Мурманской биологической станции, расположенной в Екатерининской гавани (г. Александровск), изучалась фауна Кольского залива и прибрежной зоны Баренцева моря, результатом чего стали подробные описания гидроидов и гидромедуз, в том числе новых для науки видов (Linko, 1904; Линко, 1911, 1912, 1913; Спасский, 1929). Подобные исследования продолжались и на базе МБС в пос. Дальние Зеленцы (позже – ММБИ). Кроме общего описания “бентонической” фауны в окрестностях новой станции (Ушаков, 1948), включавшей 55 видов книдарий, появились работы по изучению сезонной динамики фауны литорали (Матвеева, 1948) и литоральных ванн (Жюбикас, 1969), в том числе гидроидов. Совместно с сотрудниками Зоологического института АН СССР (ныне ЗИН РАН) выполнена круглогодичная гидробиологическая сезонная съемка в губе Ярнышная в 1988–1989 гг. (Голиков и др., 1993). Работа по изучению сезонной динамики гидроидов литорали была продолжена в 1991–1992 и 1998–2000 гг. Определены сроки размножения и особенности жизненных циклов литоральных гидроидов (Пантелеева, 2007, 2013.). Установлено, что среди гидроидов литорали Восточного Мурмана доминирует *Symplectoscyphus tricuspидatus* (Пантелеева, 1999).

В лабораторных условиях аквариальной ММБИ в 1990 и 1991 гг. проводился эксперимент по изучению развития и роста медуз обелий (Степаньянц и др., 1993; Пантелеева, 1997; Panteleeva, 1999), позволивший определить оптимальные значения температуры воды для их успешного развития. Выяснилось, что оба вида обелий – *Obelia longissima* (Pallas, 1766) и *O. geniculata* (L., 1758), обитающих в прибрежной зоне Кольского полуострова, не получают здесь полного развития из-за низкой температуры воды в море, а их популяции восстанавливаются благодаря бесполому размножению с помощью фрустул (Пантелеева, 1999, 2000).

Уникальную возможность для исследований морской фауны предоставляет также морская научно-исследовательская станция в Баренцбурге (Шпицберген).

Обширный материал о видовом составе и распределении животных (в частности, книдарий) в разных районах моря поставляют экспедиции на научно-исследовательских судах. Стоит отметить работы Э.А.Зеликман, внесшей весомый вклад в изучение гидро-медуз юго-восточной части Баренцева моря (Зеликман, 1961) и особенно губы Ярнышная (Zelikman, 1969). В одном из морских рейсов ММБИ (1988 г.) собраны интересные данные о придонных медузах *Ptychogastria polaris* Allman, 1878, а также с помощью подводной камеры получены уникальные фотоснимки медуз в естественных условиях (на дне), что позволило более детально описать морфологию и особенности биологии этого вида (Panteleeva et al., 1999).

К настоящему времени фауна гидроидов Баренцева моря насчитывает 122 вида (Пантелеева, 2000). Однако систематическая принадлежность некоторых видов неоспорна и требует уточнения. Возможность решить такие задачи с помощью молекулярно-генетического анализа (ДНК) появилась в рамках договора о межакадемическом сотрудничестве с учеными Польской академии наук. В результате совместных исследований развития актиний на литорали Восточного Мурмана выяснилось, что они, так же, как и обелии, размножаются здесь только бесполом путем (Kaliszewicz et al., 2012). Это было установлено, в частности, с применением анализа ДНК как материнских особей, так и их потомства. Возможно, актуальные вопросы сопоставления между собой гидромедуз и полипов (например, из сем. Pandeidae) в перспективе могут быть решены с помощью молекулярно-генетического анализа.

Как показывают проведенные исследования книдарий, они хорошо адаптированы к существованию в условиях Субарктики как морфологически, так и на уровне жизненных циклов.

Эти знания могут пригодиться на практике для решения задач, связанных с обрастанием гидротехнических сооружений, в вопросах мониторинга глобальных климатических изменений и сохранения биоразнообразия.

УРОВЕНЬ АКТИВНОСТИ ЩЕЛОЧНОЙ ФОСФАТАЗЫ В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ ЛЕТОМ 2014 г.

И.А.Пастухов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Море Лаптевых относится к типу материковых окраинных морей. В силу своего расположения оно практически не испытывает влияния ни атлантических, ни тихоокеанских течений. На протяжении значительной части года (с октября по май) температура воды близка к точке замерзания, поэтому большую часть года все море Лаптевых покрыто льдами различной толщины и возраста (Залогин, 1982). Море не богато биологическими ресурсами и используется в основном в транспортных целях, оно одно из самых малоисследованных в Российской Арктике.

Активность щелочной фосфатазы (АЩФ) является информативным показателем обеспеченности гидробионтов фосфором, плотности популяции микроорганизмов в морских водах, процессов первичного продуцирования за счет рециклинга фосфора, минерализации органических веществ. АЩФ дает возможность судить о состоянии экосистемы, нагрузке фосфатами и качестве воды (Максименко, 2007). Впервые уровень АЩФ в море Лаптевых измерялся в 2008 г. работниками ВНИРО на нескольких станциях. В сентябре 2014 г. сотрудниками ММБИ впервые была произведена масштабная съемка АЩФ по всему морю Лаптевых.

Всего было отобрано 117 проб морской воды на 40 станциях с 3 горизонтов (на станциях глубиной меньше 20 м – с 2 горизонтов). Активность щелочной фосфатазы определяли с помощью стандартного диагностического набора Alkaline phosphatase “FL” (Vital diagnos-

tics). Метод основан на оценке количества образовавшегося в единицу времени п-нитрофенола, пропорционального активности фермента. Содержание минерального и общего фосфора определяли с помощью общепринятых в гидрохимии методик (Руководство ..., 1993).

В результате измерений выяснено, что среднее значение АЩФ для всей акватории моря Лаптевых составляло 438.7 нмоль/л в сутки. Максимальная активность была зафиксирована в водах северной части Оленекского залива – 6167 нмоль/л в сутки, что на порядок выше средних значений. Минимальная АЩФ отмечена в водах северного побережья островов Котельный и Новая Сибирь, где показатели АЩФ редко превышали нулевые значения.

Так как щелочная фосфатаза играет важную роль в регенерации минерального фосфора в морской воде, нами так же были измерены уровни содержания органического и общего фосфора в отобранных пробах. Известно, что синтез щелочных фосфатаз осуществляется по принципу обратной связи, а репрессором их активности в основном служит повышенное содержание минерального фосфора в воде (Федер, 1977). Поэтому мы произвели линейную корреляцию между АЩФ и содержанием минерального фосфора. Коэффициент корреляции составил всего 0.27. Вероятно, такую слабую связь можно объяснить низким содержанием минерального фосфора в пробах. Из литературных данных известно, что репрессия АЩФ начинается при концентрации минерального фосфора не менее 100 мкг/л (Максименко, 2007). В наших пробах максимальная концентрация составила 92 мкг/л.

На данном этапе анализа полученных данных мы можем предположить, что в море Лаптевых в исследуемый нами период происходило бурное развитие микроорганизмов, которые активно потребляли минеральный фосфор из воды. Поэтому влияние концентрации минерального фосфора в воде слабо сказывалось на величинах АЩФ, о чем свидетельствует низкий коэффициент корреляции. В результате, можно предположить, что в районе Оленекского залива присутствует большое количество микроорганизмов и происходит активный обмен фосфора между ними и водой. Именно поэтому там зафиксирован локальный максимум АЩФ. В районе же островов Котельный и Новая Сибирь АЩФ снижена. Скорее всего, возможной причиной являются характерные для некоторых областей моря Лаптевых “заморы”, связанные с высокими концентрациями аммонийного азота. В дальнейшем планируется продолжить анализ полученных данных и рассмотреть влияние на АЩФ других факторов.

К ВОПРОСУ ОБ ИПОЛЬЗОВАНИИ ЦВЕТА ПРЕДМЕТА КАК УСЛОВНОГО РАЗДРАЖИТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ С АРКТИЧЕСКИМИ ТЮЛЕНЯМИ

М.В.Пахомов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Мировая практика использования морских млекопитающих в составе биотехнических систем показала отличные результаты. В США отряды специально обученных морских млекопитающих осуществляют разминирование побережий, поиск и нейтрализацию подводных диверсантов, поиск и подъем с грунта затонувшего оборудования и боеприпасов.

При использовании морских млекопитающих в биотехнических системах необходимы знания об их сенсорных способностях, так как ластоногим предстоит взаимодействовать как с технической составляющей биотехнической системы, так и с человеком. Основным источником информации об окружающем мире для человека является зрение. Важный компонент процесса зрительного восприятия – способность анализировать спектральные характеристики объектов, т. е. цветовосприятие.

При работе с животными перцептивные поля человека и дрессируемого животного перекрываются и взаимодействуют друг с другом. Главной целью дрессировочного про-

цесса является выработка у животного условного рефлекса на определенный раздражитель, в то же время один и тот же раздражитель может по-разному восприниматься тренером и дрессируемым животным. Вполне возможна такая ситуация, когда некий раздражитель, например, цвет предмета, который отлично детектируется сенсорной системой человека, не воспринимается сенсорной системой тюленя. В таком случае попытка выработать условный рефлекс на данный раздражитель, может привести к перенапряжению тормозного процесса и невротическому срыву у животного и сильно осложнить дальнейшую работу с этим животным.

К адаптивным особенностям зрения морских млекопитающих относится и спектральная чувствительность зрительных пигментов, максимум поглощения которых должен соответствовать спектральному распределению света на тех глубинах, где обитают животные.

У видов, обитающих на мелководье, либо проводящих много времени на суше, цветовое зрение развито лучше, чем у глубоководных представителей. В целом изучение цветовосприятия морскими млекопитающими требует разрешения главного вопроса – о причинах потери синечувствительных фотопигментов, при том что коротковолновое (синее) излучение проникает на наибольшую глубину.

Целью работы было исследование возможностей дифференцировки объектов представителями трех видов настоящих тюленей по цветовому признаку.

В экспериментах с 2009 по 2014 гг. участвовали 4 серых, 5 гренландских тюленей и 2 кольчатые нерпы.

В ходе экспериментальной части исследования тюлени должны были из пары предъявляемых табличек выбирать только ранее подкрепляемую и проигнорировать таблички других цветов. Для этого тюленю сначала предъявляли только одну табличку определенного цвета, а затем к ней в пару добавляли табличку белого цвета и подкрепляли касание только цветной таблички. Когда тюлень начинал без ошибок дифференцировать табличку подкрепляемого цвета, белую табличку заменяли табличками других исследуемых цветов. Неподкрепляемые цвета меняли в псевдослучайной последовательности (не более двух повторений подряд), также изменяли и взаимное положение подкрепляемой и неподкрепляемой табличек. На каждой тренировке осуществляли по 20 предъявлений.

В ходе проведения эксперимента выяснилось, что у всех животных имеется возможность выработки условного рефлекса на цветовой раздражитель. Они способны воспринимать цвет объекта как условный раздражитель. Причем, животные хорошо различали предъявляемые стимулы как на суше, так и на глубине 2 м при различных показателях внешней освещенности.

Результаты эксперимента показали, что гренландские тюлени значительно хуже различают цвета. Так, например, ни один из гренландских тюленей, участвовавших в эксперименте, не способен дифференцировать цвета средней части видимого спектра (желтый, зеленый, голубой) от нижней (красный) и верхней (синий) границ видимого спектра. В то время как данные животные достаточно быстро обучались дифференцировать таблички синего и красного цветов.

Серые тюлени и кольчатые нерпы уверенно дифференцировали как 5 основных спектральных цветов, так и соответствующие им оттенки серого (в среднем 90 % верных реакций). Некоторые затруднения у этих животных возникали с дифференцировкой зеленого и желтого цветов (в среднем 75 % верных реакций), что, по-видимому, имеет физиологические причины, а также с дифференцировкой голубого цвета и его монохромного аналога, что, вероятно, объясняется высокой светлостью этих цветов.

Таким образом, исследования показали, что, по крайней мере, серые тюлени и кольчатые нерпы обладают цветовым зрением, аналогичным человеческому – протанопическому (частичная слепота к цветам красной части спектра).

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ РЕСУРСОВ АРКТИКИ

Н.Р.Пирцхалава, Д.А.Штаборов

Северный арктический федеральный университет им. М.В.Ломоносова, г. Архангельск, Россия

Территория Арктики является специфическим объектом территориального управления, требующим особого внимания и особых подходов на всех уровнях – федеральном, региональном и муниципальном. Развитие арктических территорий является предметом документа “Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу”. В настоящее время с освоением Мирового океана связывают решение четырех основных проблем, имеющих первостепенное значение для дальнейшего развития общества: увеличение добычи минерального сырья, использование энергии океана, обеспечение продуктами питания и размещение населения. Арктический шельф становится зоной активной деятельности человека по освоению минеральных, биологических и химических ресурсов за пределами суши. Из основных направлений использования континентального шельфа большой интерес в настоящее время вызывает его использования как источника нефти и газа. Проблема освоения ресурсов Арктики, в том числе нефтегазовых, – это сложная, комплексная, многоаспектная проблема, рассматривать которую необходимо в контексте тесной взаимосвязи международных и внутренних вопросов.

Помимо проблем освоения ресурсов Арктики, связанных с ее весьма суровой природой, полное и эффективное освоение Арктического шельфа невозможно без четкого обозначения экономических границ российской части Арктики, в частности, внешней границы Арктического шельфа. Нерешенность этой проблемы ведет к интернационализации Арктики, в частности к интернационализации Северного морского пути, контролируемого Россией. В настоящее время существенно возрастает роль Арктики в экономической жизни страны, в обеспечении геополитических интересов России. Минерально-сырьевые ресурсы континентального шельфа Северного Ледовитого океана представляют собой важную часть национального достояния Российской Федерации.

МОНИТОРИНГ ХЛОРИРОВАННЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ НА РАЗРЕЗЕ “КОЛЬСКИЙ МЕРИДИАН”

Н.Ф.Плотицына

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича, г. Мурманск, Россия

Хлорированные углеводороды включают в себя хлорорганические пестициды (ХОП) и полихлорбифенилы (ПХБ). Они относятся к группе неприродных компонентов окружающей среды (ксенобиотиков) и представляют наибольшую опасность для биосферы. Многолетнее бесконтрольное использование ХОП и ПХБ привело к их повсеместному распространению и накоплению в биотических и абиотических компонентах как наземных, так и морских экосистем.

Хлорорганические пестициды (α -, β -, γ -гексахлорциклогексан, гексахлорбензол, цис-, транс-хлордан, цис-, транс-нонахлор, оксихлордан, метаболиты дихлордифенилтрихлорэтана) и полихлорбифенилы (конгенеры с номерами по номенклатуре IUPAC: 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180) определялись методом газовой хромато-масс-спектрометрии

на хромато-масс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus (Shimadzu, Япония) с капиллярной кварцевой колонкой HP-5MS длиной 30 м. Идентификация индивидуальных соединений проводилась в режиме SIM (селективный мониторинг ионов). Количественное определение выполнялось с использованием многоуровневой калибровки тестовыми смесями, приготовленными из сертифицированных кристаллических пестицидов и полихлорбифенилов (Sigma-Aldrich, США). В качестве внутреннего стандарта при определении полихлорбифенилов применялся конгенер с номером 53. Для автоматической обработки результатов анализа использовалась программа “GCMSsolution 2.5” (Shimadzu, Япония).

Тяжелые металлы и микроэлементы (Cu, Zn, Ni, Cr, Mn, Co, Fe, Pb, Cd, As, Hg) определялись на атомно-абсорбционном спектрофотометре с гидридной приставкой (Shimadzu, модель AA-6800, Япония) методами пламенной и непламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии с использованием многоуровневой калибровки тестовыми смесями, приготовленными из аттестованных стандартных растворов тяжелых металлов (Sigma-Aldrich, США). Для обработки результатов анализа применялось программное обеспечение, разработанное фирмой “Shimadzu”.

Лаборатория прикладной экологии и токсикологии ПИНРО аккредитована в системе аккредитации аналитических лабораторий на техническую компетентность и независимость (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.518450).

Хлорорганические пестициды в морской воде на станциях векового разреза “Кольский меридиан” были представлены тремя изомерами гексахлорциклогексана (ГХЦГ), остаточными количествами гексахлорбензола (ГХБ) и метаболитов дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ). Изомеры хлордана в воде исследованных промысловых районов Баренцева моря (Мурманский язык, Рыбачья и Демидовская банки) отсутствовали, так как в качестве пестицида хлордан ранее в СССР, а затем и в России, не применялся. Суммарные концентрации изомеров ГХЦГ в поверхностном слое воды варьировали от 0.87 до 1.32, в придонном – от 0.77 до 1.51 нг/л. Преобладание концентраций α -ГХЦГ над γ -ГХЦГ (α -ГХЦГ/ γ -ГХЦГ > 1) свидетельствовало о “старом” загрязнении водных масс Баренцева моря этим пестицидом. Наибольшие суммарные концентрации ГХЦГ характерны для поверхностного и придонного слоев прибрежных мурманских вод.

Концентрации ГХБ в поверхностном слое воды на станциях разреза “Кольский меридиан” изменялись от 0.11 до 0.39 нг/л, в придонном – от 0.13 до 0.28 нг/л. Такие низкие концентрации соответствовали остаточному количеству данного пестицида, запрещенного к производству еще в 1970-е гг. Суммарные концентрации метаболитов ДДТ в поверхностном слое воды изменялись от 0.29 до 131, в придонном – от 0.42 до 0.51 нг/л. В воде на исследованных станциях практически отсутствовал метаболит *p,p'*-ДДТ, а концентрации метаболитов *p,p'*-ДДД и *p,p'*-ДДЕ на отдельных станциях составляли 100 % Σ ДДТ, что указывало на длительный процесс трансформации ДДТ в более стойкие метаболиты, т. е. о давнем загрязнении вод Баренцева моря этим пестицидом. Наибольшие суммарные концентрации ДДТ характерны для поверхностного и придонного слоев атлантических вод. Определяемые концентрации ГХБ, а также суммарные концентрации ГХЦГ и ДДТ были значительно ниже рыбохозяйственных предельно допустимых концентраций (ПДК_{p/x}), составляющих 10 нг/л для каждого пестицида.

Суммарные концентрации ПХБ в поверхностном слое воды на станциях разреза “Кольский меридиан” варьировали от 0.42 до 0.77, в придонном – от 0.26 до 0.81 нг/л. Из индивидуальных конгенов ПХБ в воде исследованных промысловых районов доминировали соединения с номерами 52, 101 и 118, входящие в состав коммерческих смесей типа Agoslog (российскими аналогами являются Совол – конденсаторное масло, Совтол-10 – трансформаторное масло), и составляющие в поверхностном слое воды от 88 до 100 %, в придонном – от 81 до 94 % Σ ПХБ. Тем не менее суммарные концентрации ПХБ в воде исследованных районов Баренцева моря были значительно ниже ПДК_{p/x}, равной 10 нг/л.

Большинство тяжелых металлов и микроэлементов по токсикологическим оценкам “стресс-индексов” занимают второе место среди загрязняющих веществ, уступая только хлорированным углеводородам. К числу распространенных и весьма токсичных микроэлементов в первую очередь относят свинец, кадмий, мышьяк и ртуть, а также другие, так называемые следовые элементы.

В морской воде среди исследованных микроэлементов практически всегда количественно преобладали железо, цинк и хром (иногда марганец), тогда как свинец, кадмий, мышьяк и ртуть присутствовали в минимальных концентрациях. В поверхностном и придонном слоях воды на станциях разреза “Кольский меридиан” концентрации меди варьировали от 0.30 до 1.04, цинка – от 2.20 до 21.4, никеля – от 0.55 до 1.44, хрома – от 2.75 до 4.10, марганца – от 0.14 до 2.40, кобальта – от 0.02 до 0.50, свинца – от 0.02 до 0.20, железа – от 13.1 до 42.7, кадмия – от 0.02 до 0.13, мышьяка – от 0.04 до 0.90, ртути – от 0.004 до 0.028 мкг/л. Вертикальное распределение следовых элементов в толще воды было довольно пестрое, что свидетельствует о сложном характере их распределения в водных массах. Концентрации свинца, кадмия, мышьяка и ртути в воде исследованных промысловых районов были очень незначительны.

В целом, концентрации 11 определяемых микроэлементов (Cu, Zn, Ni, Cr, Mn, Fe, Co, Pb, Cd, As, Hg) в поверхностном и придонном слоях воды на станциях векового разреза “Кольский меридиан” были намного ниже ПДК_{р/х}.

Полученные результаты подтверждают низкий уровень загрязнения водных масс различного происхождения в Баренцевом море. Наблюдаемый уровень загрязнения морской воды не будет оказывать какого-либо заметного влияния на состояние промысловых биоресурсов в исследованных районах Баренцева моря.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В МОРЯХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ НЮАНСЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.Б.Погребов
ЗАО “ЭКОПРОЕКТ”, г. Санкт-Петербург, Россия

Под мониторингом в настоящее время понимается система наблюдений, оценки и прогноза природных и антропогенных изменений окружающей среды (без “управления”). Общие и специальные вопросы биологических исследований в морях Российской Арктики рассматриваются не только в отдельных статьях, но и в специальных изданиях, где ключевые слова “мониторинг”, “морской” и “арктический” входят в название публикаций (Матишов и др., 2001, 2005; Погребов, Шилин, 2001, 2009; Шилин, Хаймина, 2014). Задача настоящей работы – обратить внимание специалистов на трудности всех трех означенных выше блоков экологического мониторинга в его биологическом разделе.

Наблюдения в гидробиологическом мониторинге нацелены на получение сведений по видовому составу, плотности и биомассе планктона и бентоса. Расхождения в оценке разнообразия и обилия планктона, полученные с использованием батометров и планктонных сетей разных конструкций, оценивались многократно. Обзор результатов свидетельствует, что для планктона расхождения в данных объясняются не только разными орудиями, но и разными горизонтами лова (Мартынова, 2014). Существенной может быть и суточная составляющая распределения планктона по вертикали.

Расхождения в данных, полученных качественными и количественными орудиями сбора бентоса, начали обсуждаться сразу же после внедрения дночерпателей в практику исследований (Броцкая, Зенкевич, 1939). В одной из последних публикаций на эту тему

(Гарбуль, Любина, 2011) проанализирована уловистость дночерпателей “Океан” (0.25 м²), ван-Вина (0.1 м²) и Петерсена (0.025 м²) в Баренцевом море. Показано, что с уменьшением площади отбора проб число видов снижается для поименованных дночерпателей следующим образом: 50±8, 30±7, 21±5 видов на пробу. Плотности поселения и суммарная биомасса бентоса после пересчета на 1 м² практически совпадали.

Вопрос эффективности работы дночерпателя и водолазных сборов на твердых грунтах изучали биологи, применявшие в исследованиях акваланги (Пропп, 1971; Погребов, 1981). Существенно более высокая точность была признана за легководолазными исследованиями. Развитие подводной фото- и видеосъемки, вначале оптимистично встреченное морскими биологами, после нескольких лет использования обнаружило существенные ограничения не только по сравнению с водолазным методом, но и в сравнении с традиционными методами (Погребов, 2011; Ткаченко, 2011). Так, в Печорском море подводная автоматизированная фотосъемка позволила учесть на мягких грунтах лишь 3 % видового состава и 5 % суммарной биомассы донной фауны, учтенной по итогам применения дночерпателя “Океан” (0.25 м²) и прямоугольной драги (Погребов, 2011). В Баренцевом море на глубине 30 м на смешанных грунтах подводная автоматизированная телесъемка позволила учесть 20 % видового состава водорослей и беспозвоночных, учтенных по итогам применения тех же орудий лова (Погребов, 2011). Основной вывод, сделанный по итогам сравнения, состоял в том, что в итоговый анализ следует включать данные, которые дают максимальные значения плотности видов. Для твердых грунтов и малых глубин это водолазный метод, для мягких грунтов – сбор проб дночерпателем, для учета крупных форм макробентоса – подводная фотосъемка, которая будет заверяться сборами материала драгой или тралом. Справедливости ради отметим, что в некоторых случаях плотность популяции массовых видов макробентоса и рыб оказывается выше по результатам подводной фотосъемки, чем по результатам дночерпательных сборов. Так, в районе грязевого вулкана Хаакон Мосби число видов рыб, идентифицированных на фотографиях, было равно 11, в то время как по результатам традиционных сборов в пробах был обнаружен лишь один вид (Чернова, 2009).

Вопрос о количестве видов, обнаруженных в исследованиях разными специалистами, принадлежит к одному из острых, поскольку затрагивает “честь мундира”. Понятно, что список фауны, полученный по результатам непродолжительной “мониторинговой” съемки будет существенно короче того, который мог бы быть составлен коллективом квалифицированных систематиков, часто располагающих коллекциями, собранными за несколько десятилетий. Кроме того, специалисты по “мало популярным” группам организмов единичны. Таким образом, несмотря на привлекательность использования в исследованиях мониторингового характера показателей биоразнообразия, трудности работы с ними очевидны. По-видимому, правильным здесь будет совет, данный когда-то в разделе юмора “Литературной газеты”: “Лучше делать лучше; делать хуже – хуже”.

Оценка пространственно-временной структуры морских сообществ наталкивается на их высокую изменчивость. В многолетних рядах наблюдений обилие фитопланктона в одни и те же сроки и на тех же станциях варьирует в пределах трех порядков величин, обилие зоопланктона – в пределах двух порядков величин. Информативным объектом мониторинга оказывается бентос: он стабилен во времени, характеризует локальную ситуацию в пространстве, способен представить изменения экосистемы в ретроспективе. Однако и для этой группы известны факты значительного варьирования. Причины расхождения данных, полученных разными исследователями в одно время или в сходных условиях, многочисленны. Основные из них это различия в: 1) орудиях лова (качественные или количественные; модель и размеры дночерпателя, драги, трала); 2) числе проб, собранных на станции; 3) общем числе станций, обследованных в районе; 4) площади, по которой про-

водится усреднение данных; 5) квалификации исследователей. Труднее интерпретировать статистически значимые различия в обилии бентоса на станциях, обследуемых регулярно теми же учеными. Нами на собственном материале показано, что значения суммарной биомассы бентоса в Печорском море в 1992, 1993, 1998 гг. и в 2000 г. достоверно различались (Погребов, Кийко, 2001). Средняя величина снижения биомассы в 2000 г. была 2-кратной, а на отдельных участках достигала 3–5 раз. Статистический анализ регистрирует достоверные отличия в количественных показателях бентоса в разные сроки наблюдений не только для отдельных районов, но, например, и для Баренцева и Карского морей в целом (Кийко, Погребов, 1998, 2014).

Картирование бентоса представляет итоги мониторинга наглядно. Наши исследования (Погребов, Кийко, 2008; Погребов, 2012) показали, что для получения классификаций, в наибольшей мере отражающих среду обитания организмов, следует: 1) использовать многомерные методы анализа; 2) учитывать организмы на уровне видов (а не более крупных таксонов или трофических групп; 3) при оценке сходства станций применять преобразованные меры расстояния Макнаутон-Смита и Евклида; 4) выполнять нормирование значений биомасс; 5) или их трансформацию. При этом полезно иметь в виду, что исключение из рассмотрения видов, составляющих на станциях менее 10, 25 и даже 50 % суммарной биомассы, не только не уменьшает, но в ряде случаев увеличивает сходство биологических классификаций с классификацией станций по показателям среды.

Прогноз показателей разнообразия, обилия и структуры морских сообществ может базироваться на различных вариантах регрессионного анализа. Нами опробовано построение моделей распределения бентоса в Арктике по алгоритмам метода группового учета аргументов (МГУА; Ивахненко, 1982). Материалом послужили сборы, сделанные в экспедициях ГОСНИИОПАС в Баренцевом, Карском, Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском морях (Погребов и др., 2001, 2002; Погребов, 2012). В качестве объясняющих переменных в массив данных были включены все зарегистрированные факторы среды (их общее число около 50). Из биологических показателей были опробованы число видов на станции (2–5 дночерпателей площадью 0.1 и 0.25 м²), суммарная биомасса макробентоса и биомасса его основных групп (г/м²). Оправдываемость прогнозов, рассчитанных по моделям, в области интерполяции составила 88–100 %, в области экстраполяции – 82 %. Содержательная интерпретация обнаруженных закономерностей в ряде случаев была вполне логична. В частности было показано, что повышение температуры придонной воды в диапазоне температур –1.2...6.7 °С увеличивает разнообразие и обилие бентоса в 3–10 раз (Погребов, 2014). Связь бентоса с рядом “экзотических” факторов (например, содержание в пелитовой фракции грунта скандия и бария) объяснения не находит, может относиться к ложным корреляциям и требует для интерпретации недостающих знаний.

АНЦЕСТРАЛЬНЫЕ МОНОГЕНЕИ ХРЯЩЕВЫХ ХИМЕР И СКАТОВ НОРВЕЖСКОГО МОРЯ

Л.Г.Поддубная¹, В.Хеммингсен²

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д.Папанина РАН, г. Борок, Россия

²Университет Тромсе – Арктический университет Норвегии, г. Тромсе, Норвегия

В арктических водах обитают реликтовые группы хрящевых рыб (Chondrichthyes), цельноголовые рыбы (Holocerphali) и эласмобранхии (Elasmobranchii). По данным новейших молекулярных исследований, химеровые рыбы дивергировали от акул более 400 млн лет назад, и они остаются до настоящего времени изолированной группой глубоководных рыб (Inoue et al., 2010). Хрящевые рыбы характеризуются уникальной фауной паразитов, кото-

рые эволюционизировали с древнейшими химеровыми рыбами и скатами с момента становления последних. Примерами такой коэволюции являются взаимоотношения в системе химеровые рыбы и химероколидные моногенеи сем. *Chimaericolidae* (*Polyopisthocotylea*), а также взаимоотношения в системе скаты и моногенеи семейств *Hexabothriidae* (*Polyopisthocotylea*) и *Monocotylidae* (*Monopisthocotylea*). При этом, взаимоотношения в системе химеры и химероколидные моногенеи служат хрестоматийным примером длительных (с девона) симпатрических, симксенных и синтропных анагенетических преобразований у моногеней (Лебедев, 1995). Филогенетически первичной, известной с триаса, группой жаберных паразитов скатов, являются моногенеи сем. *Hexabothriidae*, показывающие примеры аллопатрического типа дивергенции их родов. Полифилетическое происхождение моногенейной фауны скатов представлено и монотипичными абберантными видами древних, прошедших длительный путь совместной эволюции со скатами эндопаразитическими монокотилидными моногенеями.

Сбор паразитических червей от естественно зараженных химеры европейской *Chimaera monstrosa* Linnaeus, 1758 и звездчатого ската *Amblyraja radiata* Donovan, 1808 из Норвежского моря в районе г. Тромсе был осуществлен в октябре 2011 г. и в июне 2014 г. Рыб вылавливали с помощью глубоководного трала (судно “Joan Ruud”, Университет Тромсе) с глубины 500–600 м.

Фауна моногеней исследованных химеровых рыб представлена двумя видами: жаберными полиопистокотилидными химероколидными моногенеями *Chimaericola leptogaster* Linnaeus, 1758 и обитателями клоаки, монопистокотилидными эндопаразитическими моногенеями *Calicotyle affinis* Scott, 1911 из отряда *Monocotylidae*. Фауна моногеней звездчатого ската насчитывает три вида: гексаботриидная моногенея *Rajonchocotyle emarginata* Cerfontaine, 1899, эктопаразит жабр, и два вида эндопаразитических монокотилидных моногеней, паразита клоаки *Calicotyle affinis* Scott, 1911 и полости тела *Dictyocotyle coeliaca*.

Впервые методами электронной микроскопии выявлены уникальные особенности в строении химероколидных моногеней (на примере изучения тонкой морфологии *C. leptogaster*), свидетельствующие в пользу их древнего происхождения. Так, дистальные отделы каждой из двух вагин соединяются с кишечником через короткий вагинально-кишечный проток, наряду с имеющимся, как у всех полиопистокотилидных моногеней, кишечной яйцеводным каналом. Подобная конфигурация вагин с вагинально-кишечным соединением известна только для представителей свободноживущих плоских червей – турбеллярий. Ряд выявленных ультраструктурных характеристик клапанов прикрепительного диска *C. leptogaster* уникален для моногеней. В каждом клапане *C. leptogaster*, помимо мышечных валиков, выявлено три склеритных образования (скобки) и показано, что средняя и боковые скобки имеют различную ультраструктуру, химический состав и различное происхождение, что имеет существенное значение для анализа филогении прикрепительных органов полиопистокотилидных моногеней. Шипы клапанов химероколидных моногеней, производные базальной пластинки и мышечной ткани валиков клапана, можно рассматривать в качестве уникальной и анцестральной скелетной структуры прикрепительных органов моногеней. Подобного типа шипы ранее были описаны только у четырех родов свободноживущих плоских червей сем. *Monocelididae* отряда *Proseriata* на поверхности их копулятивного органа. Изучение цитоархитектоники желточников химероколидных *C. leptogaster*, гексаботриидных *R. emarginata* и монокотилидных *Calicotyle affinis* из химер и скатов выявило, что желточные фолликулы *C. leptogaster* и *R. emarginata* не отграничены от окружающих тканей пограничной пластинкой, а пограничные желточные клетки окружены кишечными клетками, нередко плотно прилегающими друг к другу. Подобного взаимоотношения желточных и кишечных клеток не зарегистрировано ранее у паразитических неодермат, включая моногеней, признак, который можно рассматривать как анцестральный

для базальных групп полиопистокотилидных моногеней, паразитов древних хрящевых рыб. Напротив, фолликулы *C. affinis* окружены пограничной пластинкой. Выявлены различия и в составе желточного материала у исследованных полиопистокотилидных и моноопистокотилидных моногеней. Неоднородная морфология желточников моногеней из разных таксономических групп может быть использована в качестве маркера в оценке возможных эволюционных преобразований моногеней, сопряженных в их становлении с древними хрящевыми химерами и скатами.

Следует подчеркнуть, что монокотилидные *C. affinis*, паразиты клоаки химер, изначально связаны в своем эволюционном становлении с Elasmobranchii; их переход на химер произошел исторически значительно позднее, чем на химерах появились их специализированные химероколитные моногеней. Паразитирование специализированных эндопаразитов скатов и в химерах может поддержать выводы молекулярных исследований о дивергировании химеровых рыб от эласмобранхий.

По Быховскому (1957), чем древнее группа паразитов, тем она менее похожа и близка морфологически к предковым формам. Длительность сосуществования в одном хозяине не дает паразиту останавливаться в процессе приспособления на определенном уровне, а позволяет паразиту эволюционировать в соответствующем направлении развития, которое лимитируется его существованием в реальных условиях и механизмами и путями эволюционных преобразований, разрешенными предыдущей историей развития группы (Лебедев, 1995). Выявленные ультраструктурные характеристики в строении специализированных моногеней из химер и скатов полностью согласуются с данными высказываниями.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 15-04-02890-а).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ БУРЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕФТЕДОБЫЧИ НА МОРСКИХ БУРОВЫХ ПЛАТФОРМАХ

И.И.Подлипский¹, С.Ю.Жабриков²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

²Научно-технический центр “Технологии XXI века”, г. Санкт-Петербург, Россия

В условиях активного освоения морских месторождений углеводородов как во всем мире, так и на территории Российской Федерации, особенно в ее северных регионах (на Арктическом шельфе), с использованием стационарных и плавающих буровых платформ, вопрос минимизации негативного экологического воздействия на окружающую среду в процессе производства разведывательного и эксплуатационного бурения, в первую очередь утилизация образующихся буровых отходов, является одним из важнейших направлений, требующих пристального внимания не только непосредственно компаний-операторов, но и, безусловно, государственных природоохранных структур.

Учитывая системное ужесточение законодательства в сфере охраны окружающей среды, наиболее перспективным способом нефтедобычи на морских локациях является принцип “нулевого сброса”, при котором все образующиеся на буровой платформе отходы доставляются на береговую базу, где подвергаются окончательной утилизации по различным технологиям. На наш взгляд, из всех широко применяемых технологий утилизации буровых шламов, отработанных буровых растворов и буровых сточных вод, особенно эффективна интеграционная минерально-матричная технология (ИММ-технология).

Научной основой данного метода переработки является теория синтеза неорганических вяжущих веществ в дисперсных минеральных средах, основанная на минерально-генетической концепции и теории оптимальных механических смесей (конгломератов),

отличающихся повышенной плотностью, пониженной пористостью и, в результате этого, улучшенными прочностными и другими свойствами. Физико-химическая сущность преобразования отходов в экологически безопасный композиционный материал состоит в искусственном воспроизводстве природных процессов минералообразования. В отличие от традиционного экобетонирования, в описанном методе иммобилизация экотоксикантов происходит в результате протекания химических реакций, которые встраивают поллютанты в структуру вносимых алюмосиликатов.

В качестве вносимых в отход веществ, при реализации данного метода, выступают цемент, песок, суглинок и модифицирующая комплексобразующая добавка (МКД), представляющая собой микрочастицы алюмосиликатных минералов, модифицированных ионами щелочноземельных металлов. В ходе жидкофазных процессов взаимодействия химически активных компонентов отходов с МКД образуется композиционный материал – грунт, укрепленный техногенный (ГУТ). Получаемый продукт является строительным материалом и в зависимости от проектных характеристик соответствует ГОСТ 23558-94, СНиП 2.05.02-85, СНиП 3.06.03-85, СНиП 3.02.01-87. Его санитарно-гигиенические характеристики соответствуют МУ 2.1.674-97 “Санитарно-гигиеническая оценка стройматериалов с добавлением промышленных отходов”. Он предназначен для устройства оснований, нижних слоев покрытий автомобильных дорог и аэродромов, а также может использоваться как грунт обратной засыпки при планировочных работах, сооружении откосов и земляных валов вне зон застройки территории зданиями с постоянно проживающим населением, дошкольных и образовательных учреждений. С учетом конкретных условий эксплуатации сооружений и на основании испытаний материал может быть использован для устройства гидроизоляционных конструктивных слоев, а также механических геохимических барьеров, например, при рекультивации шламохранилищ, оборудовании и рекультивации полигонов для хранения отходов и т. п.

За длительный период апробации и промышленной эксплуатации технологического оборудования, позволяющего реализовать ИММ-технология, было выявлено огромное количество как существенных, так и эргономических недостатков. Результатом проведенной “работы над ошибками”, в том числе учитывающей пожелания эксплуатирующих организаций, стала мобильная установка СУПО-1М, предназначенная для обезвреживания бурового шлама, отработанного бурового раствора и буровых сточных вод. При этом утилизация отходов может производиться совместно (все три вида отходов), по отдельности (один какой-либо вид отходов) и комбинированно (два каких-либо вида отходов).

Установка СУПО-1М является блочно-модульной, состоит из четырех компоновочных узлов-блоков, имеющих габариты стандартных 20- или 40-футовых морских контейнеров. Подобное конструктивное решение позволяет минимизировать логистические издержки, сократить временные затраты на проведение монтажных и пуско-наладочных работ, оптимизировать процесс передислокации установки на новый участок эксплуатации. Блоки установки доставляются к месту размещения со смонтированным в них технологическим оборудованием полностью готовым к использованию.

В зависимости от характера и условий решаемых задач установка может быть изготовлена в различных климатических исполнениях, а в случае необходимости доукомплектована специальным (вспомогательным) оборудованием.

Установка оборудована контрольно-измерительными приборами и оснащена современными системами автоматизации, в том числе предусмотрен режим дистанционного контроля параметров и управление работой установки посредством выносного (за пределы 5-метровой зоны) пульта управления.

Рассмотренная установка для утилизации отходов бурения и реализуемая на ней ИММ-технология переработки отходов выгодно отличается от применяемого на сегодняш-

ний день технологического оборудования, реализующего, в большей части, принципы термической утилизации, так как не образует вторичных отходов (например, золы уноса) и перерабатывает отходы в полезный продукт, т. е. реализует принцип “нулевого сброса”. Ее исполнение делает возможным размещение СУПО-1М на береговых базах обеспечения морского бурения. Получаемый в процессе эксплуатации установки строительный материал экологически безопасен и обладает конкретными физико-механическими характеристиками, что способствует повышению экономической эффективности от использования данного оборудования. Кроме того, данная технология и оборудование являются полностью отечественной разработкой, что в условиях нестабильности политических взаимоотношений в мире может сделать вклад в независимость нефтедобывающей отрасли России от каких-либо внешнеэкономических санкций.

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ОТ СЕВЕРНОЙ ТАЙГИ ДО ЮЖНОЙ ТУНДРЫ

Н.В.Поликарпова, О.А.Макарова

Государственный природный заповедник “Пасвик”, пос. Раякоски, Мурманская область, Россия

Последние годы в связи с изменением климата и освоением Арктики резко возросла необходимость вести наблюдения за природой в высоких широтах. Россия предпринимает соответствующие шаги для освоения арктических ресурсов. Однако необходим ряд природоохранных, в том числе компенсационных мероприятий, которые способствовали бы изучению Арктики в разных аспектах.

Согласно Указу Президента Российской Федерации от 2 мая 2014 г. № 296 “О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации”, Мурманская область полностью вошла в ее состав. Указ подписан в целях реализации Основ государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 г. и дальнейшую перспективу. Это означает, что регион должен самым серьезным образом пересмотреть задачи по сохранению биоразнообразия. Из-за географического положения природа области весьма специфична. Наличие нескольких растительно-географических зон, а именно тундры, лесотундры и северной тайги, определяет стратегию расположения особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в регионе.

С изменением климата северная граница леса также изменяется, леса поднимаются на север, к берегу Баренцева моря. За этим следуют и другие явления. Так, было замечено, что лесной вид – бурый медведь с конца XX века стал ложиться в берлогу в открытой тундре, ранее этого не наблюдалось (Макарова, 2009). Возможно, что это связано как раз с изменением климата. Изучение природных особенностей широтных зон, их компонентов и реакции на изменения климата весьма актуально, особенно вдоль северной границы леса.

Мурманская область является для этой цели отличным полигоном: наличие трех растительно-географических поясов, вхождение в Арктическую зону РФ, активное промышленное освоение края определяют необходимость такого мониторинга и предусматривают исполнение обязательств по сбережению природного разнообразия. Кроме того, в области в настоящее время действует сеть ООПТ федерального значения (3 государственных природных заповедника, 3 заказника, 4 памятника природы, 1 ботанический сад) и регионального значения (1 природный парк, 8 заказников и 50 памятников природы). Они составляют 11 % от территории области (Доклад ..., 2014). Размещение этих ООПТ не было связано с географическим направлением, они организовывались по другим причинам (Макарова, Поликарпова, 2014). Но для комплексного мониторинга важно выбрать те ООПТ, которые могут его выполнять. Это возможно в сотрудничестве с уже имеющейся сетью заповедников, на которых имеется мониторинговая сеть и специалисты, а также ведется работа с научными институтами.

Проследить изменение ситуации от природных комплексов северной тайги до южной тундры возможно с включением ООПТ, расположенных в этих растительно-географических зонах. Так, на западе Мурманской области это заповедник “Пасвик” (северная тайга) и Айновы острова Кандалакшского заповедника (южная тундра), в центральной части региона это Лапландский заповедник (северная тайга), а на юге – участки Кандалакшского заповедника (северная тайга, морская акватория). Требуется разработка единой программы слежения за флорой лесов и тундр, а также фаунистическими компонентами (Макарова, 2010; Поликарпова и др., 2012). Тем более, что уже есть определенные наработки по флоре: проведено сравнение урожайности семян хвойных пород (Макарова и др., 2010), урожайности ягодников (Поликарпова, Макарова, 2010, 2012), урожайности и фенологии некоторых видов грибов (Берлина и др., 2009) и т. д. Для более детального анализа необходима организация новых ООПТ в подзоне южной тундры, на которых можно было бы проводить такое слежение за разными компонентами биоты.

В Мурманской области Постановлением Правительства от 24.03.2011 г. № 128-ПП утверждена “Концепция функционирования и развития сети особо охраняемых природных территорий Мурманской области до 2018 года и на перспективу до 2038 года” (Концепция ..., 2011). В рамках Концепции одним из перспективных направлений признано создание заказника регионального значения в долине р. Воряема в Печенгском районе к северу от заповедника “Пасвик”. В рамках Меморандума о взаимопонимании по Зеленому поясу Фенноскандии (Memorandum ..., 2010) это будет самый северный континентальный федеральный заказник, либо кластер заповедника “Пасвик”. Река Воряема (Гренсе-Якобсэльв) относится к бассейну Баренцева моря и находится на северо-западе Мурманской области. Это пограничная река, правый берег ее является российским, а левый – норвежским. Создание здесь новой ООПТ даст необходимое звено в ту самую линию лес-лесотундра-тундра, поскольку долина р. Воряема включает континентальную часть южной тундры и долинные березняки, а также фрагменты лесотундры. На территории Воряемы со стороны России актуально создание станции комплексного мониторинга и работа по сходным программам, которые ведутся в трех заповедниках Мурманской области.

Вопрос создания новой международной ООПТ в долине Воряемы активно обсуждается специалистами в области охраны природы России и Норвегии последние 10 лет. Хорошим примером для этого служит успешный опыт работы уже созданных в начале 1990-х гг. двух ООПТ – заповедника “Пасвик” (Россия) и природного резервата ‘Пасвик’ (Норвегия). Общая площадь их составляет примерно 17 тыс. га. Они служат сохранению самых северных в Европе сосновых лесов, водно-болотных угодий и являются своеобразным природным наследием региона Пасвик-Инари. Заповедник неоднократно выходил с инициативой создания двусторонней ООПТ в долине р. Воряема. Ее создание способствовало бы сохранению участков типичных южных тундр, приморских лугов, горно-березовых и долинных березняков и фрагментов лесотундры, а также сохранению популяций редких видов растений и животных, занесенных в Красные книги России, Мурманской области и Норвегии.

Интерес заповедника к этой территории неслучаен: по долинам рек Паз и Воряема идут миграционные пути водоплавающих и околоводных птиц на гнездование из Африки и севера Европы в Арктику. Фаунистический комплекс еще предстоит подробно изучить, но предварительное обследование в 2014 г. позволило установить обитание как минимум 45 видов птиц, из которых есть типично лесные и тундровые виды (Большаков, 2014). Птицы служат важнейшим компонентом мониторинга. Так, изучение орнитофауны Пасвика, расположенного значительно южнее долины Воряемы, привело к удивительным результатам: за 100 лет количество видов птиц увеличилось на 25 % (Хлебосолов и др., 2007; Gunter, Zatsarinny, 2014).

Одной из целей создания ООПТ “Долина реки Воряема” может стать мониторинг состояния наземных, пресноводных и морских экосистем на Крайнем Севере для изучения

изменений климата в Арктике, а также для контроля влияния на биоту пограничной реки и прибрежной зоны транспортировки нефти и трансграничного атмосферного загрязнения. На данной ООПТ возможна реализация как программы “Летопись природы” (Макарова, 1999; Макарова, Поликарпова, 2013), так и специальных российских и международных программ. Схема мониторинга в долине Ворьемы может состоять из двух блоков, оперативного (каждый год) и многолетнего, когда сбор материалов следует проводить через 5 и даже 10 лет. В связи с активными действиями приграничных стран, крайне важно создание ООПТ вдоль государственной границы для укрепления позиции России по охране природы и устойчивому присутствию в Арктике.

УТОЧНЕНИЕ ВИДОВОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ РАКООБРАЗНЫХ РОДА *EURITEMORA* В БЕЛОМОРСКИХ НАСКАЛЬНЫХ ВАННАХ

Н.В.Полякова¹, Н.М.Сухих², А.И.Старков¹, В.Р.Алексеев²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

²Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Острова Кандалакшского залива Белого моря характеризуются наличием наскальных ванн различной солености, поскольку скалистый ландшафт с большим количеством неровностей и углублений способствует накоплению воды, попадающей, с одной стороны, из атмосферы и за счет поверхностного стока, с другой стороны, из моря. При этом отдельный интерес представляют водоемы зоны заплеска, не имеющие регулярной связи с морем. Высота над уровнем моря подобных водоемов составляет от 1 до 5 м. С 2004 года нами исследовано около 100 подобных водоемов, расположенных на более чем 10 островах. Для водоемов определяли морфометрические характеристики, визуально оценивали высоту над уровнем моря, кондуктометром измеряли соленость. Зоопланктон отбирали фильтрацией 1–10 л воды через газ № 70. Несколько ванн на двух островах Керетского архипелага выбраны для сезонных наблюдений.

Средняя за сезон соленость исследованных ванн колебалась от 0 до 25 ‰, хотя часто диапазон колебаний в отдельно взятом водоеме составлял от 2 до 40 ‰. Это связано с тем, что регулярной связи с морем здесь нет и, соответственно, в засушливое время соленость повышается из-за испарения, а после дождей резко падает. В ваннах, имеющих постоянную связь с морем, колебания солености минимальны, соленость в среднем соответствует морской.

Видовой состав зоопланктона включал 55 таксонов, из них 26 – коловратки, 25 – ракообразные, 4 – личинки бентосных животных. Необходимо отметить низкую встречаемость организмов при достаточно большом видовом списке. Из ракообразных широким распространением характеризовались *Harpacticus uniremus* (отмечен в большинстве ванн) и представители рода *Eurytemora*. Последние массово развивались в водоемах, средняя за сезон соленость которых составила 4–10 ‰, причем, не сильно превышая верхнюю границу указанного диапазона. В этих ваннах отмечены максимальные величины обилия зоопланктона, при максимальном же разбросе показателей. Около 60 % водоемов характеризуются численностью зоопланктона от 500 до 3000 экз/л, в большинстве из них численность определяется коловратками, в частности *Brachionus plicatilis*, *Brachionus urceus* и *Hexartra* sp., что характерно только для середины лета. В некоторых крупных ваннах высокие показатели обилия зоопланктона обусловлены массовым развитием эвритеморы, особенно ее ювенильными стадиями. Доля ее в общей численности составляла до 90 %. Из восемнадцати ванн двух островов, являющимися объектами мониторинговых наблюдений, представители рода *Eurytemora* постоянно в больших количествах присутствовали в трех ваннах с относительно стабильной соленостью. Здесь они были доминирующей формой,

определяющей численность и биомассу сообщества. Так же эвритеморы присутствуют еще в трех ваннах, но в связи с более выраженными колебаниями солености, их наличие в течение сезона непостоянно. При распреснении происходит смена сообщества на пресноводное, при увеличении солености р. *Eurytemora* замещается на *Harpacticus uniremus*.

Аналогичная картина отмечена и на других островах, где съемки носили нерегулярный характер. Ракообразные рода *Eurytemora* присутствуют в части ванн в течение всего сезона, причем численность колеблется от единиц до 500 экз/л. Но при солености выше 16 ‰ (практически в границах миксомезогалинной группы) они уже не встречаются, на наш взгляд, это связано с необходимостью сравнительно постоянных условий для развития этого вида. При этом в ваннах, где физико-химические характеристики изменяются в течение лета не столь существенно, нами показано наличие вертикальной соленостной стратификации. И ракообразные рода *Eurytemora* живут только в поверхностном 20-сантиметровом слое воды, практически не попадаясь в более глубоких и осолоненных горизонтах.

Видовая принадлежность эвритеморы вызывала некоторые сомнения. В литературе для Белого моря встречались упоминания *Eurytemora affinis* или *E. hirundoides*, которые в последнее время сведены в синонимы. Соответственно, в наших публикациях мы так же указывали в видовых списках наскальных ванн *E. affinis*. Ввиду специфичности наскальных ванн и некоторых морфологических особенностей организмов, которые не позволяли с уверенностью отнести обнаруженных рачков к *E. affinis*, в 2014 г. на о. Медянка был отобран материал для генетического анализа.

Анализ последовательности гена 18SrRNA *Eurytemora* из Белого моря показал, что исследуемый организм не является *E. affinis*. Сравнение полученных последовательностей ДНК с имеющимися сиквенсами из международной базы данных GenBank позволило предположить, что это *E. americana*. Тщательный морфологический анализ подтвердил наше предположение.

Таким образом, для наскальных ванн Керетского архипелага Белого моря характерно присутствие в массовых количествах вида *E. americana* Williams, 1906 (Copepoda). Поскольку изначально это американо-тихоокеанский вид, можно предположить, что в Белом море он является вселенцем. И пока остается открытым вопрос о видовой принадлежности ракообразных рода *Eurytemora* непосредственно Белого моря.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-04-00932а).

БАКТЕРИИ-ЭПИФИТЫ ВОДОРΟΣЛЕЙ *FUCUS VESICULOSUS* В ГУБЕ ДАЛЬНЕЗЕЛЕНЕЦКАЯ БАРЕНЦЕВА МОРЕЯ

Д.В.Пуговкин¹, А.Ляймер²

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

²Университет Тромсе – Арктический университет Норвегии, г. Тромсе, Норвегия

Считается, что водоросли могут создавать вокруг себя благоприятную среду, формируя и контролируя видовой состав организмов.

Морские водоросли-макрофиты продуцируют большое количество биологически активных веществ: моно- и полисахаридов, пигментов, липидов, микроэлементов. Бактерии в свою очередь преобразуют сложные вещества в более простые (минерализация органического вещества), которые могут легко усваиваться водорослями. Таким образом, между водорослями и эпифитными бактериями создаются тесные взаимовыгодные отношения.

Таксономическая структура, численность и распределение различных групп эпифитных бактерий по таллосу макрофитов зависит от видовой принадлежности водоросли, участка таллома, сезона года, концентрации органических веществ в среде.

Показано, что численность культивируемых сапротрофных бактерий на апикальной части фукуса была значительно ниже, чем в центральной части. Считается, что макрофиты в период роста выделяют на этих участках бактериостатические или бактерицидные вещества, либо не могут обеспечить благоприятные условия для прикрепления и развития эпифитных организмов.

Наибольшая численность сапротрофных бактерий обнаружена нами на нижней части таллома фукуса. Это можно объяснить тем, что фукус имеет апикальный характер роста, поэтому нижняя его часть является наиболее старой. Здесь идут интенсивные процессы отмирания и распада тканей, обеспечивая благоприятную среду для развития бактерий.

В ходе работ с использованием методов молекулярно-генетического анализа получены результаты по таксономическому составу эпифитных бактерий водорослей *Fucus vesiculosus* Баренцева моря.

Основными доминирующими группами бактерий, обитающих на поверхности водорослей, в акватории не подверженной антропогенному воздействию были Bacteroidetes и Proteobacteria. Доля бактерий Bacteroidetes составляла около половины всего бактериоценоза, обитающего на водорослях. Организмы данной группы являются одним из доминирующих компонентов морских бактериоценозов и имеют широкий спектр адаптаций к условиям обитания. Эти бактерии хорошо известны как обитатели поверхности растений, микро- и макроводорослей, кроме того, часто ассоциируются со взвесью. Максимальное количество бактерий данной группы приходилось на представителей классов Flavobacteria, Sphingobacteria. В водах губы Дальнезеленецкая на поверхности водорослей из данной группы доминировали бактерии класса Flavobacteria. Основными представителями данной группы бактерий родов *Ulvibacter*, *Maribacter*, *Leeuwenhoekiella*.

Отмечено высокая численность протеобактерий. Однако, необходимо отметить, что их принято делить на пять групп (секций), обозначаемых буквами греческого алфавита: α , β , γ , δ и ϵ , которые значительно отличаются друг от друга по физиологическим и экологическим параметрам. Наибольшее количество протеобактерий было представлено классами Gammaproteobacteria и Alphaproteobacteria. Дельтапротеобактерий было значительно меньше, бетапротеобактерий не отмечено.

Нами также были отмечены бактерии групп Verrucomicrobia, Planctomycetes, Actinobacteria. Однако их доля составляла около 10 % от всего бактериоценоза.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-04-32225 мол_а) и проекта СЕТИА.

ПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ПАРАМЕТРЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА В ПОПУЛЯЦИИ САЙКИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Е.В.Расхожева

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Скорость образования продукции и динамика численности популяций рыб тесно связаны с жизненным циклом. Продолжительность жизни, возраст и размер наступления половой зрелости, максимальные размеры особи определяют скорость воспроизводства популяции, влияют на характер распределения энергии пищи на поддерживающий обмен, соматический и генеративный рост (McNeill, Lawton, 1970; Заика, 1972; Романовский, 1989). Параметры жизненного цикла характеризуют адаптивные возможности вида и могут существенно колебаться в пределах одной популяции в ответ на изменение факторов окружающей среды и давление промысла.

Цель настоящей работы – исследовать характер взаимосвязи интенсивности продукционных процессов с параметрами жизненного цикла в популяции сайки Баренцева моря.

В расчетах были использованы литературные данные по росту и популяционной структуре сайки в 1942–1943, 1949 гг. (Клумов, 1949; Москаленко, 1964), 1967–1981 гг. (Шлейник, 1973; Боркин и др., 1987), 1986–2009 гг. (Анон ..., 2004, 2010) и собственные материалы 2013 г.

Интенсивность продукционных процессов оценивалась по Р/В-коэффициентам, которые были вычислены для каждой возрастной группы как отношение продукции к средней биомассе когорты в 1967–1981 и 1986–2008 гг. Годовой Р/В-коэффициент вычислен как средневзвешенное арифметическое. Продукция рассчитана когортным методом как суммарный прирост массы тела и зрелых половых продуктов всех особей популяции за 1 год (Методы ..., 1968; Винберг, 1979).

Чтобы охарактеризовать изменчивость жизненного цикла сайки анализировались показатели: продолжительность жизни (t_{\max} , лет), предельная (асимптотическая) длина (L_{∞} , см), константа скорости линейного роста (k , год⁻¹), мгновенный коэффициент общей смертности (Z , год⁻¹). В расчетах использованы модель линейного роста Берталанффи (von Bertalanffy, 1938), параметры которого определены методом Мельниковой (2009), и модель стабильной популяции с постоянной скоростью изменения численности (Баранов, 1918). Гипотетическую продолжительность жизни оценивали по биологическим параметрам из модели роста по формуле, предложенной для рыб небольших размеров с $L_{\infty} \leq 50$ см (Pauly, 1980).

Установлено, что наибольшей предельной длины сайка достигала в 1967–1971 гг. ($L_{\infty} = 38.4$ см), а минимальная асимптотическая длина характерна для 1942–1943 и 2013 гг. ($L_{\infty} = 22.9$ и 20.5 см соответственно). Предельные размеры рыб последовательно снижались в 1976–1988 гг. и возрастали в 2003–2009 гг. Чем больше предельная длина рыб, тем меньше константа скорости линейного роста.

Константа скорости линейного роста связана прямой положительной связью с величиной мгновенного коэффициента общей смертности и закономерно возрастает при сокращении продолжительности жизни рыб (Pauly, 1980). В 1967–1980 годах сайка росла медленнее, но доживала до возраста 17 лет, тогда как в последующий период с более быстрым темпом роста продолжительность жизни рыб сократилась до 7–11 лет. Смертность сайки постепенно возрастала с начала 1970-х до середины 1980-х гг. ($Z = 0.42$ – 1.67 год⁻¹), уменьшалась в 2000–2009 гг. и увеличивалась в 2013 г. ($Z = 1.26$ и 2.14 год⁻¹ соответственно). Высокий темп линейного роста и высокая смертность отмечались для популяции сайки в 1940-х гг. ($Z = 2.01$ год⁻¹).

Связь константы скорости линейного роста (x) и мгновенного коэффициента общей смертности (y) можно выразить уравнением прямой $y = 4.86x - 0.06$ ($R^2 = 0.85$). Наличие дисперсии означает, что на рост и смертность оказывают влияние и другие факторы, например, температура, обеспеченность пищей, выедание хищниками. Обратная зависимость продолжительности жизни (y) сайки от мгновенного коэффициента общей смертности (x) описывается уравнением вида $y = -7.22x + 21.12$ ($R^2 = 0.95$).

Установлено, что существует четкий тренд ($r = 0.67$) увеличения скорости продукционных процессов в баренцевоморской популяции сайки в 1967–2008 гг. (Расхожева, 2014; Raskhozheva, 2014). Годовые Р/В-коэффициенты изменялись в пределах 0.6–1.1 и были выше в периоды с низкой продолжительностью жизни и высокой скоростью линейного роста.

Связь Р/В-коэффициентов с показателем продолжительности жизни и константой скорости линейного роста не прямолинейная и графически может быть показана в виде куполообразной кривой. При увеличении продолжительности жизни и скорости линейного роста интенсивность продукционных процессов возрастает до некоторых пределов, а затем снижается. Это можно объяснить тем, что при улучшении условий жизни увеличивается ее продолжительность и реализуется потенциал роста, но со временем все больше энергии

тратится на поддержание достигнутой массы тела, накапливаются возрастные изменения белкового обмена в организме (Шатуновский, 1980), поэтому интенсивность продукционных процессов снижается.

Рост заключается в увеличении массы тела, а не длины (Винберг, 1975). Поэтому, несмотря на высокую константу скорости линейного роста P/V -коэффициент закономерно уменьшался при уменьшении удельной скорости роста массы (C_w , %). Расчеты показали, что в 1967–1971 гг. удельная скорость роста массы тела была выше, чем в последующие периоды, а линейный рост более медленным. В 1986–1988 и 2013 годах отмечалась низкая удельная скорость роста массы тела, но высокая скорость линейного роста вместе с ранним возрастом полового созревания (в 1–2 года вместо 2–3-х лет). Таким образом, сайка в периоды раннего полового созревания характеризовалась большей скоростью линейного роста и меньшей удельной скоростью роста массы, что связано с замедлением соматического роста уже в начале жизненного цикла в результате перераспределения энергии на развитие гонад у 1+–2+-летних рыб.

Раннее созревание обеспечивает преимущества в борьбе за выживание благодаря быстрому воспроизводству и наращиванию численности, но пропорционально времени созревания происходит раннее старение и сокращение периода жизни (Малкин, 1991).

Установлено, что при сокращении жизненного цикла увеличивался вклад младших возрастных групп 1+...2+ лет в продукцию популяции. Продукция неполовозрелых и созревающих рыб в 1969–1981 и 1986–2008 гг. составляла в среднем 34 и 74 % соответственно. Доля генеративной продукции снизилась в среднем с 40 до 17 % за счет низкого репродуктивного вклада молодых производителей. Закономерно изменялось соотношение между соматическим и генеративным ростом: величина P_{gen}/P_{som} уменьшалась при омоложении возрастной структуры популяции – в среднем 0.89 и 0.18 в 1969–1981 и 1986–2008 гг. соответственно.

У долгоживущей сайки с большей массой тела относительная доля генеративного обмена больше, но выше траты энергии на поддержание метаболизма, меньше эффективность продуцирования. Энергосодержание генеративного роста сайки в возрасте от 2 до 6 лет возрастает с 7.4 до 18.1 ккал/год (Карамушко, Христиансен, 2010). При сокращении периода жизни и увеличении количества молодых быстрорастущих рыб с низкой массой тела относительная доля генеративного обмена уменьшалась, так как основная энергия направлена на соматический рост, траты на дыхание снижались, интенсивность продукционных процессов увеличивалась (Mcneill, Lawton, 1970; Карамушко, 2007).

Таким образом, изменения в жизненном цикле популяции сайки Баренцева моря направлены на создание высокой биомассы за счет увеличения интенсивности продукционных процессов и скорости смены поколений.

ТЕРРИГЕННЫЕ И ВОДНЫЕ ПАЛИНОМОРФЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ И ДОННЫХ ОСАДКАХ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ КАК ИНСТРУМЕНТ ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЙ

О.В.Руденко, В.В.Енина

¹Орловский государственный университет, г. Орел, Россия

Споры и пыльца наземных растений, а также морской и пресноводный микрофитопланктон относятся к категории микрофоссилий, успешно используемой при изучении процессов взаимодействия между сушей и морем и реконструкциях природных и ледово-гидрологических обстановок в арктических морях. При этом чаще всего используются палинологические данные, полученные при исследованиях озерных и болотных осадков, в то время как маринопалинологические исследования редки и фрагментарны. В данном сообщении представлены первые данные о составе спорово-пыльцевых комплексов и ассо-

циаций водных палиноморф в поверхностных осадках внешнего шельфа и континентального склона моря Лаптевых. Материал для исследований, ненарушенный слой поверхностных осадков, поднятый короткими трубками (мультикорерами), получен в 2012–2013 гг. в экспедициях НИЛ “Полярштерн” и НИС “Виктор Буйницкий”.

Пробы (3–5 г сухого осадка) подготовлены к просмотру под микроскопом по стандартной сепарационной методике В.П.Гричука и модифицированной методике с использованием плавиковой кислоты (Berglund, Ralska-Jasiveczowa, 1986). Для расчета концентрации микрофоссилий в 1 г сухого осадка по методике J.Stockmarr (1971) использовались таблетки-маркеры с окрашенными спорами *Lycopodium* (Batch № 177745 – 18584±371 спор в 1 таблетке). В каждом репрезентативном образце определены не менее 100–150 зерен пыльцы голоценового возраста, споры подсчитаны дополнительно. Водные палиноморфы (НПП), объединяющие колонии пресноводных зеленых водорослей, а также свидетельствующие о морских условиях осадконакопления цисты динофлагеллат, органические остатки фораминифер и акритархи подсчитаны отдельно. Кроме того, в поверхностных осадках к группе переотложенных докайнозойских отнесены 42 таксона. Их процентное соотношение (14.5–22.6) рассчитано от общей суммы палиноморф.

Концентрация микрофоссилий в поверхностных осадках открытого шельфа очень низкая и варьирует в пределах $18.1–134.7 \cdot 10^3$ зерен/г сухого осадка. При увеличении глубины резко уменьшается и не превышает $2–4.9 \cdot 10^3$ зерен/г сухого осадка в осадках континентального склона, где в спорово-пыльцевых комплексах господствует переотложенная пыльца мезозойских хвойных растений и дочетвертичных спор, что является результатом активной донной абразии и деятельности мутьевых потоков. В осадках восточной части открытого шельфа доминирует пыльца карликовых берез, осок и злаков, в то время как спорово-пыльцевые спектры западного шельфа обогащены пыльцой кедрового стланика и сосны сибирской. Легко плавучие споры папоротников и сфагновых мхов доминируют в группе спор.

В ассоциации водных палиноморф доминирует пресноводный колониальный вид *Pediastrum kawraiskii*, свидетельствуя о значительном влиянии на экосистемы открытого шельфа и континентального склона речного стока, особенно в восточной части моря Лаптевых. В группе морского микрофитопланктона наиболее часто регистрировались цисты криофильного *Islandinium minutum* и акритархи рода *Halodinium*. Единичные находки индикаторных таксонов *Spiniferites elongatus*, *Nematosphaeropsis labyrinthus*, *Penthapharsodinium dalei* и, в меньшей степени, *Operculodinium centrocarpum*, свидетельствуют об определенном влиянии на экосистему моря Лаптевых трансформированных атлантических вод, движущихся вдоль континентального склона.

Работы выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 08-05-0084а, 11-05-01091а) и стипендиальной программы лаборатории полярных и морских исследований им. Отто Шмидта (АНИИ, “Climate change in the Arctic”).

АКТИВНЫЕ ФОРМЫ КИСЛОРОДА – КАК НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП ПРОЦЕССА АДАПТАЦИИ *FUCUS VESICULOSUS* К ПЕРИОДУ ОСУШЕНИЯ

И.В.Рыжик

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Для растений, произрастающих в литоральной зоне, осушение во время отлива является одним из важнейших факторов среды. Однако сложность изучения данного фактора заключается в его комплексности: происходит не только изменение водного режима, т. е. доступности углекислоты, кислорода, минеральных и органических веществ, но и измене-

ние температуры, а также уровня и условий освещения (изменение соотношения интенсивности ФАР и ультрафиолетовой радиации). Летом в период отлива происходит значительное увеличение интенсивности освещения (до 5 раз по сравнению с приливом) и повышение температуры, зимой наоборот – понижение температуры, вплоть до обмерзания растений. Литоральные водоросли испытывают подобные воздействия 2 раза в сутки.

У литоральных водорослей формируется ряд адаптаций, которые позволяют им выдерживать длительный период осушения. Например, накопление веществ, удерживающих влагу, выделение на поверхности таллома слизистых веществ, препятствующих значительной потере влаги (Quadir et al., 1979).

Одним из первых показателей наличия стрессовых условий является накопление в клетке активных форм кислорода (АФК). Если ранее накопление АФК рассматривалось только как отрицательное явление, вызывающее разрушение клеточных структур, то в настоящее время этот процесс анализируют и с “положительной” точки зрения, как механизм запуска в растениях конкретных защитных реакций (Колупаев, 2013). К этим реакциям относятся активизация антиоксидантной системы, синтез стрессовых белков, низкомолекулярных веществ (сахаров, аминокислоты пролин и др.).

Присутствие в клетке АФК оценивается по уровню перекисного окисления липидов (ПОЛ), которое является неспецифической реакцией организма на стрессовое воздействие. В нормальных условиях в клетке постоянно присутствует определенный уровень перекисного окисления липидов, индуцированный образованием активных форм кислорода, и поддерживается на постоянном уровне благодаря системам антиоксидантной защиты. Накопление продуктов окисления запускает дополнительные механизмы защиты, также сами продукты ПОЛ могут являться как индукторами, так и первичными медиаторами стресса как особого состояния клетки, который может привести к повышению ее резистентности (Барабой, 1991).

Нами было проведено исследование изменения уровня ПОЛ при осушении растений в естественных (температура воздуха 20–25 °С) и лабораторных условиях (14–18 °С). Длительность периода исследования составляла около 8 ч. Каждый час для экспериментов отбирали апикальную часть таллома *F. vesiculosus* с поверхности кустов (испытывающие на себе максимальное осушение). У растений определяли ПОЛ, относительную влажность таллома.

Активность физиологических процессов определяется содержанием воды в организме. Для литоральных водорослей характерна значительная потеря воды в период отлива (до 70 %). При таком уровне осушения у водорослей отмечается изменение метаболизма – угнетение процессов фотосинтеза и переход на дыхание.

В период отлива у *F. vesiculosus* происходит увеличение ПОЛ в первые 2 ч воздействия осушения (потеря воды составила 20 %), при более высоких внешних температурах воздействие большее (разница составляет 2–2.5 раза). На третий час отлива интенсивность ПОЛ снижается до начального уровня, дальнейшее осушение не вызывает изменение уровня ПОЛ.

Наибольший вклад в накопление продуктов ПОЛ в клетках вносит увеличение интенсивности ФАР. Резкое усиление освещения может вызвать формирование фотоокислительного стресса, который характеризуется повышением концентрации АФК и, как следствие, активизацию процессов ПОЛ. Следующим этапом, скорее всего, будет повышение концентрации ферментов, например, каталазы, стимулирование накопления низкомолекулярных веществ, таких как пролин.

Таким образом, одним из триггерных механизмов, отвечающих за реализацию адаптации водорослей к кратковременной потере влаги, является увеличение концентрации активных форм кислорода, которые в свою очередь вызывают активизацию системы АОС, ферментов дыхания и т. д.

ЗИМОВКА И МИГРАЦИЯ ОБЫКНОВЕННОГО ГОГОЛЯ НА АЗОВСКОМ МОРЕ

Р.М.Савицкий

Азовский филиал Мурманского морского биологического
института КНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия
Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Обыкновенный гоголь *Viscephala clangula* на юге России является обычным пролетным и зимующим видом (Степанян, 1990; Савицкий, Матишов, 2011). Зимовки данного вида охватывают акватории Черного и Азовского морей.

Материал собран во время морских и береговых экспедиционных работ Мурманского морского биологического института КНЦ РАН и Института аридных зон ЮНЦ РАН с 2000 по 2014 гг. Для комплексной оценки видового состава и численности птиц в Азовском море в зимний период проведены морские экспедиции на НИС “Профессор Панов” (при отсутствии ледовой обстановки) и ледоколе “Капитан Демидов” (во время замерзания Азовского моря) (Матишов и др., 2006, 2011), а также декадные наблюдения на побережье Таганрогского залива с 2003 по 2014 гг. Судовой учет птиц проведен трансектным методом. Во время береговых исследований использованы методы маршрутного и точечного учета.

Исследованиями охвачены акватории и побережье Таганрогского залива, Азовского и Черного морей, а также прибрежные территории и лиманы Таманского полуострова. В пролетный период здесь концентрируются значительные количества водоплавающих и околоводных видов птиц, которые становятся уязвимыми при антропогенных нарушениях (Матишов, Савицкий, 2012; Матишов и др., 2013).

В зимний период, во время полного замерзания Азовского моря, водоплавающие птицы держатся на разводьях, образуемых проходящими судами, но основная часть птиц концентрируется на акваториях свободных от льда. Здесь отмечены немногочисленные группы птиц, перемещающиеся между полыньями.

В условиях теплой зимы водоплавающие птицы остаются на зимовку на открытой акватории Таганрогского залива и Азовского моря (Савицкий, 2004), образуя многотысячные моновидовые (луток *Mergus albellus*) и поливидовые (большой крохаль *Mergus merganser*, луток, морская *Aytya marila*, красноголовая *A. ferina* и хохлатая *A. fuligula* чернети, обыкновенный гоголь) скопления (Лебедева, Савицкий, 2005).

Таким образом, обыкновенный гоголь – обычный зимующий вид на акватории Азовского моря. На осенней миграции он начинает регистрироваться с октября, основное количество птиц появляется к середине декабря. Весенняя миграция растянута, так как связана с наличием ледового покрова на акватории. В разные годы начало весенней миграции приходилось на первые числа февраля, в холодные годы – на середину–конец марта.

ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

В.Н.Светочев^{1,2}, О.Н.Светочева¹

¹Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

²Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Разработка и внедрение современных телеметрических комплексов позволили получать объективные данные о состоянии водной среды из различных районов Мирового океана.

Применение в океанографической практике свободно дрейфующих и заякоренных буйев, обитаемых и необитаемых подводных аппаратов позволило улучшить системы диагноза и прогноза морской среды (Смирнов и др., 2005).

Считается, что в настоящее время, наши знания о среде и экосистемах Баренцева и Белого морей достаточно полны, однако есть значительный пробел в знаниях океанологических характеристик и процессов в экосистемах. Недостаточная изученность этих вопросов объясняется спецификой морских экспедиций. Прежде всего, сложно учесть временную и пространственную протяженность процессов (Дженюк, 2012).

В России продолжается разработка различного оборудования (платформ) для получения океанографической информации в реальном времени (Свиридов и др., 2010; Смирнов и др., 2014).

Морские млекопитающие могут широко использоваться в качестве объектов, несущих на себе датчики спутниковой телеметрической аппаратуры различного уровня сложности. Морские млекопитающие (киты и тюлени) прекрасно приспособлены к жизни в морской среде, многие виды тесно связаны со льдами в приполярных областях, наиболее сложных для исследований. Кроме того, морские млекопитающие, использующие для дыхания воздух, должны часто всплывать на поверхность, что обеспечивает регулярную передачу телеметрических данных на спутник (Fedak, 2004, 2013).

Наиболее перспективным направлением для получения, накопления и передачи комплексной обработки контактных данных с применением биотехнической системы (использование морских млекопитающих, оснащенных датчиками спутниковой телеметрии для измерения состояния морской среды) является использование специализированных датчиков спутниковой телеметрии различных разрядов, работающих в системе ARGOS. Преимущества таких датчиков заключаются в следующем:

- 1) специализация датчика спутниковой телеметрии (ДСТ) на работу в морской среде;
- 2) возможность оснащения датчиков дополнительным набором сенсоров в зависимости от направления исследования;
- 3) длительная работа датчиков в разных режимах, необходимых заказчику;
- 4) доступность баз данных системы ARGOS и легкость работы с данными;
- 5) возможность использования отечественных датчиков спутниковой телеметрии в системе ARGOS.

В настоящее время есть четкое понимание того, что морские млекопитающие могут быть с успехом использованы в качестве оптимальных носителей для сбора океанографических данных. Животные могут предоставить информацию об океанографических условиях из труднодоступных мест практически в любой сезон, причем информация такого рода будет поступать в режиме реального времени и при незначительных затратах.

В качестве носителей ДСТ перспективными видами морских млекопитающих являются широко распространенные фоновые виды морских млекопитающих, совершающие протяженные сезонные миграции. Наибольший интерес в качестве носителей ДСТ представляют пагофильные виды, обитающие в морских районах, покрытых льдами. Представляется важным, что для ряда видов – нерпа, морской заяц, гренландский тюлень, белуха – имеются успешно отработанные на практике методы отлова и установки ДСТ разных разрядов отечественного производства (“Пульсар”). Имеющиеся наработки являются хорошей базой для мониторинга морской среды и получения данных из малодоступных районов Арктики.

Работа выполнена при поддержке проекта “Разработка методов и создание экспериментального образца биотехнической системы мониторинга шельфовых зон морей Западной Арктики и Юга России, в том числе в районе Крымского полуострова на основе спутниковых и контактных данных” (Соглашение 2014-14-579-0115-020, RFMEFI60714X0059).

ПОПУЛЯЦИЯ УСОНОГИХ РАКОВ *SEMIBALANUS BALANOIDES*: УСЛОВИЯ ВЫЖИВАНИЯ НА ЭСТУАРНОЙ ЛИТОРАЛИ КУТА КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА

В.С.Святина¹, А.В.Гудимов²

¹Комитет рыбохозяйственного комплекса Мурманской области, г. Мурманск, Россия

²Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Усоногие раки *Semibalanus balanoides* (L., 1766) являются одними из наиболее типичных представителей донных сообществ каменисто-валунной литорали побережий северных морей. Заселяя разные горизонты литорали, балянусы подвергаются различному комплексному экстремальному воздействию экологических факторов.

Нами исследовалась популяция усоногих раков *S. balanoides*, обитающая на литорали кута Кольского залива. Исследования проводились с 2003 по 2011 гг. по семи условным разрезам, которые представляют собой литоральные ванны и вытекающие из них литоральные ручьи (сток литоральных вод из литоральных ванн).

На исследуемом участке литорали усоногие раки *S. balanoides* обнаружены нами впервые в 2003 г. По литературным данным, в указанном районе балянусы этого вида не встречались и появились, очевидно, после зарегулирования р. Тулома плотиной.

Отличительной особенностью распределения рачков на данном участке является их узкая локализация: балянусы обитают в среднем и нижнем горизонтах литорали только в руслах литоральных ручьев и примыкающих к ним литоральных ваннах, не обсыхающих в сизигийные отливы. Это отличает данную эстуарную литораль от типично морской, где верхний горизонт обычно населен балянусами. Градуальность возрастания плотности поселений балянусов отмечена на всем протяжении исследуемого участка от устья р. Тулома в сторону Кольского залива.

Рассматривая факторы, влияющие на распределение и выживаемость балянусов на эстуарной литорали (соленость воды, осушение, температура, действие льда), было установлено, что совокупное действие всех факторов наиболее выражено в верхнем горизонте литорали, где балянусы не были обнаружены. В среднем и нижнем горизонте литорали (точнее, в литоральных ручьях этих горизонтов) влияние этих факторов было минимальным, так как в отлив балянусы находились на воздухе в условиях сильного увлажнения (от ручья) или были под водой, что позволяло им дышать и питаться в период отлива. При этом в пределах одного (нижнего или среднего) горизонта литорали влияние лимитирующих факторов было на всех разрезах практически одинаковым, за исключением солености воды. Только градиент увеличения солености воды по направлению от устья р. Тулома к морю сохранялся в любое время года и был хорошо выражен.

Вместе с тем, исследования показали, что в последние годы, несмотря на значительное повышение солености воды на всех разрезах, произошло значительное снижение численности рачков *S. balanoides*.

Вероятно, основной причиной современного убывания численности балянусов на исследуемом участке литорали остается все же соленость воды, точнее ее колебания, а не влияние какого-то другого фактора. Вслед за изменениями климата к 2009–2010 гг. происходило увеличение объема паводкового стока р. Тулома. Это означает, что объем (степень и продолжительность) весеннего опреснения существенно вырос за несколько лет – соленость воды весной снижалась в большей степени, чем обычно. Поэтому и увеличивалось время нахождения балянусов в солености ниже критической. Одновременно увеличивалась и амплитуда колебаний солености в эстуарии, превышая среднегодовые экстремумы. Очевидно, в условиях роста солнечной активности, второй фактор, – возрастание степени осушения с аномальным весенне-летним нагревом литорали (и домиков балянусов), также сыграл негативную роль в выживании рачков. В отдельные дни температура воздуха летом поднималась до летальных для балянусов отметок, возрастала также и температура

воды. Видимо, при таком относительно небольшом по значению, но дополнительном воздействии 1–2 экологических факторов в области экстремальных величин, рачки в условиях критической солености краевого разреза выжить уже могли, а на других разрезах их численность значительно снизилась. Следовательно, в пограничных условиях, при экстремальных значениях лимитирующих факторов выживаемость организмов может зависеть даже от небольших изменений факторов среды.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОС. БАРЕНЦБУРГ (АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН) НА РАДИАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СНЕЖНО-ЛЕДОВОГО ПОКРОВА

П.Н.Священников^{1,2}, Б.В.Иванов^{2,1}, А.У.Уразгельдеева^{1,2},
Ю.Н.Курочкин¹, К.В.Чистяков¹, Д.Дивин³, С.Хадсон³

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

²Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия

³Норвежский полярный институт, г. Тромсе, Норвегия

Величина альbedo снежно-ледовой поверхности обусловлена текстурой и структурой поверхностного слоя снега или льда (морской лед, ледник), особенностями вертикального перераспределения загрязнений в этом слое (минеральные или органические частицы различной концентрации, размера и формы), температурным режимом приземного слоя воздуха. Выявление связей величины альbedo с характеристиками естественного и искусственного загрязнения является весьма актуальным. Например, результаты математического моделирования эволюции ледниковых покровов, морского льда и снежной толщи демонстрируют высокую чувствительность моделей к этому параметру. Оригинальные результаты, в рамках указанной проблемы, получены специалистами АНИИ, СПбГУ и НПИ в 2008–2013 гг. на архипелаге Шпицберген в окрестностях российского шахтерского пос. Баренцбург.

Снежный покров оказывает существенное влияние на формирование радиационного баланса подстилающей поверхности в Арктике. Исследования, проведенные российскими и норвежскими учеными в пос. Баренцбург и его окрестностях, позволили получить сведения о влиянии облачности и условий загрязнения снежного покрова на характеристики спектров отраженной и проникающей в глубь снежного покрова коротковолновой радиации. Наблюдения проводились с помощью спектрального радиометра TriOS Ramses в диапазоне длин волн 280–950 нм.

Представлены оригинальные результаты, демонстрирующие взаимосвязь альbedo–загрязнение и влияние антропогенных факторов. Выполнена оценка солнечной радиации, проникающей в глубь снежного покрова, и влияние загрязнений на ее перераспределение в снежной толще. Рассчитана условная шкала, демонстрирующая взаимосвязь альbedo–загрязнение поверхности на примере данных, полученных в Баренцбурге. Проведено сравнение альbedo для условий промышленного загрязнения снежной поверхности в Баренцбурге и норвежском пос. Нью-Олесунн.

Исследования выполнены в рамках двухстороннего сотрудничества с Норвежским полярным институтом (проект Международного Полярного года – ARCDIV) и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 12-05-00780_a).

ЭКОСИСТЕМЫ ЗАЛИВОВ И БУХТ ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ (РОССИЙСКИЙ СЕКТОР)

Ж.П.Селифонова

Государственный морской университет им. адмирала Ф.Ф.Ушакова, г. Новороссийск, Россия

В работе рассматривали экосистемы разного трофического типа, испытывающие разнообразные антропогенные стрессы. В их числе Азовское море, Керченский пролив,

акватории портов и бухт северо-восточного шельфа Черного моря – Новороссийска, Туапсе, Тамани, Анапы, Геленджика, Сочи, лимана Змеиное озеро (Большой Утриш). Анализ модельных потоков энергии в исследуемых акваториях показал, что экосистемы прибрежных вод северо-восточного шельфа Черного моря и Азовского моря находятся в состоянии различной степени трансформации и деградации, зависящих от уровня антропогенной нагрузки и берегового стока.

В экосистемах Геленджикской и Анапской бухт с высоким уровнем рекреации сохранилась нормальная пищевая цепь, включая зообентос и макрофиты. Экосистема открытого Таманского порта с интенсивным водообменом являлась основой нормальных портовых экосистем. В экосистемах полузакрытых портов Новороссийска, Туапсе, Сочи и лимана Змеиное озеро показано угнетенное состояние зообентоса рыхлых грунтов. Главным функциональным компонентом в исследованных экосистемах являлись микрогетеротрофы (бактерии и простейшие). Большая часть потока энергии в экосистемах проходила через бактериальное звено (77–88 % потока энергии) и инфузорий (< 11–22 %). Биологические сообщества сохраняли высокий потенциал самоочищения и вполне справлялись с деструкционной переработкой поступающего в них избыточного органического вещества.

В Азовском море в условиях высокого эвтрофирования вод, интенсивного сероводородного заражения донных осадков и пресса хищного гребневика *Mnemiopsis leidyi* образовалась достаточно стабильная, но инвалидная экосистема. Главным функциональным компонентом в экосистеме с угнетенным зоопланктоном и зообентосом являлись микрогетеротрофы. Деструкцию органического вещества на 70–80 % осуществляло бактериальное сообщество, инфузории – 5.3–14 %. В метаболизме экосистемы Темрюкского залива в отдельные периоды возрастала роль голо-, меропланктона, западного района Таганрогского залива – раковинных инфузорий. Наиболее глубоко трансформированной следует считать гиперэвтрофную экосистему центрального района Таганрогского залива с практически полностью разрушенной животной пищевой цепью (деградация зообентоса, зоопланктона, заморы рыб). Ключевыми компонентами такой экосистемы были миксотрофные синезеленые водоросли и гетеротрофные бактерии (69.5 и 30.35 % потока энергии соответственно).

В основе антропогенной трансформации изученных экосистем лежала деградация высших звеньев трофической цепи в пелагиали и бентали, которая происходила на фоне резкого возрастания плотности инфузорий и их роли в суммарном метаболизме экосистемы. Кризисные процессы в экосистемах разрастались под воздействием лабильных сульфидов в донных осадках и гребневика *M. leidyi*. Продукционно-деструкционные функции донных сообществ перераспределялись к планктонным, и экосистемы функционировали на уровне микрогетеротрофов (бактерии, простейшие).

Показаны конструктивные изменения в неритических сообществах северо-восточной части Черного моря. В многолетней динамике прибрежных экосистем выявлено снижение пресса хищного гребневика *M. leidyi*, гетеротрофной ноктилюки и восстановление обилия голо-, меропланктона, ихтиопланктона до уровня благополучных 1960–1970 гг. Отмечен осенний максимум биомассы голопланктона, отсутствующий в 1990-е гг., многократное возрастание плотности ранее редких олиготрофных форм *Soropoda* и *Cladocera*, а также обычных черноморских видов – *Pleopis polyphemoides*, акарций, сагитты, аппендикулярии и чужеродных – циклопоидных копепод *Oithona davisae*.

Впервые выполнен многолетний мониторинг меропланктона, охватывающий весь таксономический комплекс. В прибрежных водах северо-восточного шельфа Черного моря отмечены личинки нового вида полихет – *Polydora cornuta*. Выделены сезонные комплексы доминантных видов. Основу пула меропланктона составляли виды, толерантные к загрязнению донных осадков. Межгодовая динамика плотности меропланктона отличалась значительной вариабельностью. Отмечено влияние температуры, сгонно-нагонных явлений, эвтрофирования вод и хищников на плотность и распределение меропланктона. В Азов-

ском море большинство личинок донных животных в условиях антропогенного стресса и подавленности хищниками не могло завершить метаморфоз и внести свой вклад в пополнение материнских популяций.

В акваториях портов и Керченском проливе преобладал монодоминантный ихтиопланктонный комплекс, за пределами портов и в акваториях курортных городов – полидоминантный комплекс. Реакция ихтиопланктона на стресс в загрязненных акваториях проявлялась в высокой гибели и низком обилии икринок и личинок. Наиболее благополучной по состоянию ихтиопланктона являлась открытая часть Новороссийской бухты. В акваториях курортных городов и открытой части Новороссийской бухты отмечено увеличение численности икры и личинок редких и охраняемых видов рыб.

В районах рекреации северо-восточного шельфа Черного моря выявлены признаки увеличения уровня трофии вод по гетеротрофному бактериопланктону. Рост численности микрогетеротрофов (бактерий, зоофлагеллят, инфузорий) приходился на лето–осень. Периоды максимального развития зоофлагеллят совпадали с наибольшей численностью бактерий, но чаще предшествовали ей. Плотность инфузорий регулировалась обеспеченностью трофическими ресурсами – “контроль снизу” и прессом консументов – “контроль сверху”. Соотношение раковинных инфузорий к общему количеству инфузорий в акваториях крупных портов увеличилось в 5 раз (25–40 %).

Основными “группами риска” инвазий с водяным балластом в северо-восточную часть Черного моря являлись раковинные инфузории, веслоногие раки и многощетинковые черви, среди которых установлено шесть инвазивных видов – *Tintinnopsis directa*, *T. tocantinensis*, *Amphorellopsis acuta* (Ciliata: Tintinnida), *Oithona davisae* (Copepoda: Cyclopoida), *Polydora cornuta*, *Streblospio gynobranchiata* (Polychaeta: Spionidae), в Азовском море – *O. davisae*. Выявлено, что основной риск бионвазий представляют воды, поступающие из морей Средиземноморья.

Показаны деградирующие изменения в сообществе голо-, меропланктона Азовского моря под воздействием “возмущающих факторов” (пресс хищного гребневика *M. leidyi*, эвтрофирование). Выявлено наличие пика зоопланктона весной–летом. В наиболее продуктивный месяц года (июнь) в голопланктоне отмечено незначительное число структурообразующих видов. Наибольшего обилия июньский зоопланктон достигал в северо-восточном районе Азовского моря, Темрюкском заливе и западной части Таганрогского залива. Максимальную плотность голопланктона формировали организмы с короткими и простыми жизненными циклами – коловратки рода *Synchaeta* и хищная форма *Asplanchna priodonta*.

По отношению к солености в Азовском море выделено несколько фаунистических комплексов копепод. Морской эвригалинный вид *Acartia tonsa* отмечен практически повсеместно, исключая наиболее опресненные эстуарные участки рек. Пресноводные эвригалинные Cyclopoida и морские эвригалинные Harpacticoida формировали облик эстуарного населения заливов. Из морских видов, отмеченных в Керченском проливе, только *Centropages ponticus* образовывал скопления в центральной части моря и проникал в Азовское море до изогалины 7 ‰. Из эвригалинных видов *Calanipeda aquaedulcis* встречался повсеместно, *Eurytemora affinis* образовывал скопления в Таганрогском и Темрюкском заливах. Стеногалинный вид *Heterocope caspia* имел ограниченный ареал – Таганрогский залив.

Уточнены представления о взаимоотношениях между инфузориями, голо-, меропланктоном в ходе сукцессионных изменений их структуры в экосистеме Темрюкского залива. В мае соотношение биомассы инфузорий и зоопланктона находилось в пределах 1:8, в августе–сентябре за счет выедания зоопланктона гребневиком *M. leidyi* имело обратный порядок – 8:1.

ПРИМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРА $\delta^{18}\text{O}$ ДЛЯ РАСЧЕТА ПРЕСНОВОДНОГО БАЛАНСА ВОДНЫХ МАСС АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

И.А.Семерюк, А.А.Намятов

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия

Комплексное исследование формирования водных масс в Северном Ледовитом океане требует разработки и использования новых методов анализа.

В настоящее время наиболее распространенным методом для оценки движения водных масс и их происхождения является отслеживание определенных объемов воды, содержащих компоненты (трассеры), не встречающиеся в естественных условиях или встречающихся в определенных соотношениях.

В ходе работ, проводимых некоторыми исследователями, образцы воды рассматривались как смесь морской воды (f_{mar}), речного стока (f_r) и воды, полученной в результате таяния (образования) морского льда (f_i) (Ostlund, 1984).

Расчет фракций выполняется на основе следующей системы уравнений

$$\begin{aligned}f_{\text{mar}} + f_r + f_i &= 1, \\f_{\text{mar}} \cdot S_{\text{mar}} + f_r \cdot S_r + f_i \cdot S_i &= S_{\text{means}}, \\f_{\text{mar}} \cdot O_{\text{mar}} + f_r \cdot O_r + f_i \cdot O_i &= O_{\text{means}},\end{aligned}$$

где f_{mar} , f_r и f_i – фракции морской воды, речного стока и воды, полученной в результате таяния (образования) морского льда; S_{mar} , S_r , S_i , $\delta^{18}\text{O}_{\text{mar}}$, $\delta^{18}\text{O}_r$ и $\delta^{18}\text{O}_i$ – соответствующие значения солености и величины $\delta^{18}\text{O}$ в пробе морской воды, речном стоке и морском льду соответственно. Под величиной $\delta^{18}\text{O}$ понимается разница отношений содержания изотопов кислорода ^{18}O к ^{16}O в образце воды и стандарте. Анализ содержания параметра $\delta^{18}\text{O}$ во льду и воде из различных источников, благодаря консервативности его свойств, в сочетании с данными по температуре и солености позволяет провести анализ процессов формирования водных масс и их циркуляции в Мировом океане.

Уже в середине 1930-х гг. А.И.Бродским (1937) были проведены первые исследования распространенности изотопов водорода и кислорода в атмосферных осадках. Изучение изотопного состава снега, льда, фирна, инея, дождя, воды горных рек и озер показало, что содержание тяжелых изотопов в метеорных водах имеет более низкое значение, чем в морских, тогда как воды, подвергшиеся испарению, имеют тенденцию к повышению концентрации тяжелых изотопов (Бродский, 1937; Ветштейн, 1982).

Главной причиной разделения изотопов в гидрологическом цикле является фракционирование при фазовых переходах в процессе испарения и конденсации влаги, обусловленное тем, что при одинаковой температуре давление пара молекул H_2^{16}O оказывается выше, чем молекул более тяжелых изотопных разновидностей (H_2^{18}O и H_2^{17}O).

Именно этот многостадийный процесс, а также влияние климатических и физико-географических особенностей данной местности определяют изотопный состав атмосферных осадков, Мирового океана, бессточных водоемов и стока рек.

Экспериментально установлена зависимость между содержанием изотопов водорода и кислорода от географической широты, абсолютной отметки над уровнем моря и количеством выпадающих осадков (Dansgaard, 1961, 1964; Ветштейн, 1982). В глобальном масштабе это означает, что максимальные значения концентраций тяжелых изотопов ^2H и ^{18}O приурочены к экваториальной зоне, а по мере приближения к районам полюсов происходит обогащение морских вод и атмосферных осадков легкими изотопами кислорода и водорода, т. е. уменьшение содержания тяжелых изотопов ^2H и ^{18}O .

На формирование изотопного состава атмосферных осадков, образующихся в пределах материков, влияют удаленность от береговой линии в глубь континента. В начальный

момент образования осадков содержание изотопов будет наиболее точно отвечать источнику их питания. Было установлено, что по мере продвижения влаги в глубь Евразийского континента от источника формирования над Атлантическим океаном, происходит уменьшение средних концентраций дейтерия и кислорода ^{18}O в осадках, соответственно, на 2–3 и 0.3–0.4 ‰ на 100 км (Поляков, Колесникова, 1978; Ветштейн, 1982).

Распределение стабильных изотопов в природных водах изучается с целью использования их в качестве одного из индикаторов происхождения, перемещения и условий формирования водных масс.

Метод изотопного анализа был впервые применен А.И.Бродским в 1939 г. для исследования морских вод и льдов Северного Ледовитого океана. Была показана перспективность использования данных о распределении изотопа кислорода ^{18}O в различных слоях воды с целью выяснения их природы и направленности течений.

Первая попытка проанализировать изотопный состав морских и пресных вод, а также выявить зависимость между содержанием изотопа кислорода ^{18}O и соленостью на примере образцов воды, отобранных вдоль восточного побережья Северной Америки и в экваториальной зоне, была сделана Эпштейном в 1953 г. (Epstien, 1953). А в 1961 году величина отношения $d\delta^{18}\text{O}/dS$ была рассмотрена и использована Крейгом для анализа происхождения природных вод (Craig, 1961).

Значительный вклад в развитие изотопного метода анализа внесли работы В.С.Брезунова. В них была применена $\delta^{18}\text{O}$ -S диаграмма для качественного анализа смешения водных масс в устьевых зонах на примере Карского моря, а также построена прямая смешения морских и речных водных масс (Brezgunov, 1983, 1990).

Система уравнений и величина $\delta^{18}\text{O}$ в качестве параметра X были использованы многими авторами для расчета пресноводного баланса в проливе Фрама (Östlund, 1984), среднего времени циркуляции речных вод в Арктическом бассейне (11–14 лет) (Bauch, 1995), пресноводных компонентов Канадского бассейна, включая тихоокеанские воды (Yamamoto-Kawai, 2008), идентификации водных масс моря Лаптевых (Намятов, Семерюк, 2013).

По данным наблюдений летом (май–сентябрь) 1972–1989, 1990–1999, 2000–2008 гг. в районе пролива Фрама, включающего области Норвежского, Гренландского и Баренцева морей, на основе качественного и количественного подходов изотопного метода, основанного на исследовании соотношения содержания изотопов ^{16}O и ^{18}O , была выполнена идентификация источников распреснения водных масс. При рассмотрении водных масс пролива Фрама и шельфа Баренцева моря было выявлено, что уменьшение солености вод имеет различные причины. Изотопный метод идентификации источников распреснения позволил разделить распресненные воды с близкой соленостью по типу их образования. В первом случае, причиной распреснения является поступление вод в результате таяния гренландских ледников в фьордах Индепенденс (Independence fjord) и Денмарк (Denmark fjord), во втором – распреснение происходит в процессе таяния морского льда. Содержание фракции водных масс изменялось в диапазоне 92–100 ‰ для “чистых” атлантических вод, для вод, образовавшихся в результате таяния морского льда – 0–8 ‰, а для речных вод – 0–19 ‰.

В акватории Стур-фьорда пресноводный сток от таяния ледников на Шпицбергене фактически не оказывает влияния на величины распреснения поверхностного слоя морских вод. Основным источником распреснения являются воды, образованные от таяния морского льда. Содержание талых вод здесь может достигать 5 ‰.

Таким образом, изотопный метод идентификации водных масс дает возможность количественно охарактеризовать главные составляющие пресноводного баланса для ключевого района в формировании термохалинной структуры Северного Ледовитого океана.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О МЕГАБЕНТОСЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ И ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ

В.Л.Сёмин¹, О.Л.Зими́на²

¹Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

²Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Моря Лаптевых и Восточно-Сибирское – самые труднодоступные и ледовитые моря Восточной Арктики. Поэтому сведения о донной фауне этих районов довольно скудны. Существует несколько обобщающих работ по зообентосу отдельных участков Новосибирского мелководья и южной части моря Лаптевых (Горбунов, 1946; Экосистемы ..., 1990; Фауна ..., 2004), в которых отражены сведения о количественном и качественном распределении донных организмов. Однако информация о распределении и обилии крупных форм донных беспозвоночных (губок, мягких кораллов, морских звезд, морских лилий, актиний, крупных ракообразных и моллюсков и т. д.), играющих очень важную роль в донных сообществах арктических морей, крайне мала. Это связано с преимущественным использованием в перечисленных работах дночерпателей и драг, которые плохо улавливают крупных и подвижных животных. Исследование приловов беспозвоночных в донных ихтиологических тралах позволяет учитывать крупные формы бентосных организмов (“мегабентос”), имеющих низкую плотность поселения, а также получать информацию о распределении и встречаемости активных бентопелагических видов (многие амфиподы, креветки).

В июле–октябре 2014 г. ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” проведена подробная площадная траловая съемка южной части моря Лаптевых и Новосибирского мелководья до границы континентального склона. Всего выполнено 119 тралений.

Донные траления проводились учетно-промысловым разноглубинным тралом (чертеж № 2837–00–000, ячея в кутовой части мешка 135 мм, вставка с ячеей 12 мм) в каждой точке в течение 30 мин на скорости 3 узла. На глубинах менее 15 м использовался трал Сигсби (длина рамы 1 м, высота 30 см, вставка с ячеей 7 мм), который буксировали по дну 10 мин со скоростью 2 узла. Животных выбирали из трала, идентифицировали, определяли биомассу и численность, фотографировали. Сложные для полевой идентификации группы организмов фиксировались 96 %-м спиртом или 4 %-м формалином и были переданы для таксономической обработки специалистам. Всего обработано 116 проб мегабентоса: 92 из донных тралов и 24 из тралов Сигсби.

По предварительным данным в траловых сборах отмечено 257 таксонов зообентоса, относящихся к 14 типам, 24 классам, 56 отрядам, из них 176 идентифицировано до вида. По видовому разнообразию преобладали полихеты (70 видов), иглокожие (38 видов), ракообразные (23 вида) и моллюски (21 вид). В результате дальнейшей обработки материала видовые списки будут значительно расширены.

Наиболее широко в исследованном районе распространены офиуры *Gorgonocephalus* spp. (частота встречаемости 77 %), креветки *Sabinea septemcarinata* (77 %) и *Eualus gaimardi* (66 %), полихеты *Nereis zonata* и *Aglaophamus malmgreni* (55 %).

Биомасса организмов в уловах в среднем составляла 6500±600 г/траление, средняя численность – 600±100 экз/траление. Максимальная плотность поселений (местами более 10000 экз/траление) характерна для офиур и мелких голотурий *Myriotrochus rinkii* и *Ocnus glacialis*. Наибольшей биомассы достигают звезды *Urasterias linkii* (в отдельных районах до 15 кг/траление), офиуры *Gorgonocephalus* sp., голотурии *Psolus peronii* (до 30 кг/траление) и *Molpadia* spp., губки, изоподы *Saduria sibirica*. Высокие значения биомассы характерны и для полихет *Flabelligera affinis* (до 320 г/траление), *Eunoe* cf. *globifera* (до 220 г/траление).

На исследованной акватории выделено 4 типа сообществ мегабентоса, приуроченных к определенной глубине, грунту и характеристикам водных масс.

В прибрежье Новосибирских островов и в южной мелководной части моря Лаптевых на илисто-песчанистых и песчанистых грунтах на глубинах от 10 до 40 м в условиях относительного опреснения (до 25 %) и преимущественно положительных температур (до 3 °С) обитают сообщества с преобладанием двустворчатых моллюсков *Serripes groenlandicus*, *Portlandia* sp., *Nucula* sp., *Nuculana* sp., *Astartidae* g. sp.; изопод *Saduria sibirica*, *Saduria sabini*, *Synidotea bicuspidata*, *Synidotea nodulosa*; офиур *Stegophiura nodosa* и *Ophiura sarsi*; мелких голотурий *Ocnus glacialis* и *Myriotrochus rinkii*; мягких кораллов *Gersemia rubiformis*; морских звезд *Leptasterias groenlandica*; полихет *Scalibregma inflatum*, *Pista maculata*, *Harmothoe imbricata*, *Pectinaria hyperborea*. В этом районе встречено 123 вида организмов мегабентоса. Без учета полихет 12 % из них имеют тихоокеанское происхождение, 26 % – атлантическое. Среди полихет же преобладают шельфовые аркто-атлантико-тихоокеанские (39 %) и панарктические (26 %) формы.

В восточной части Новосибирского мелководья на глубинах 35–50 м на илисто-песчаном грунте с большим количеством железомарганцевых конкреций и плоских камней обитает специфический видовой комплекс с доминированием голотурий *Psolus peronii* и губок *Polymastiidae* g. sp. Биомасса доминирующих видов в этом локальном районе достигает 30 кг/траление, численность – 500–1000 экз/м². Отмечено 89 видов донных животных, 36 % из которых (без учета полихет) являются атлантическими, 15 % – тихоокеанскими. Среди полихет также преобладают шельфовые аркто-атлантико-тихоокеанские (41 %) и панарктические (23 %), однако выше доля эврибатных панарктических (9 %) видов.

Северная часть моря Лаптевых и Новосибирского мелководья от глубины 50 м и до границы континентального склона, где распространены илистые и илисто-песчаные грунты, имеет преимущественно отрицательную придонную температуру и соленость выше 33 ‰, она занята типично морским видовым комплексом с преобладанием иглокожих. В этой зоне наиболее высокой биомассы и численности достигают морские звезды *Urasterias linkii* и офиуры *Gorgonocephalus eucnemis* и *G. arctica*. Здесь повсеместно распространены и обильны морские лилии *Heliometra glacialis*, звезды *Hymenaster pellucidus*, *Icasteras panopla*, *Pontaster tenuispinus*, голотурии *Molpadia* spp., офиуры *Ophiocantha bidentata*, *Ophiopleura borealis*, *Ophioscolex glacialis*, морские пауки *Colossendeis proboscidea*, головоногие моллюски *Benthoctopus sibiricus*. Это зона наиболее массового развития крупных полихет *Flabelligera affinis* и *Eunoe* cf. *globifera*. Всего в этом комплексе отмечено 123 вида донных организмов. Доля атлантических форм – 30 %, количество тихоокеанских значительно меньше, чем в мелководных сообществах – 7 %. Среди полихет шельфовые аркто-атлантико-тихоокеанские и панарктические формы представлены примерно поровну (36 и 34 % соответственно).

В районе континентального склона на глубинах 100–300 м обитает специфический комплекс глубоководных видов. Здесь распространены жидкие коричневые илы, придонная температура преимущественно отрицательная или слабоположительная, соленость выше 34 ‰. Характерными видами являются глубоководные морские перья *Umbellula encrinus*, морские лилии *Poliometra prolyxa*, звезды *Poraniomorpha bidens* и *Bathybiaster vexillifer*, амфиподы *Eusirus holmi*, креветки *Bythocaris* sp., *Pandalus borealis*, *Sclerocrangon ferox*. Всего отмечено 63 вида, 47 % из которых (без учета полихет) имеют атлантическое происхождение, тихоокеанских форм всего 2 %. Среди полихет преобладают шельфовые и эврибатные аркто-атлантико-тихоокеанские виды (по 19 %), панарктические глубоководные (14 %) и эврибатные (14 %); значительный вклад вносят шельфовые приатлантические, аркто-тихоокеанские и панарктические (по 10 %). Такая биогеографическая структура фауны этого района обусловлена значительным влиянием атлантических вод, поступающих из Полярного бассейна по глубоководным желобам.

Благодаря незначительной антропогенной нагрузке (в частности, отсутствию тралового промысла) размерная и возрастная структура донных сообществ сильно отличается от таковой в Баренцевом море. Обращает на себя внимание обилие крупных организмов, достигающих здесь максимальных размеров и биомассы. Интересной особенностью является высокая степень обрастания малоподвижных организмов (таких как пантоподы) и даже некоторых активных хищников (полихеты *Eunoe* cf. *globifera*) эпибионтами (мшанками, гидроидами, мягкими кораллами и губками).

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *LYCODES* (ZOARCIDAE) В БАРЕНЦЕВОМ И КАРСКОМ МОРЯХ

Е.В.Смирнова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

По материалам экспедиций ММБИ в 2000–2012 гг. и литературным сведениям проанализированы данные о частоте находжений, пространственно-батиметрическом распределении и размерном составе шести видов рода *Lycodes* (*L. gracilis*, *L. polaris*, *L. pallidus*, *L. seminudus*, *L. reticulatus* и *L. rossii*) в Баренцевом и Карском морях. Это относительно стенобионтные виды, которые могут служить индикатором для определения возможных изменений в арктических экосистемах в период климатических колебаний. Но, ввиду того, что эта группа рыб относится к непромысловой части ихтиофауны, их распространение, особенности биологии и экология недостаточно изучены.

Подробный анализ данных об условиях в местах отлова изучаемых ликодов выявил предпочтения отдельных видов к определенным местообитаниям. Как известно, все изучаемые виды являются эврибатными и встречаются в широком диапазоне глубин в Баренцевом и Карском морях. Ввиду различий в океанографических характеристиках Баренцева и Карского морей распределение ликодов на этих акваториях имеет ряд особенностей. Например, полярный ликод *L. polaris*, который в Баренцевом море не встречается глубже 260 м, отмечен ПИНРО в Карском море на глубине 534 м. Но этот вид чаще всего обитает на мелководье: в Баренцевом море – от 100 до 200 м (56 % местонахождений), в Карском – от 10 до 50 м (54 %). Характерный для желобов и склонов вид – полуголый ликод *L. seminudus*, в Баренцевом море встречается в основном в его северной части на глубинах от 300 м (более 50 % местонахождений). В Карском море этот вид иногда ловят на мелководье (от 130 м), но чаще всего он отмечался на глубинах от 300 до 400 м в районах Ново-земельской впадины и желоба Святой Анны.

Характерной особенностью также является изменение распределения некоторых видов ликодов в исследуемых морях. В более холодном Карском море особи этих видов чаще вылавливают на мелководье, а в более теплом Баренцевом – на больших глубинах. Наиболее эврибатный исследуемый вид – бледный ликод *L. pallidus*, встречается в Баренцевом море обычно на глубинах 250–350 м (44 % местонахождений), а в Карском – 50–150 м (48 %). Подобная зависимость отмечена и для ликода Росса *L. rossii*. Объясняется это тем, что эти арктические виды, предпочитающие отрицательные температуры, находят оптимальные условия уже на небольших глубинах.

Единственный бореальный вид – тонкий ликод *L. gracilis*, предпочитает относительно узкий диапазон глубин от 200 до 300 м, и не был пойман глубже 365 м в Баренцевом море. Отсутствие этого вида на больших глубинах, а также в Карском море, в северной и северо-восточной частях Баренцева моря объясняется приспособлением тонкого ликода к положительным температурам придонных вод. Чаще всего *L. gracilis* встречался в диапазоне температур от 1.5 до 2 °С.

Изучаемые арктические виды рода *Lycodes* считаются stenothermными, но имеют разную ширину температурного диапазона обитания. Полярный *L. polaris*, бледный *L. pallidus* и ликод Росса *L. rossii* по нашим данным встречались в водах с температурой от -2.0 до 2.9 °C. Другие, более холодолюбивые виды, полуголый *L. seminudus* и сетчатый *Lycodes reticulatus* ликоды были пойманы в основном в районах с температурами ниже 0 °C. Отмечено, что в Баренцевом море исследуемые арктические виды имеют более широкий температурный диапазон, чем в Карском.

Все ликоды были пойманы в водах с соленостью от 30.1 ‰ и выше и не встречались в опресненных участках Баренцева и Карского морей. Следовательно, их можно отнести к стеногалинным видам.

По нашим данным были определены размерные диапазоны и средние размеры ликодов, пойманных в Баренцевом и Карском морях.

Проанализировав зависимость между глубиной поимки и размерами наиболее многочисленных видов ликодов, определили, что предполагаемая тенденция увеличения размеров пойманных рыб при увеличении глубины лова, характерна только полярному ликоду.

Наиболее полные данные, обобщенные для Баренцева и Карского морей, были исследованы методом регрессионного анализа, выполненным в программе STATISTICA 6.0. Среди различных абиотических факторов среды, способных оказывать влияние на распределение ликодов, наиболее важным является температура.

НЕИЗВЕСТНЫЕ СТРАНИЦЫ ЖИЗНИ РУССКОГО АЛЬГОЛОГА ЗОИ ПЕТРОВНЫ ТИХОВСКОЙ

О.В.Степаньян

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

В 2014 году исполнилось 125 лет со дня рождения русского альголога и физиолога растений, первого альголога Мурманской биологической станции Зои Петровны Тиховской.

На долю Зои Петровны выпали большие испытания: революции, войны, смерть близких людей, страх арестов и репрессий. Но это не помешало выполнить значительный объем эколого-физиологических исследований на различных ботанических объектах. Особую роль в ее научной работе занимали водоросли Баренцева моря. Исследования адаптаций водорослей к действию света, полярной ночи, температуре воды, определение запасов и видового состава макрофитов Восточного Мурмана актуальны и по сей день. В то же время роль Зои Петровны в истории и научной жизни Севастопольской и Мурманской биологических станций остается малоизученной.

Родилась Зоя Петровна 30 декабря 1889 г. в Могилеве (Белоруссия) в обеспеченной дворянской семье. С отличием окончила Могилевскую женскую гимназию, в 1909 г. поступила на Киевские высшие женские курсы, где познакомилась со своим будущим мужем – Вячеславом Рафаиловичем Заленским. В 1912 году они поженились, в сентябре 1915 г. родился сын – Олег Вячеславович Заленский, ставший впоследствии известным физиологом растений, руководителем Памирской биологической станции.

После начала Первой мировой войны семья Заленских попадает в Саратов. В годы революции и гражданской войны В.Р.Заленский – заведующий отделом прикладной ботаники Саратовской сельскохозяйственной опытной станции. Зоя Петровна преподавала вместе с мужем, участвовала в создании гербарных коллекций. В это же время совместно с В.Р.Заленским на станции работал Н.И.Вавилов. Между В.Р.Заленским и Н.И.Вавиловым существовали тесные научные и дружественные связи. Н.И.Вавилов высоко ценил В.Р.Заленского как ученого и организатора науки и предложил ему переехать в г. Петроград для совместной работы, но внезапная смерть В.Р.Заленского осенью 1923 г. нарушила эти планы.

После смерти мужа Зоя Петровна с сыном переезжает в Крым, где проживали ее родственники. На Севастопольскую биологическую станцию Зоя Петровна пришла в 1928 г., где совместно с В.Н.Любименко выполнила ряд экофизиологических работ на черноморских водорослях. Работы Зои Петровны по фотосинтезу, дыханию, пигментам водорослей, исследованию водородного показателя (рН) “внутренних соков” водорослей Черного моря были первыми для региона, они актуальны и по сей день.

В 1930–1931 годах Зоя Петровна преподает на рабфаке в пос. Горки Могилевской губернии. Здесь же учится ее сын. В 1931 году Олег Заленский поступил в Ленинградский университет. Зоя Петровна переезжает в Ленинград, где работает совместно с академиком В.Н.Любименко, исследуя различные аспекты жизнедеятельности растений каучуконосов – важнейшей теме для советских исследователей того времени.

В 1933 году по решению И.В.Сталина была закрыта Мурманская биологическая станция в пос. Полярном. Большинство сотрудников станции были репрессированы. В марте 1935 г. принято решение Академии наук о создании Мурманской биологической станции в пос. Дальние Зеленцы. И уже летом 1935 г. Зоя Петровна вместе с В.Н.Любименко в составе экспедиции Ленинградского университета посещает Дальние Зеленцы, где оцениваются возможности проведения комплексных альгологических исследований. В 1937 году Зоя Петровна – штатный сотрудник и первый альголог Мурманской биологической станции. В 1938 году происходит объединение с Зоологическим институтом АН СССР (ЗИН), который возглавляет академик С.А.Зернов. Все сотрудники станции становятся штатными сотрудниками ЗИН. В 1938–1941 годах Зоя Петровна провела значительный объем научных работ. Исследован фотосинтез и дыхание макроводорослей, в том числе в условиях полярной ночи, изучено действие факторов среды на рост водорослей, определен видовой состав и запасы макрофитов Восточного Мурмана. Одновременно с альгологическими исследованиями Зоя Петровна провела большую полевую и лабораторную работу по доказательству возможности культивирования в условиях Крайнего Севера злаковых (колосняк *Elymus*). Эти работы проводились совместно со специалистами Ботанического института АН СССР А.Д.Зиновой, Н.В.Первухиной, посетивших МБС в 1938–1939 гг. Результатом работы стала публикация З.П.Тиховской в 1940 г. в “Докладах АН СССР”, посвященная сезонным изменениям продуктивности и фотосинтеза *Laminaria saccharina*.

Начало Великой Отечественной войны не снизило интенсивность работы Зои Петровны в Дальних Зеленцах. В публикациях есть указания, что полевые исследования на литорали проводились вплоть до начала августа. Обстановка в Дальних Зеленцах становилась тревожной и опасной, в августе на станцию и поселок было совершено несколько налетов фашистской авиации, что стало причиной спешной эвакуации. Зоя Петровна участвовала в подготовке станции к эвакуации. Она вернулась в Ленинград в самом начале сентября 1941 г. И с большим трудом эвакуировалась с друзьями вместе с Мариинским театром за несколько дней до полной блокады. Мурманская биологическая станция была переведена в г. Сарапул Удмурдской АССР, где находилась до осени 1942 г. Была ли Зоя Петровна в это время в составе сотрудников станции – прямых свидетельств нет. В 1942 году Зоя Петровна навещает сына на Памирской биостанции. Переезд МБС в г. Сталинобад Ташкентской ССР позволил Зое Петровне провести обследование синезеленых водорослей горячих источников Ходжа-Оби-Гарма.

После полной реэвакуации МБС в 1946 г. в Дальних Зеленцах возобновляется научная деятельность. Во время войны значительно пострадало здание и жилые дома станции, полностью потерян научный флот. Несмотря на трудности, Зоя Петровна начинает исследование первичной продукции фукусовых водорослей. Директор станции М.С.Зернов (1948) отмечает важность исследований Зои Петровны, проведенных в довоенный период: “Некоторые результаты научной деятельности Станции перед войной (работа лаборатории

альгологии) были использованы в период войны населением Советского Севера: в целях дополнительного источника питания использованы богатейшие заросли морских водорослей – морской капусты (*Laminaria*), значение которой как пищевого продукта на Мурмане было указано сотрудниками Станции”. Можно с уверенностью сказать, что указанные исследования позволили сохранить жизнь и здоровье тысячам мирных жителей и советских бойцов. Это значимый вклад Зои Петровны в Победу над фашистской Германией. В послевоенный период Зоя Петровна продолжала работать заведующей лабораторией альгологии МБС. Точная дата ее ухода из МБС не ясна, по всей видимости, это 1952 г. Судя по публикациям, Зоя Петровна посещала Дальние Зеленцы до 1958 г., вероятно, числясь на МБС как совместитель.

После выхода на пенсию все свое время Зоя Петровна посвятила внукам.

Зоя Петровна была знакома со многими известными представителями театральной, музыкальной и научной среды, особенно Ленинграда, очень близкого и любимого города. Ее знали и поддерживали выдающиеся ученые того времени – академики Н.И.Вавилов, С.Г.Навашин, В.П.Семенов-Тянь-Шанский, С.А.Зернов, В.Н.Любименко. Зою Петровну можно назвать ярким представителем научной интеллигенции “Серебряного века”.

Умерла Зоя Петровна неожиданно осенью 1976 г., похоронена в Ленинграде.

У Зои Петровны осталась большая и дружная семья. Сын Олег рано ушел из жизни, пережив мать на шесть лет. Внук Андрей закончил физический факультет ЛГУ, работал в академических институтах – цитологии (ЦИН, Ленинград) и биологии моря (ИБМ, Владивосток). В 1991 году эмигрировал в США, где продолжил научную деятельность. Внучка Катерина закончила биологический факультет ЛГУ и аспирантуру в ЦИН, в 1984 г. уехала с семьей в США и несколько лет работала по специальности в Колумбийском университете. Дочь Катерины названа Вероникой-Зоей в честь бабушки, она морской биолог, готовит диссертационное исследование в аспирантуре (University of Queensland, г. Брисбен, Австралия), занимается исследованием коралловых рифов. Вероника-Зоя – 5-е поколение семьи Заленских–Тиховских, связанное с биологической наукой и образованием.

Автор благодарит А.Д.Чинарину за беседы по истории МБС–ММБИ, Г.М.Воскобойникова за организационную помощь, О.С.Юдину и О.А.Семихатову за рассказ о жизни БИН РАН в 1950–1960-е гг. и помощь в поиске родственников З.П.Тиховской. Выражаю самую глубокую признательность Катерине Заленской за неоценимую помощь в работе и обстоятельный рассказ о жизни семье Заленских–Тиховских.

ПРОЦЕССЫ СЕДИМЕНТАЦИИ И ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ШЕЛЬФА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Г.А.Тарасов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

В становлении морской геологии в ММБИ важная роль принадлежит директорам Института: д.б.н. Ю.И.Галкину (1963–1972 гг.), д.б.н. И.Б.Токину (1972–1980 гг.) и академику Г.Г.Матишову (1981 г.– настоящее время). Полувековая история геологического изучения арктических морей в разные годы связана с научной деятельностью В.В.Алексеева, Е.К.Замилатской, М.В.Герасимовой, В.И.Гуревича, С.А.Корсуна, Н.А.Кукиной, О.В.Кокина, Г.Г.Матишова, Н.И.Мещерякова, М.В.Митяева, Л.Г.Павловой, И.А.Погодиной, Л.В.Разумовского, Г.А.Тарасова, Г.Н.Тумарева, В.Б.Хасанкаева, А.Ю.Шараповой, Э.В.Шипилова, Т.В.Яковлевой. Мы глубоко признательны академику Г.Г.Матишову, в течение более 30 лет направлявшему научные исследования по морской геологии в институте, за постоянную заботу, поддержку и всестороннюю помощь.

Для того чтобы разобраться в вопросах осадкообразования и распределения гранулометрических типов терригенных осадков на дне моря достаточно обширного Баренцево-морского шельфа, следует, в первую очередь, представить общую картину рисунка рельефа дна. От морфологии поверхности дна моря отмечается прямая зависимость накопления илистых или песчаных осадков, а также распределения гравийно-галечного и грубообломочного материала. Одновременно мы наблюдаем непосредственную зависимость между составом морского осадка и видовым составом донных организмов. С другой стороны, на процессы морского осадконакопления существенное влияние оказывает придонное возмущение водной массы – действия волн и течений. Предполагаемая глубина проникновения волновых колебаний 200 м, которая является базисом действия волн. При этом все частицы осадочного материала, находящиеся выше этого базиса, подвергаются непрерывному перемыванию и беспорядочному переносу с места на место. Только устойчивое накопление осадков возможно ниже базиса действия волн. В силу этого накопление илистых отложений в более или менее чистом виде происходит в режиме непрерывного осадконакопления в желобах и впадинах рельефа дна, защищенных от придонных течений.

Существенно влияние на ход осадкообразования оказывает климатический фактор, определяющий чередование циклов похолоданий и потеплений. С ними связаны формирования четвертичных ледниковых, водно-ледниковых и ледниково-морских осадков, современные аналоги которых наблюдаются в приледниковых обстановках в районе арктических архипелагов. Соответственно, накопленная информация изучения литологических, сейсмоакустических, возрастных датировок позволяет проследить общий ход формирования четвертичных отложений и рельефа дна на шельфе арктических морей, эволюция которого взаимосвязана с важнейшими событиями геологической истории. Отмечается, что в данном осадочном бассейне непрерывность процесса морской седиментации характерна исключительно для голоцена. На процессы плейстоценового осадкообразования существенное влияние оказали ледниковые и межледниковые события и связанные с ними аккумулятивно-эрозионно-денудационные процессы. Дочетвертичный этап развития региона остается слабоизученным, так как осадочные формирования кайнозоя преимущественно удалены на обширной площади шельфа. Отсюда в геологическом разрезе отчетливо проявляется поверхность углового несогласия между новейшими отложениями шельфа и осадочными породами мезозоя. При этом породы мезозоя испытали заметную тектоническую деформацию до того как началось образование более молодых отложений. Базальный маркирующий слой отложений, простирающийся между указанными разновозрастными осадочными образованиями, представлен конгломератами с присутствием делювиального материала. Это и есть пример прерывистости процесса осадконакопления в связи с вертикальным тектоническим движением бассейна. Следовательно, в кайнозое в данном осадочном бассейне существовали континентальные условия, при которых произошло разрушение и удаление ранее накопленных осадочных пород. Устойчивый режим вертикальных неотектонических движений фактически зафиксировал в литологическом разрезе крупный стратиграфический перерыв в осадконакоплении, длительностью в несколько десятков миллионов лет.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БОЛЬШОЙ МОРСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ БАРЕНЦЕВА И БЕЛОГО МОРЕЙ

И.А.Третьякова¹, С.В.Бердников²

¹Институт аридных зон ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

²Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

В рамках проекта “Биоресурсы арктических морей России: современное состояние, влияние природных и антропогенных изменений, научные основы и перспективы исполь-

зования” (по программе Президиума РАН “Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации”) в 2014 г. разработана геоинформационная система (ГИС) Баренцева и Белого морей. Она позволяет показать, где в пределах заданного района проводились экспедиционные исследования, какие данные были собраны, как по акватории распределены станции и какие пробелы необходимо ликвидировать, организовав дополнительные исследования.

В настоящее время в мировом сообществе информационные технологии играют основополагающую роль, тем самым формируя базу для исследований, обеспечивают эффективное взаимодействие представителей различных научных областей, работающих над проблемами изучения состояния и динамики экосистем. Создание единой информационной системы дает качественно новые возможности для создания имитационных моделей и анализа состояния экосистемы.

Основой разработанной информационной системы является комплекс баз данных. В состав такого комплекса входит база данных предметных областей, а также база гео-данных, в состав которой входит набор региональных карт.

В качестве источника данных о состоянии природной среды использовалась действующая система мониторинга окружающей среды, представленная в регионе Мурманским и Северным территориальными управлениями Росгидромета. Эти данные были дополнены результатами экспедиционного мониторинга, проводимого по федеральным и региональным программам мореведческими учреждениями региона (ММБИ, ПИНРО и др.). Блок ГИС содержит цифровые топографические карты Мурманской области и навигационные карты прилегающих морских вод.

Для реализации ГИС-приложения был выбран программный комплекс ArcGIS Desktop 10.0, который построен на основе стандартов компьютерной отрасли, включая объектную архитектуру COM, NET, Java, XML, SOAP, что обеспечивает поддержку общепринятых стандартов, гибкость предлагаемых решений, широкие возможности взаимодействия. Фундаментальная архитектура ArcGIS обеспечивает его использование во многих прикладных сферах и на разных уровнях организации работы: на персональных компьютерах, на серверах, через Web, или в “полевых” условиях.

Содержательная часть ГИС-проекта обусловлена характером решаемых задач, таких как: изучение района работ, сбор и анализ пространственной информации на территории выбранного участка, использование математических моделей.

Геоинформационная система позволяет просматривать информационное содержание не только графических данных (тематические слои), но и атрибутивных (семантические таблицы). Тематические слои сгруппированы в соответствии с определенным районом исследования. Так же создан инструментарий, позволяющий формировать различные запросы к базам данных. Это дает возможность производить выборку необходимой информации по типам исследований, проведенных в заданном районе, оценивать состояние экологической изученности района, осуществлять доступ к основной базе данных состояния экосистемы Баренцева и Белого морей с выводом результатов запросов в виде карт, таблиц и диаграмм.

К ВОПРОСУ О ТРАНСПОРТИРОВКЕ ЛАСТОНОГИХ

А.Р.Трошичев

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Содержание ластоногих в условиях наплавных вольерных комплексов сопряжено с рядом сложностей. Полуводный образ жизни тюленей не позволяет проводить различные мероприятия обслуживающего и ветеринарного характера, а также затрудняет их транспортировку в случае необходимости.

Для перевозки из вольера на берег тюленя помещают в транспортировочный ящик, в котором его грузят на водное транспортное средство, после доставки животного к берегу происходит его выгрузка. Перегрузка стандартного транспортировочного ящика с животным, масса которого превышает 100 кг, требует большого количества усилий и средств, а во время длительной перевозки может повторяться несколько раз. Исключение из транспортировки тюленя перегрузки на транспортное средство и из него упростит данный процесс.

Для решения данной задачи нами был разработан макет плавучего устройства для перевозки морских млекопитающих (патент на полезную модель № 147813). Плавучее устройство можно транспортировать по воде без погрузки на лодку.

Устройство для транспортировки представляет собой ящик размером 2400x800x840 мм, выполненный из деревянного бруса 40x40 мм, обтянутый сетевым материалом из капронового фала диаметром 3 мм с ячейей 30 мм. С каждой из торцевых сторон ящика имеются калитки, скользящие по направляющим и открывающиеся вертикально. Дно ящика сплошное (2700x840 мм), с прикрепленными к нему поплавками через два опорных бруса посредством полухомутов. Поплавки выполнены из пластиковой трубы (“питьевая”, ГОСТ 18599-83) диаметром 210 мм и длиной 2700 мм. В торцы поплавков вкручены рым-болты, предназначенные для швартовки плавучего транспортировочного ящика. Вся конструкция крепится к двум поперечным опорным брусам, что обеспечивает достаточную надежность конструкции и позволяет производить перегрузку ящика обхватом при помощи двух текстильных строп.

Предлагаемые технические решения, используемые в конструкции плавучего транспортировочного ящика для ластоногих, имеют следующие преимущества:

- 1) возможность выхода животного из ящика непосредственно в воду, что предпочтительнее относительно суши для диких или прошедших реабилитацию тюленей;
- 2) при производстве специальных работ появляется возможность осуществлять заход и выход обученных животных в транспортировочный ящик из воды без использования дополнительных конструкций;
- 3) позволяет осуществлять перевозку животного по воде без погрузки ящика на водное транспортное средство;
- 4) имеет высокую степень остойчивости и плавучую способность за счет конструкции поплавков.

Разработанный макет апробирован на акваполигоне ММБИ, устройство было использовано при работе с ластоногими. Все проводимые нами испытания показали надежность и высокую эффективность данной конструкции.

МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ ДВИНСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СЪЕМОК 2001–2013 гг.)

В.А.Трошков, И.Ю.Македонская

Северный филиал Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича, г. Архангельск, Россия

Необходимость рационального использования промысловых ресурсов Белого моря требует от ученых, в первую очередь, оценить и уточнить пространственно-временное распределение биотических и абиотических факторов, как наиболее важных для формирования биопродуктивности моря. Первичная продукция органического вещества определяет уровень развития всех последующих звеньев трофической цепи Белого моря вплоть до его конечного звена – рыбопродуктивности.

В качестве материала для анализа использованы данные, полученные в результате комплексного мониторинга Белого моря в 2001–2013 гг. Основной акцент делается на исследованиях 2013 г. Работы осуществлялись по единой сетке станций, охватывающей все Белое море. В весенний, летний и осенний периоды года выполнено 24 станции (по 6 на каждый район моря). Таким образом, представлены материалы практически всех сезонов года. В работе дается оценка продуктивности пелагиали Двинского залива Белого моря.

Фитопланктон. Средняя биомасса фитопланктона поверхностного слоя Двинского залива весной 2013 г. (392.02 мг/м^3) была немного ниже таковой в 2010–2012 гг. (437.58 мг/м^3) и значительно ниже в 2001–2008 гг. (720.00 мг/м^3).

На глубине фотического слоя средние значения биомассы фитопланктона были несколько ниже, чем на поверхностном горизонте. Пониженная в целом биомасса фитопланктона в весенний период 2013 г., по-видимому, объясняется более поздними (почти на месяц) сроками съемки моря. Пик развития фитопланктона обычно приходится на более ранние сроки. В осенний период 2013 г. средняя биомасса фитопланктона поверхностного слоя Двинского залива (177.75 мг/м^3) была значительно ниже средней осенней биомассы в 2010–2012 гг. (341.42 мг/м^3) и почти на уровне таковой в 2001–2008 гг. (161.00 мг/м^3).

Как показали исследования, в весенний период 2013 г. биомасса фитопланктона в кутовой части залива была в 3–4 раза выше (500 мг/м^3), чем в устьевой (175 мг/м^3) и в 6–7 раз выше, чем в центральной его части (80 мг/м^3). По-видимому, это связано с огромным поступлением в залив органических веществ со стоком р. Северная Двина, а также с особенностями гидрологического режима кутовой части залива. В осенний период 2013 г. биомасса фитопланктона была распределена более равномерно по всему заливу, с некоторым увеличением ее в кутовой части.

Первичная продукция в Двинском заливе в весенний период 2013 г. была на уровне средних величин 2010–2012 гг. (6.968 мг С/м^3 в час) и значительно ниже таковых 2001–2008 гг. (9.780 мг С/м^3 в час). Осенью 2013 г. первичная продукция в заливе была значительно ниже (5.539 мг С/м^3 в час) средней осенней продуктивности залива в 2010–2012 гг. (9.509 мг С/м^3 в час), но несколько выше, чем в 2001–2008 гг. (4.934 мг С/м^3 в час). В 2013 году значения первичной продукции в осенний период лишь несколько ниже таковых показателей в весенний сезон.

За период исследований (2001–2013 гг.) максимальные значения биомассы фитопланктона поверхностного горизонта наблюдались весной 2001 г., минимальные – осенью 2007 г. Среднегодовой максимум обилия фитопланктона отмечен в 2008 г., среднегодовой минимум – в 2004 и 2013 гг. В среднем за все время наблюдений наиболее высокие биомассы фитопланктона в заливе были отмечены в весенний период (май–июнь).

Видимое уменьшение значений биомассы в последние годы связано, скорее всего, с более поздними периодами съемок моря, и данные величины характеризуют состояние не весенних фитопланктонов залива, а раннелетних. Осенний фитопланктон обычно был самым бедным за периоды съемок. Летний фитопланктон по своим значениям занимал промежуточное положение между весенним и осенним.

Иная картина наблюдалась в 2010–2012 гг. Осенний фитопланктон в эти годы был по своим значениям либо на уровне весенних показателей биомассы, либо даже несколько выше (2011 г.). При этом он был примерно в 2 раза выше по своим значениям, чем в 2001–2008 гг. По нашим предположениям, подобное явление объясняется сдвигом теплого периода в прогреве вод моря на более поздние сроки, в связи с этим увеличились и сроки вегетации фитопланктона.

Исходя из средних сезонных и годовых значений биомасс фитопланктона и геоморфологических характеристик залива, были рассчитаны запасы фитопланктона фотического слоя в Двинском заливе. Среднегодовалая величина запасов фитопланктона в 2001–2013 гг. составила 0.021 млн т.

В среднем продуктивность фитопланктона в весенний и летний периоды года в заливе в 2001–2008 гг. была примерно на одинаковом уровне и в 1.5–2 раза ниже в осенний период. В 2010–2013 годах продуктивность фитопланктона в среднем была выше в осенний период.

Среднемноголетняя величина первичной продукции Двинского залива за 2001–2013 гг. составила 349 тыс. т С в год.

Зоопланктон. В весенне-летний период 2013 г. зоопланктонные сообщества по своим показателям соответствовали среднемноголетним значениям для этого периода времени. Доминирующими по биомассе видами были крупные копеподы *Calanus glacialis* и *Metridia longa*, являющиеся традиционным объектом питания беломорской сельди. Наряду с ними в незначительных количествах были отмечены Mysidacea, Euphausiacea, Hyperiidia.

Средняя биомасса зоопланктона в кутовой части залива составила 150–250 мг/м³, в центральной и устьевой – 300–450 мг/м³. Наибольшая биомасса зоопланктона отмечена в придонных слоях воды.

Средняя биомасса зоопланктона по заливу в 2013 г. составила 275 мг/м³, что находится примерно на уровне показателей 2001–2008 гг., но несколько ниже, чем в 2010–2012 гг.

Наиболее высокие биомассы зоопланктона в 2001–2013 гг. были отмечены в весенний период года. Средняя весенняя биомасса составила 306 мг/м³. Наиболее продуктивными по зоопланктону в весенний период были 2010–2012 гг. (325 мг/м³). В летний период года биомасса зоопланктона в заливе почти в 2 раза меньше, чем весной (182 мг/м³), в осенний – составила 94 мг/м³. Осенняя биомасса зоопланктона в 2010–2012 гг. была примерно в 1.5 раза выше среднемноголетней за наблюдаемый период (118 мг/м³).

Наибольшая среднегодовая биомасса зоопланктона (272 мг/м³) была отмечена в 2008 г., наименьшая (93 мг/м³) – в 2003 г. Из вышесказанного видно, что межгодовые колебания биомассы зоопланктона в заливе достаточно велики.

Исходя из средних сезонных и годовых значений биомасс зоопланктона и геоморфологических характеристик залива, были рассчитаны запасы зоопланктона в Двинском заливе. В 2010–2012 годах среднегодовые запасы зоопланктона были наибольшими за исследуемый период времени и составили 0.099 млн т, а за весь период 2001–2013 гг. – 0.086 млн т в год.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОТОКОВ ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr В КАРСКОМ МОРЕ (1960–2013 гг.)

И.С.Усягина

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Построение балансовых математических моделей позволяет обобщить большой объем накопленной информации о пространственно-временном распределении радионуклидов и оценить многолетнюю изменчивость запасов изотопов в водоеме. Основу оценки баланса радионуклидов в Карском море составляет схема, отражающая основные процессы поступления, переноса и выведения радионуклидов (приток радионуклидов из разных источников, вынос радионуклидов за пределы моря, перенос растворенных и взвешенных форм радионуклидов водными массами, седиментация взвешенных частиц вместе с мигрирующими на них радионуклидами, радиоактивный распад).

Уравнение радиоизотопного баланса ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr может быть записано следующим образом:

$$\Delta q_i = q_{\text{атм}} + q_{\text{реки}} + q_{\text{прол}} + q_{\text{ЗФИ-НЗ}} - q_{\text{ЗФИ-СЗ}} - q_{\text{до}} - q_{\text{расп}}$$

где Δq_i – изменение запаса *i*-го изотопа в море; $q_{\text{атм}}$ – поступление с атмосферными осадками; $q_{\text{реки}}$ – поступление с речными водами (реки Обь, Енисей, Пясина, Пур, Таз и др.); $q_{\text{прол}}$ – поступление из смежных водоемов через проливы Карские Ворота, Югорский Шар,

Маточкин Шар); $q_{\text{зфи-нз}}$ – поступление через границу Земля Франца-Иосифа–Новая Земля; $q_{\text{жро}}$ – поступление с захороненными жидкими радиоактивными отходами; $q_{\text{зфи-нз}}$ – выведение из Карского моря в смежные водоемы через восточную границу моря (проходит по западному берегу островов архипелага Северная Земля и восточным границам проливов Красной Армии, Шокальского и Вилькицкого); $q_{\text{до}}$ – количество радионуклидов, поступающих из воды в донные отложения; $q_{\text{расп}}$ – количество радионуклидов, подвергшихся радиоактивному распаду.

Для расчетов величины водообмена Карского моря с сопредельными районами считали постоянными и равными их среднемноголетним значениям: поступление через проливы Новой Земли – 22205 км³/год, через границу Земля Франца-Иосифа–Новая Земля – 17130 км³/год; речной сток – 1290 км³/год (Добровольский, Залогин, 1982); сток через границу, которая проходит по западному берегу островов архипелага Северная Земля и восточным границам проливов Красной Армии, Шокальского и Вилькицкого – 40625 км³/год (объем воды, равный сумме всех приходных потоков).

Элементы годовых балансов радионуклидов рассчитывались как произведение средних арифметических значений концентраций ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr, обнаруженных в районе границ Карского моря с сопредельными районами, на величины результирующего водообмена.

В качестве доминирующего процесса переноса радионуклидов рассматривается только перенос водными массами. Для решения уравнения необходимы ежегодные данные о составляющих водного баланса Карского моря с 1950 г. и значения средних концентраций ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr на границах моря. Недостаточная обеспеченность данными не позволяет рассчитать баланс за каждый год, поэтому в данной работе рассчитывали годовые балансы, осредненные за 10-летние периоды. Отдельно рассчитан годовой баланс для 1986 г.

Значения средних концентраций ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в районах границ Карского моря с 1960 по 2009 гг. получены из литературных источников. Оценка современного радиоизотопного баланса водоема выполнена на основе данных экспедиционных исследований ММБИ на НИС “Дальние Зеленцы” в 2010–2013 гг.

Для расчета потоков искусственных радионуклидов из атмосферы значения плотности выпадений ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr (Бк/м² в год), приведенные в литературе, экстраполировали на площадь зеркала Карского моря – 893 тыс. км².

Оценка поступления ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в Карское море с речными водами основана на имеющихся концентрациях радионуклидов в реках азиатской территории России. При отсутствии в литературе измеренных значений ¹³⁷Cs в реках его концентрацию рассчитывали исходя из известного для речных вод соотношения ¹³⁷Cs/⁹⁰Sr – 0.1.

Оценки поступления ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr из жидких радиоактивных отходов выполнены на основе данных ежегодных (1959–1992 гг.) сбросов в Баренцево море. При этом считалось, что на момент затопления активность отходов соответствует “типовой” смеси радионуклидов: ⁶⁰Co – 50 %, ⁹⁰Sr – 25 %, ¹³⁷Cs – 25 %.

Расчет депонирования ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в поверхностный слой донных отложений на площади Карского моря проводился на основе известной скорости осадконакопления – 5·10⁻³ м/год (Биогеохимия ..., 1982), средней плотности грунтов – 1173 кг/м³ (расчеты выполнены в лаборатории ММБИ), средней арифметической удельной активности радионуклидов в осадках Карского моря. Удельную активность ¹³⁷Cs в грунте до 1982 г. рассчитывали по формуле $y = 843.3x$ ($R^2 = 0.457$), удельную активность ⁹⁰Sr в грунте до 1993 г. – $y = 174.1x$ ($R^2 = 0.486$), где x – удельная активность радионуклида в воде. Данные наблюдений ММБИ, полученные с начала 1990-х гг. по настоящее время, хорошо согласуются с рассчитанными среднегодовыми концентрациями ¹³⁷Cs в донных отложениях, и в целом подтверждают высокую селективность грунтов к иону Cs⁺. Исследования ⁹⁰Sr в донных отложениях из разных районов акватории показывают невысокие уровни при небольшом разбросе значе-

ний. Измеренные концентрации ^{90}Sr в донных отложениях хорошо согласуются с расчетными показателями. Низкая сорбционная емкость донных отложений к данному изотопу препятствует миграции ^{90}Sr из водной толщи в осадки. Показано, что в настоящее время общий запас ^{137}Cs и ^{90}Sr , накопленный в донных отложениях Карского моря, составляет 3056 и 978 ТБк соответственно.

По последним оценкам, всего в Карское море сброшено жидких радиоактивных отходов общей активностью примерно 310 ТБк. В целом, вклад этого источника загрязнения по сравнению с поступлением из Баренцева моря в общий приход радионуклидов незначителен.

Согласно результатам расчетов, основные приходные потоки радионуклидов направлены из Баренцева в Карское море. С 1960-х по 2009 годы через проливы Маточкин Шар, Югорский Шар и Карские Ворота с водными массами в Карское море поступало ^{137}Cs 44.4–510.7 ТБк/год и ^{90}Sr 50.0–399.7 ТБк/год. Атмосферные выпадения вносили существенный вклад в радиоактивное загрязнение Карского моря в 1950–1960-е гг. и 1986 г.

Главной составляющей приходных частей годовых балансов радионуклидов в Карском море с 2010 по 2013 гг. является перенос ^{137}Cs и ^{90}Sr по системе течений из Баренцева моря. В современном балансе ^{137}Cs и ^{90}Sr трансграничный перенос из Баренцева моря в Карское каждого радионуклида составляет приблизительно 98 % от общего поступления.

С 2010 по 2013 годы через проливы Новой Земли осуществлялся трансграничный перенос приблизительно 64 % ^{137}Cs и 47 % ^{90}Sr от суммы всех потоков. Влияние атмосферных выпадений ^{137}Cs и ^{90}Sr на современное радиоактивное загрязнение Карского моря незначительно. С материковым стоком поступает не более 1 % ^{137}Cs и 4.7 % ^{90}Sr .

О ХАРАКТЕРЕ МИКРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ МАКРОБЕНТОСА В СООБЩЕСТВАХ ЛИТОРАЛИ КЕРЕТСКОГО АРХИПЕЛАГА (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)

Н.А.Филиппова, М.А.Киреева, Н.В.Максимович
Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

В июле 2013 г. на базе Морской биологической станции СПбГУ (губа Чупа Кандалакшского залива Белого моря) было изучено влияние доминирующих видов макробентоса в сообществах осушной зоны на распределение сопутствующих форм. Материал собран на 4 типичных для губы Чупа участках осушной зоны с мягкими грунтами. Было организовано две системы пробоотбора с использованием выборочных площадок размером 0.1 м². На участке 1 в сообществе *Macoma balthica* был проведен регулярный отбор проб по решетке 64 (8x8) смежных квадратов. Объем выборок на остальных участках составил 9 проб. При этом был применен пробоотбор с условным предварительным визуальным учетом градаций (плотные, средние и редкие скопления) локальной (в пределах рамки) численности доминирующих двустворчатых моллюсков *Mya arenaria*. Определение площади агрегации форм макробентоса осуществляли с помощью индекса рассеяния Мориситы (Elliott, 1971). Для выявления эффектов сопряженности в распределении таксонов использовали их стандартизированные показатели обилия и процедуры кластерного и корреляционного анализов. В качестве меры расстояния между описаниями использован индекс Брея-Куртиса. Объединение элементов матрицы в кластеры осуществлялось по методу Дж.Уорда (Ward, 1963).

Изученные участки представляют собой обычные песчаные и илисто-песчаные биотопы осушной зоны Кандалакшского залива Белого моря. В составе сообществ на участках обнаружено 12–26 форм бентоса. По биомассе среди организмов макрозообентоса преобладают взморник морской *Zostera marina*, представители инфауны – *M. arenaria*,

Arenicola marina и *M. balthica*, по численности массового развития достигают *Hydrobia* sp. и многощетинковые черви *Scoloplos armiger*, *Capitella capitata*, *Alitta virens* и представители мейобентоса *Oligochaeta* var., *Nematoda* var.

Согласно полученным результатам можно выделить следующие закономерные черты в микромасштабной организации сообществ бентоса в типичных для губы Чупа Кандалакшского залива биотопах песчаных и глинисто-песчаных пляжей осушной зоны.

В условиях прибойного песчаного пляжа разреженные заросли взморника морского *Z. marina* определяют особенности распределения массовых форм инфауны. Так, отмечено совпадение участков (пятен агрегации) относительно высокого обилия как макро- (*M. balthica*, *Phyllodoce mucosa*), так и мейобентоса (*Oligochaeta* var., *Chironomidae* var.) и разреженных зарослей *Z. marina*. При этом возникает эффект пространственной разобщенности участков с наибольшим обилием *Z. marina* с одной стороны и *A. marina* с другой, поскольку последние просто не могут заселять места занятые корневищами взморника.

На глинисто-песчаных биотопах сообщества *M. arenaria* особи доминирующего вида определяют черты гетерогенности в распределении организмов инфауны. В частности, отмечено избегание плотных скоплений песчаных ракушек массовыми представителями мейобентоса (*Nematoda* var. и *Oligochaeta* var.). Наибольшая встречаемость двустворчатых моллюсков *M. balthica* и многощетинковых червей *A. virens* отмечена как раз в наиболее плотных скоплениях *M. arenaria*.

Конкурентные отношения между массовыми формами инфауны песчаных и глинисто-песчаных пляжей были описаны неоднократно. Также в Белом море А. Колобов (2002) по показателям плотности поселений указывает на наличие отрицательной связи между такими видами как *M. balthica*, *M. arenaria*, *Hydrobia* sp. с одной стороны и *A. marina* с другой. В Балтийском море отмечено снижение биомассы *M. balthica* в тех местах, где особи *M. arenaria* представлены в избытке (Obolewski, Piesik, 2005). На изученных участках глинисто-песчаной литорали также ранее были описаны эффекты отрицательных конкурентных отношений между *M. balthica* и *M. arenaria* (Герасимова, Максимович, 2000; Максимович, Герасимова, 2004, 2007).

Отсутствие однозначных свидетельств о характере конкурентных отношений между массовыми формами макробентоса позволяет нам высказать следующую рабочую гипотезу. Непримируемость межвидовых конкурентных отношений между массовыми организмами инфауны литоральных пляжей Белого моря определена не столько качеством связи (агрессивностью участников конкурентных событий друг к другу), сколько степенью преобладания одного вида над другим по показателям обилия. Причем последнее формируется в первую очередь и в долгосрочной перспективе как отклик популяционных биосистем на нюансы абиотической компоненты условий жизни в осушной зоне. В Белом море следует учитывать не только условия питания и характер грунта, но и режим пополнения поселений молодью и режим ее выживания в зимний период (Максимович, Герасимова, 2004, 2007).

МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ НАДСЕМЕЙСТВА PISIDIOIDEA В ВОДОЕМАХ СЕВЕРА МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А.Фролов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Фауна двустворчатых моллюсков надсемейства *Pisidioidea* Мурманской области еще недостаточно изучена. Только в работах Г.Л.Стальмаковой (1974) и А.Ф.Алимова (1975) для указанного района приводятся названия 17 видов моллюсков. Несколько позже, после проведения таксономической ревизии, которая основывалась на компараторном методе, в группе *Pisidioidea* в целом число видов значительно увеличилось. Предпринимались по-

пытки систематизировать моллюсков этой группы на основе анатомического строения. Но вопрос о видовом богатстве Pisidioidea Кольского полуострова, не говоря уже о факторах распределения и биологии моллюсков, на современном этапе остается открытым.

Для решения этого вопроса была начата работа, целью которой – комплексное изучение моллюсков надсемейства Pisidioidea из водоемов и водотоков Мурманской области (бассейн Баренцева моря). В задачи исследований входило: 1) установить видовой состав моллюсков, обитающих в указанном районе; 2) оценить их видовое богатство в водоемах различных типов, выявить основные факторы, влияющие на распределение двустворок; 3) изучить особенности биологии, в частности репродукции, наиболее многочисленных видов Pisidioidea.

Комплексные исследования двустворок начаты в 1993 г. в литоральной зоне эстуария р. Тулома. В течение последующих 16 лет были охвачены более 100 водоемов и водотоков различных типов, где было собрано 1650 проб. Сбор и обработка материалов проводились стандартными и оригинальными методами. Начиная с 2009 г. по настоящее время основным направлением исследований является изучение размножения моллюсков и вариабельность репродуктивных циклов в зависимости от изменений климата. Для этих целей на выбранных водоемах проводится годовой и многолетний мониторинг. Как известно, Pisidioidea вынашивают молодь в выводковых сумках-овисаках внутри полужабр (Корнюшин, 1996). Поэтому для изучения репродуктивного цикла производится анатомическое исследование моллюсков, в ходе которого учитываются такие основные параметры как степень утолщения филamentos (начало закладки сумок), линейные размеры сумок, количество и размеры эмбрионов в сумках, а также отмечается время размножения от начала закладки овисаков до вымета молоди. Проанализировано около 7 тыс. особей. Достаточно большие выборки моллюсков из разных водоемов, полученные в ходе мониторинговых исследований, позволяют оценить степень морфологической изменчивости в дальнейшем.

Проведенные исследования показали, что в водных объектах северной части Мурманской области обитает 37 видов двустворчатых моллюсков, принадлежащих к 3 семействам (Sphaeriidae, Pisidiidae и Euglesidae) и 14 родам. Наиболее богато родами и видами семейство Euglesidae – 10 и 33 соответственно, наибольшее видовое богатство выявлено в роде *Euglesa* – 11 видов. В составе этого рода описаны 3 новых для науки вида – *Euglesa korniushini*, *E. lyudmila* и *E. shcherbinai* (Фролов, 2010).

В ходе исследований было установлено, что распределение видового богатства моллюсков надсемейства Pisidioidea в водных объектах Мурманской области зависит от изолированности водоемов и особенностей ландшафта территории. Минимальное число видов (4) отмечено в озерах горных тундр (высота над уровнем моря > 250 м) и тундровых озерах о. Большой Айнов (7 видов), что связано с изолированностью водоемов морем и высотой их расположения. В то время как озера побережья Баренцева моря (район пос. Дальние Зеленцы), находясь в той же самой зоне тундр, водотоками (“коридоры для расселения”) связаны с озерами, находящимися в других ландшафтовых зонах, что обуславливает относительно высокое видовое богатство моллюсков – 18 видов. В озерах лесотундровой зоны отмечено 23 вида пизидиоидей, а в северотаежных озерах – 25 видов. Такое увеличение видового богатства моллюсков от тундровых озер к северотаежным, объясняется более мощным почвенным покровом, большей лесистостью берегов и, соответственно, поступлением большего количества питательных органических веществ в озера. Наибольшая средняя численность моллюсков была отмечена в прибрежье озер лесотундровой зоны, а наименьшая – в озерах северной тайги и крупном водном объекте – Нижнетуломском водохранилище (500 ± 50 и 380 ± 75 экз/м² соответственно). Средняя биомасса Pisidioidea заметно была выше в озерах горных тундр (3.6 ± 0.5 экз/м²), чем в Нижнетуломском водохранилище (2.0 ± 0.3 экз/м²) и эстуарии р. Тулома (2.0 ± 0.3 экз/м²). Биомасса моллюсков в данном случае обусловлена в большей степени размерами моллюсков, чем их численностью. Установлено, что в горных озерах, как правило, встречается не более 2 видов. Поэтому в отсутствии конкуренции за пищевые ресурсы моллюски достигают довольно крупных размеров.

В ходе исследований влияния основных экологических факторов на видовой состав и распределение пресноводных моллюсков было установлено, что наиболее значительное влияние оказывают соленость воды (в эстуариях), концентрация растворенной углекислоты, течение, прибой и тип субстрата. Установлено, что лимитирующими в распределении *Pisidioidea* являются pH < 4.5, концентрация углекислоты > 20 мг/л, соленость > 3 ‰, скорость течения > 0.3 м/с, каменисто-валунные субстраты и высота прибоя > 0.5 м. Оптимальные условия для моллюсков – слабокислая и нейтральная среда (pH – 5.5–7.5), концентрация CO₂ – 5–7.5 мг/л, а также илистые грунты в прибрежье больших проточных водоемов с развитой береговой линией и при наличии прибоя высотой не более 0.15 м и продолжительностью не более 3 % времени безледного периода или водотоках со скоростью течения не более 0.1 м/с.

Предварительные результаты изучения особенностей размножения *Pisidioidea* выявили следующее. В образовании выводковых сумок участвуют 3–14 филламентов внутренней полужабры. Количество эмбрионов в одном овисаке варьирует от 3 до 15. Длина готовых к выходу эмбрионов составляет 0.9–1.6 мм. Выявлено три репродуктивные стратегии моллюсков:

1) размножение происходит в течение всего (или почти всего) года. Вместе с особями, у которых отмечается начало закладки сумок, встречаются особи, в сумках которых находятся эмбрионы различных размеров, в том числе и эмбрионы готовые к выходу (*Euglesa ponderosa*, *E. obliquata*, *E. shcherbinai*, *E. lyudmilae*, *Henslowiana henslowana*, *H. lilljeborgii*, *Cyclocalyx obtusalis*). У других видов (*Hiberneuglesa bodamica*, *H. normalis*) вымет молоди происходит только летом, после чего сразу начинается поступление новой партии оплодотворенных яиц в филламенты полужабр. На этой стадии моллюски находятся до наступления следующего лета;

2) размножение происходит исключительно летом (*Euglesa curta*, *Cingulipisidium nitidum*, *Tetragonocyclus baudoniana*, *Pseudeupera subtruncata*, *Pisidium amnicum*). При этом инкубационный период длится всего 30–70 сут.;

3) размножение наблюдается только в конце и начале ледостава (*Roseana borealis*) при длительности инкубационного периода 30–35 сут.

В ходе многолетнего мониторинга выявлено влияние изменения климатических условий на размножение моллюсков. Так, на примере *Euglesa curta* было установлено, что плодовитость моллюсков определяется интенсивностью прогрева воды в последней декаде мая, т. е. на начальной стадии закладки овисаков у материнских особей (чем выше температура в это время, тем больше эмбрионов будет находиться в выводковых сумках). Сроки вымета молоди обусловлены суммарной температурой воды с момента таяния льда до третьей декады июля – в период заключительной стадии развития эмбрионов в овисаках. Если сумма температуры воды к этому времени ниже 60.5 °С, то появление на свет молодых моллюсков происходит на 10–11 сут. раньше, но вымет становится более продолжительным (до 40 сут.), увеличивается общий период инкубации. При суммарной температуре выше 60.5 °С молодые моллюски выходят из сумок материнских особей позже, а срок вымета составляет всего 4–5 сут., при этом очевидно сокращение общего периода инкубации.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ BIVALVIA В РУГОЗЕРСКОЙ ГУБЕ БЕЛОГО МОРЯ

А.Б.Цетлин¹, В.О.Мокиевский², А.И.Исаченко¹, Е.А.Киселева¹,
Д.Р.Загретдинова¹, Е.С.Пањкова¹, А.Э.Сиренко³, О.А.Голенок¹,
Г.А.Лебедева¹, В.Е.Галаев³, К.А.Котельников¹, Э.Х.Латыпова⁴

¹Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

²Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, г. Москва, Россия

³Международный университет природы общества и человека “Дубна”, г. Дубна, Россия

⁴Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Исследование бентосных сообществ традиционно происходит с помощью метода количественного и качественного отбора биологических проб. Есть два метода выбора точек

для пробоотбора: случайный выбор, когда точки распределяются на полигоне независимо друг от друга, и прокладывание трансект, когда точки располагаются на одной линии и отстоят друг от друга на некотором равном расстоянии. Раньше чаще использовался первый метод, но для полноценного описания структур донных сообществ гораздо лучше подходит метод трансект. Вышеописанные методы трудоемки, дорогостоящи, а также дают дискретно распределенную в пространстве информацию. Целью исследования являлось выяснение возможности дистанционного картографирования местообитаний двустворчатых моллюсков с помощью геофизических методов.

Для этого были поставлены следующие задачи: обследование полигона с помощью дистанционных геофизических методов – гидролокации бокового обзора (ГЛБО) и эхолотации; визуальное дешифрирование данных ГЛБО по типам грунта (песок, ил, смешанные грунты); определение точек биологического пробоотбора на основе полученных сонограмм; отбор биологических проб дночерпателями “Day-grab” и “Океан-0.1”; определение типов сообществ по биомассовой доминанте для каждой точки пробоотбора; совмещение дешифрированных сонограмм с данными, полученными в результате отбора биологических проб (биомасса массовых видов); интерпретация результатов.

В качестве полигона исследования была выбрана акватория Ругозерской цубы Белого моря от о. Высокий до района Беломорской биологической станции им. Н.А.Перцова.

Отбор проб бентоса проводили в рамках международной научно-практической школы по методам исследования донных сообществ в сентябре 2014 г., во время летней производственной практики студента биологического факультета МГУ К.Котельникова. Всего в работе использовались данные 23 станций (10 – в рамках бентосной съемки в сентябре 2014 г., 8 – в рамках производственной практики в июле 2014 г., 5 – в рамках бентосной съемки 2009–2011 гг.) (Исаченко, 2013). Диапазон глубин – 5–15 м, гранулометрический состав дна представлен различными фракциями, преобладающий тип грунта – ил, также были встречены песчаные участки. Отбор проб вели дночерпателями “Океан-0.1” и “Day-grab” с площадью раскрытия 0.1 м².

На большинстве станций отбирали по 3 пробы макрозообентоса (на нескольких станциях по 2 пробы). Промывку проб вели на палубе через сито с диаметром ячеи 2 мм. Все пробы были разобраны по представителям макробентоса, а двустворчатые моллюски были разобраны до видов. Для двустворчатых моллюсков в журнал записывались следующие параметры: название вида, количество особей, сырая масса (с точностью 0.01 г), длина, ширина, высота (с точностью 0.1 мм).

Обработка данных производилась в программах Excel, PAST и PRIMER. Для разделения станций на группы использовался кластерный анализ, для визуализации разделения – непараметрическое многомерное шкалирование. Использовалась мера сходства Брея-Куртиса. Для расчета вкладов конкретных видов в различия между группами использовался алгоритм SIMPER, для расчета достоверности различий – one-wayANOSIM.

Получение акустических изображений дна проводилось с помощью гидролокационного комплекса “Неман ГБОЭ”, включающего в себя следующие подсистемы: гидролокатор бокового обзора, эхолот и комплекс программ гидролокационной съемки “Aqua”, позволяющий выводить полученное изображение на монитор компьютера и производить экспортное изображение во внешние каталоги в формате GeoTIFF. Рабочая частота прибора: средняя-250 кГц, ЛБ-240 кГц, ПБ-290 кГц. Тип зондирующего сигнала – линейно-частотно-модулированный.

Дешифрирование данных дистанционного зондирования (акустических изображений дна, полученных с помощью гидролокационной съемки) проводилось исходя из визуальной дифференциации сонограмм по цветовым характеристикам (светлые участки – песчаный грунт, темные – илистый, а переходные – смешанные с преобладанием того или иного типа грунта).

По данным визуального дешифрирования сонограмм были получены сведения о гранулометрическом составе донных отложений на каждой станции, на основании которых была построена карта отбора биологических проб по данным гидролокационной съемки.

На исследованном полигоне определялось 9 видов (*Tridonta borealis*, *Arctica islandica*, *Nicania montagui*, *Elliptica elliptica*, *Musculus corrugates*, *Mya arenaria*, *Sirripes groenlandicus*, *Mytulus edulis*, *Macoma balthica*), относящихся к макробентосу.

Известно, что различные виды *Bivalvia* предпочитают различные местообитания, определяемые гидротермическими, гидрохимическими и, главным образом, типом грунта (Наумов, 2006; Цетлин, 2010).

Всего было выделено 5 типов станций (указано сходство внутри групп): мелководные в кутовой части с преобладанием *Macoma balthica* – 100 %, с комплексом видов *Arctica islandica* и *Sirripes groenlandicus* – 62 %, с преобладанием *Arctica islandica* – 97 %, мидиевая банка с астартидным комплексом и *Arctica islandica* – 44 % и с преобладанием *Elliptica elliptica* – 95 %.

Результаты, полученные при отборе биологических проб, не опровергают выдвинутое предположение о том, что данные дистанционного зондирования возможно использовать для картографирования местообитаний донных сообществ. Для подтверждения этого предположения необходимо продолжать исследования, направленные на увеличение выборки станций отбора биологических проб и снижение дискретности их распределения на рассматриваемом полигоне. При картографировании местообитаний донных сообществ дистанционными методами (с помощью гидролокационной съемки) также необходимо учитывать параметры температуры и солености в придонном слое водной массы.

МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА БАРЕНЦЕВА И БЕЛОГО МОРЕЙ

А.Е.Цыганкова¹, С.В.Бердников², И.В.Шевердяев², Н.А.Яицкая²

¹Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

²Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Ледовый режим за многолетний период является одним из наиболее репрезентативных показателей состояния климатической системы (Матишов и др., 2011).

В рамках проекта “Биоресурсы арктических морей России: современное состояние, влияние природных и антропогенных изменений, научные основы и перспективы использования”, выполняемого в 2014 г. по программе Президиума РАН “Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации” сформирована база геоданных ледовитости Баренцева и Белого морей. Использовались карты распространения снега и льда в Северном полушарии Национального ледового центра США (National Ice Center; www.natice.noaa.gov), составленные на основе спутниковых наблюдений (в основном используются снимки спутников ENVISAT, DMSP OLS, AVHRR и RADARSAT разрешением 50 м на пиксел) с 1997 г. На картах выделены отдельные полигоны с атрибутивной информацией следующего вида: общая ледовитость полигона, концентрация льда толщиной более 120, 70–120 и 30–70 см и др. В базу геоданных загружены карты (1997–2006 гг.) и шейп-файлы (после 2006 г.) преимущественно за вторую декаду каждого месяца.

Дополнительно в базу геоданных ледовитости включена информация о положении кромки льда в Баренцевом море в 1977–2006 гг. из Атласа российского промысла трески (Жичкин, 2009). Таким образом, база данных по ледовитости Баренцева моря охватывает период с 1977 по 2011 гг.

Колесания ледовитости связаны с интенсивностью Нордкапского течения, атмосферной циркуляцией и общим потеплением или похолоданием Арктики. Наибольшая ледови-

тость наблюдается обычно во второй декаде апреля, наименьшая – в конце августа и первой половине сентября. В августе–сентябре аномально теплых лет море полностью очищается от льда, а в аномально холодные годы ледовый покров в эти месяцы сохраняется на 40–50 % его площади, располагаясь преимущественно в северных районах. Средняя амплитуда сезонных колебаний составляет 60 %.

В течение зимнего периода льды в море распространяются с севера на юг и с востока на запад. Этот процесс продолжается до апреля включительно, затем, вплоть до сентября, происходит отступление кромки льда на север и на восток и его разрежение главным образом за счет вытаивания более тонких льдов.

По многолетней динамике ледовитости Баренцева моря отмечается уменьшение площади ледового покрова, что связывают с климатическими изменениями. Это проявляется при рассмотрении многолетней динамики как в самый ледовый месяц (февраль), так и самый теплый (август).

Особое значение в последние годы придается районам, в которых имеется граница между морем и льдом. Хотя положение кромки льда меняется в пространстве в сезонном и межгодовом ходе, можно выделить районы, где она находится чаще всего.

Такой анализ был выполнен по данным о положении кромки льда в Баренцевом море в 1977–2006 гг. (Жичкин, 2009), получена среднегодовая частота нахождения кромки льда в ледовых районах Белого и Баренцева морей.

Для построения карты использовались среднемесячные кромки льда в различные годы (с 1977 по 2006) – всего 360 полилиний. При “пересечении” этих полилиний с районированием Баренцева моря была получена таблица, в которой показано количество годов по месяцам, когда наблюдалась кромка льда в каждом конкретном районе Баренцева моря. Это позволило определить частоту нахождения кромки льда в каждом конкретном районе в 1977–2006 гг. По данному показателю была построена картосхема частоты нахождения кромки льда в Баренцевом море.

Соединив центры районов с частотой более 40 %, была получена линия, соответствующая районам, которые в дальнейшем рассматриваются нами как “районы кромки льда”. При этом видно, что полученная линия в целом повторяет среднемесячные линии кромки льда с декабря по апрель.

Другим методом оценки динамики ледового покрова за более продолжительный срок являются математические модели, учитывающие существенную пространственно-временную изменчивость океанологических полей и распределение компонентов экосистемы по акватории и глубине водоема (Бердников, 2005). Компарментальная модель такого рода, разработанная для Белого моря, рассматривается как инструмент для оценки влияния климатических флуктуаций на океанологические индикаторные параметры (температура воды, соленость, ледовитость и толщина льда) (Цыганкова, Бердников, 2003, 2004; Бердников, 2005; Матишов и др., 2006; Бердников, Цыганкова, 2007). Проведение модельных расчетов предполагает задание внешних потоков и воздействий с учетом предполагаемых или известных из наблюдений климатических флуктуаций.

Возможности применения данного подхода для оценки климатической динамики индикаторных параметров показаны в результатах расчетов изменения температуры воды и солености в верхнем слое (0–25 м) Белого моря при климатических вариациях температуры воздуха и стока основных рек (Северная Двина, Мезень, Онега) в 1940–2010 гг. (Цыганкова, Бердников, 2011).

В рамках модельных расчетов была восстановлена динамика ледового режима Белого моря в 1940–2010 гг. Рассчитанная с помощью модели ледовитость хорошо согласуется с имеющимися данными спутниковых снимков NOAA с 1998 по 2011 гг., что является аргументом в пользу предлагаемого подхода для реконструкции ледового режима.

По методике, предложенной в работе (Четырбоцкий, Плотников, 2005), выполнена статистическая обработка полученного с применением модели многолетнего ряда ледовитости Белого моря и типизация зим по характеру ледовых условий на минимально, нормально и максимально ледовитые.

Был построен среднемноголетний сезонный ход площади моря, занятой льдом с ноября по май, и его вариации в пределах среднеквадратического отклонения. Затем сезонный ход ледовитости сравнивался со среднемноголетним. Если для 5 мес. и более ледовитость была меньше средней за период минус стандартное отклонение, то соответствующая зима относилась к аномально теплой по ледовитости, если для 5 мес. и более площадь, занимаемая льдом, была больше среднемноголетней плюс стандартное отклонение, то соответствующая зима относилась к аномально холодной (суровой) по этому показателю. В остальных случаях зима считалась нормальной по ледовитости.

В результате анализа полученного модельного ряда ледовитости Белого моря к суровым отнесены зимы: 1940/41, 1941/42, 1945/46, 1955/56, 1965/66, 1967/68, 1968/69, 1969/70, 1973/74, 1978/79, 1980/81, 1984/85, 1985/86, 1987/88, 1997/98, 1998/99 гг., к теплым – 1943/44, 1948/49, 1949/50, 1950/51, 1953/54, 1961/62, 1974/75, 1982/83, 1992/93, 1994/95, 1999/2000 и с 2003 по 2010 гг.

Повторяемость различных типов зим, при заданных критериях классификации, составила: 22.5 % – максимально ледовитые, 50.7 % – близкие к норме и 26.8 % – минимально ледовитые зимы. Периодичность суровых и теплых лет составляет в среднем 10-летний цикл. Однако впервые за рассматриваемый период 1940–2010 гг. все зимы характеризуются как аномально теплые с 2003 г. по 2010 гг.

КИСЛОТОНЕЙТРАЛИЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ МОРСКИХ ВОД НА ПРИМЕРЕ БЕЛОГО МОРЯ

Т.А.Черепанова¹, А.А.Горбачев²

¹Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

²ОАО “Апатитыводоканал”, г. Апатиты, Россия

В настоящее время точка зрения о том, что Мировой океан с его системой равновесия обладает огромным экологическим резервом и большой адаптационной способностью биоты, коренным образом пересматривается (Израэль, 2009). Хотя океанические воды по-прежнему имеют щелочную реакцию, снижение рН с 8.2 до 8.1 уже явилось причиной пристального внимания ученых и общества к этой проблеме (National ..., 2010). Прогнозы глобальных выбросов CO₂ свидетельствуют о возможном дальнейшем снижении рН океанических вод на 0.1–0.35 ед. к концу этого столетия (IPCC ..., 2007), а долговременные прогнозы еще более серьезны (снижение до 0.7 ед. рН; Caldeira, Wickett, 2003). Выраженная обратная зависимость растворимости CO₂ от температуры приводит к тому, что полярные районы Мирового океана закисляются быстрее, чем это происходит в умеренных широтах (Fabry et al., 2009). Кислотная нагрузка на моря увеличивается не только за счет увеличивающихся выбросов CO₂, но и по причине увеличивающихся объемов поступления других кислотообразующих соединений, таких как сернистый ангидрид и окислы азота, а также аммиака, трансформирующегося в процессе нитрификации в азотную кислоту. Изменение рН среды в сторону ее подкисления в поверхностном слое моря нарушает нормальную жизнедеятельность нейстонных организмов, мобилизацию металлов из взвешенных частиц и активное растворение твердых солей, процессы газообмена (Израэль, 2009).

Кислотная нагрузка на моря с атмосферными выпадениями усугубляется кислотной нагрузкой с речным стоком. Так, в Белом море приток за счет речных вод существенно превышает приток за счет атмосферных осадков (Иванов и др., 1996). Длительное антропо-

погенное воздействие на реки бассейна Белого моря уже нарушило их естественный гидрохимический режим и способствовало формированию в реках более высокого “антропогенно измененного” фона по азоту аммонийному, легкоокисляемым органическим веществам, фенолам, нефтяным углеводородам, соединениям меди (Филатов, 2007). Кроме того, почвенно-геологические и климатические условия бассейна Белого моря способствуют формированию поверхностных вод, содержащих большое количество гумусовых кислот, вымываемых из заболоченных территорий водосбора, что повышает кислотную нагрузку на море в целом.

В отношении морских экосистем применяется такой показатель как ассимиляционная емкость, характеризующая способность морской экосистемы к динамическому накоплению токсичных веществ, а также возможность их удаления с сохранением ее основных свойств (Израэль, 2009). Величина ассимиляционной емкости зависит от скорости течения, турбулентности, водообмена, температуры воды, структуры биоты. В качестве одного из показателей ассимиляционной емкости морских вод нами принято решение рассмотреть такой показатель как кислотонейтрализующая способность вод (ANC). Данный показатель широко применяется в биогеохимии почвенных вод, но слабо рассматривается в биогеохимии морских вод, что, вероятно, связано с устоявшимся мнением о высокой буферной способности морских вод, в том числе к кислотной нагрузке. Так, в 2010 г. в Кандалакшском заливе Мурманским УГМС было проведено 6 гидрохимических съемок на посту в торговом порту г. Кандалакши (Ежегодник ..., 2010), но такой показатель, как рН морских вод не входил в перечень контролируемых параметров. Анализ информации, приведенной в упомянутых ежегодниках за 2003–2009 гг., свидетельствует об отсутствии контроля над этим важным показателем и в прежние годы.

В данной работе для оценки ANC морских вод использован метод потенциометрического титрования. Суть его состоит в многократном измерении рН титруемого раствора (0.01 н раствора HCl) после каждого прибавления к нему порции титранта. При приливании к такому раствору сильной кислоты ионы водорода будут связываться с анионами слабой кислоты в слабодиссоциированные молекулы. Вследствие этого понижение рН раствора идет медленно до тех пор, пока все присутствующие в растворе анионы слабых кислот не будут связаны в слабодиссоциированные соединения. В практику анализа природных вод введен такой показатель как емкость буферности – общее количество кислоты, которое нужно добавить в систему, чтобы довести рН раствора от начальной точки титрования до рН 2.5. В соответствии с существующими представлениями кислотная ветвь кривых потенциометрического титрования природных вод обусловлена содержанием и составом водорастворимых анионов слабых кислот (гидрокарбонатов и органических кислот с низкой степенью диссоциации). Для титрования в кислой области использованы аликвоты морских вод объемом 25 мл. Кривые титрования были получены с использованием рН-метра Hanna Instruments (Германия). Анализ буферной емкости морских вод осуществлялся параллельно в фильтрате через бумажный фильтр “синяя лента” (диаметр пор 1.5–2 мкм) и в нефилтрованных пробах. Различие в полученных результатах относили к показателю буферной емкости, обусловленным присутствием в водах грубодисперсных взвесей (> 2 мкм). Для сопоставления общей буферной емкости и буферной емкости, обусловленной присутствием гидрокарбонатов, дополнительно проводили анализ щелочности вод согласно РД 52.24.493-2006.

Выбор контрольной (условно фоновой) точки акватории Белого моря соответствовал ГОСТ 17.1.3.08-82. Отбор проб морских вод для полного гидрохимического анализа осуществлялся с борта катера согласно требованиям 17.1.5.05-85 с помощью батометра Молчанова. Исследования проводили ежемесячно с начала июня по начало октября 2014 г. (до запрета выхода в море на маломерных судах). рН морских вод измеряли в течение часа после отбора проб в аналитической лаборатории Умбского участка ОАО “Апатитыводоканал”.

Полученные результаты свидетельствуют о сезонной вариабельности кислотности морских вод с максимальным закислением в начале июня и начале октября. Отмеченные значения рН в июне – 7.81, июле – 7.88, августе – 8.21, сентябре – 8.21, октябре – 7.65.

Наиболее стабильным параметром на протяжении всего периода исследований являлась щелочность вод (пределы вариабельности – 1.8–1.9 мг-экв/л). Минимум общей буферной емкости приходился на осенний период (сентябрь и октябрь – 9.72 и 10.60 мг-экв/л соответственно), а максимум – на начало июня (14.16 мг-экв/л). Доля буферности морских вод, обусловленная их щелочностью, не превышала 18 % от общей буферности на протяжении всего периода исследований. Максимальная доля буферности морских вод, обусловленных присутствием грубодисперсных взвешенных частиц (> 2 мкм), отмечена в начале июля. В августе и сентябре АНС нефилтрованных проб оказалась выше, чем филтрованных, а в октябре значения сопоставимы, что указывает на возможность дополнительной кислотной нагрузки при растворении взвесей в кислой среде. Отмеченные особенности позволяют сделать предположение, что относительно высокая буферная емкость морских вод Белого моря обусловлена присутствием либо солей слабых органических кислот, либо тонкодисперсных взвесей. Взвешенные вещества вод Белого моря делят на две группы: минеральные и биогенные (планктоногенные), причем в летний период вторые преобладают (до 82–99 %) (Кравчишина, 2009). В дальнейших планах проведение исследований состава растворенного органического вещества методами ВЭЖХ и фракционирование проб методами мембранной фильтрации.

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В АТМОСФЕРНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ НА ТЕРРИТОРИЮ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА

Т.А.Черепанова, Т.Т.Горбачева, С.И.Мазухина

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

Пространственная вариабельность состава и продукции фитопланктона Белого моря весьма подробно изучена (Федоров и др., 1980; Житина и др., 1981, Ильяш и др., 2002, 2003, 2011; Бергер, 2007). Наиболее продуктивными признаются воды Двинского залива, наименее – Кандалакшского. Одним из факторов, лимитирующих продуктивность морских вод, считается содержание железа (Elder et al., 1976; Anderson et al., 1982; Martin, Fitzwater, 1988; Martin et al., 1994). Доступность металлов для роста и развития фитопланктона зависит от лабильности их соединений, а, следовательно, от форм их нахождения в водной среде (Wells et al., 1995). Так, добавление железа к морской воде в неорганической форме или в виде аэрозолей способствует увеличению в ней содержания хлорофилла (Martin et al., 1991; Johnson et al., 1994). Нередко железо включают в группу биогенных элементов природных вод, поскольку оно входит в состав порфириновых и белковых соединений – главных носителей кислорода (Линник, Набиванец, 1986).

Задачами данной работы являлись: 1) оценка сезонной динамики выпадений железа на территорию Кандалакшского залива; 2) расширенное изучение форм нахождения железа в составе атмосферных выпадений с применением физико-химического моделирования (ПК “Селектор”) (Чудненко, 2010).

Отбор проб проводился на трех мониторинговых площадках ИППЭС: о. Тонная Луда (67°06'60" с. ш. 32°24'12" в. д.), о. Олений (67°05'58" с. ш. 32°25'55" в. д.) и п-ове Турий мыс (66°33'00" с. ш. 34°33'76" в. д.). Осадкоприемники дождевых вод представляли собой трубы из поливинилхлорида черного цвета со сквозными отверстиями для вентиляции. Диаметр трубы составлял 14.5 см, что соответствовало площади водосбора 0.0165 м². Внутри трубы помещался полиэтиленовый пакет вместимостью до 3 л, закрепляемый спе-

циальным колпаком. Перед закреплением колпаком поверхность трубы покрывалась съемной мелкоячеистой сеткой из синтетического материала для предотвращения попадания растительного опада, насекомых и прочих крупнодисперсных частиц. В полевых условиях с помощью пластиковой мерной посуды замерялся объем дождевых вод, скопившихся в осадкоприемнике за месячный период, затем отбиралась аликвотная часть пробы (250–300 мл) для проведения химического анализа. В день поступления проб в лабораторию определяли рН вод потенциометрическим методом без предварительной фильтрации. Каждая проба аналитической партии фильтровалась через бумажный фильтр “синяя лента” (диаметр пор 1.5–2 мкм). Анализ фильтрата проводили методами атомно-эмиссионной (K, Na) и атомно-абсорбционной (Ca, Mg, Zn, Mn, Cu, Ni, Al, Fe) спектрометрии; определение общего P, P фосфатов, Si и NH_4^+ – методом фотоколориметрии, общего углерода – бихроматным методом; анионный состав вод, включающий NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , – методом ионообменной хроматографии. Проверка качества анализов атмосферных выпадений, осуществляемых по методикам, примененным в данной работе, успешно проведена в 2005, 2009 и 2010 гг. в рамках межлабораторных сравнительных тестов международной программы ICP-forests.

Выпадение железа на обследуемую территорию Кандалакшского залива не превышало 1 мг/м^2 , что соответствует значениям, отмеченным для условно фоновых территорий Кольского полуострова. Максимум выпадений железа приходился на август.

Согласно правилам расчета ионного баланса дождевых вод, разница между суммой катионов (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ и H^+) и суммой анионов минеральных кислот (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-) в нормальных концентрациях принимается за сумму анионов органических кислот. Расчетные данные относительно суммы анионов органических кислот в составе проб, отобранных на территории Кандалакшского залива, показывают, что она может быть как соизмерима, так и существенно превышать этот показатель в отношении минеральных кислот. Из летучих органических кислот муравьиная и уксусная признаются абсолютными доминантами в составе жидкой фазы атмосферы (Keene et al., 1983; Sanhueza et al., 1991, 1992; Chebbi, Carlier, 1996). Одним из предполагаемых механизмов реакций формирования кислот в атмосфере является окисление олефинов (ненасыщенных углеводородов), в частности, изопрена, под действием озона. Установлено, что морская поверхность является источником эмиссии олефинов (Bonsang et al., 1985, 1988, 1992), что обусловлено метаболизмом фитопланктонных организмов (Moore et al., 1994). В связи с присутствием в пробах анионов органических кислот исследования форм нахождения железа проводились в рамках системы Al–C–Ca–Cl–K–Mg–Fe–Mn–N–Na–P–S–Si–Sr–Cu–Zn–H–O–e, где e – электрон. Такой подход успешно опробован нами в предыдущих работах (Мазухина и др., 2009; Мазухина, 2012; Горбачева, Мазухина, 2014). Входными параметрами модели являлись результаты прямого аналитического определения, в состав модели включены термодинамические параметры низкомолекулярных алифатических кислот (муравьиной и уксусной).

Наши результаты моделирования показали, что в летний период в формиатные комплексы может быть связано не более 9 % железа, тогда как в осенний – до 23 %. Это согласуется с выраженной сезонной динамикой концентраций анионов органических кислот. Минимальные значения приходятся на период предположительно максимальной биологической активности на исследуемой территории (июль, снижение до 12 мкг-экв/л). Отмеченные особенности указывают на высокую вероятность активной ассимиляции бактериальной микрофлорой и анионов органических кислот, и их комплексов с железом. Способность бактерий к гетеротрофному поглощению формиатов и ацетатов в дождевых водах подтверждена в работе (Herlihy et al., 1987).

Программный комплекс “Селектор” предусматривают возможность моделирования редокс-потенциала (Eh) системы, значения которого оказывают существенное влияние

на формы нахождения железа в природных водах. В водных растворах наиболее термодинамически устойчивыми соединениями железа являются Fe (III), но Fe(II) обнаруживается в водах с низкими значениями окислительно-восстановительного потенциала. Органическое вещество способно стабилизировать восстановленную форму Fe как за счет комплексообразования, так и за счет его действия как восстановителя, а зачастую вследствие проявления и того, и другого эффекта (Линник, Набиванец, 1986). Стабилизирующими свойствами по отношению к Fe (II) обладают липиды и пигменты, очень высокие константы устойчивости характерны для комплексов Fe (II) с сидерофорами, продуцируемыми бактериями и синезелеными водорослями (Anderson et al., 1982). Исследованные нами системы характеризуются отрицательными значениями Eh, что указывает на присутствие в них соединений с выраженными восстановительными свойствами, которыми могут являться, помимо перечисленных выше восстановителей, еще и NH_4^+ , H_2S и CH_4 , а также органические кислоты, олефины и их производные в метастабильном состоянии. Результаты физико-химического моделирования указывают на доминирование простых катионных форм Fe^{2+} в составе дождевых осадков (более 91 % в летний период). Муравьиная и уксусная кислоты как одноосновные карбоновые кислоты обладают слабой комплексообразующей способностью, поэтому в исследованных водах предполагается доминирование их простых солей (формиатов, ацетатов), а не комплексов. Следует подчеркнуть, что в осенний период содержание катионной формы Fe^{2+} снижается до 77 % за счет повышения доли формиатных комплексов, но лабильность и тех, и других считается высокой. Часть железа представлена в виде гидроксо-, сульфатных и хлоридных комплексов, однако их концентрация пренебрежительно мала. Полученные результаты указывают на целесообразность учета сезонных изменений лабильности соединений железа в составе атмосферных выпадений при исследовании факторов, влияющих на первичную продуктивность Белого моря.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В РЕКЕ УМБА МЕТОДОМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Т.А.Черепанова, С.И.Мазухина, С.В.Иванов

Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

В зонах смешения речных и морских вод происходит существенная трансформация веществ за счет формирования маргинального фильтра (МФ), что существенно уменьшает антропогенную нагрузку на морские экосистемы. Современные методы определения границ МФ предусматривают использование дистанционных измерений, что было успешно применено сотрудниками ИВПС КарНЦ в 2000–2006 гг. в исследованиях Двинского, Мезенского и Онежского заливов Белого моря (Филатов, 2007). Указанные заливы имеют относительно малый наклон дна, мелководны и отличаются достаточно большим протяжением барьерной зоны (несколько десятков километров), поэтому разрешение используемой аппаратуры (спутников SeaWiifs и NOAA) в 1 км позволило определить границы МФ и фронтальных зон. Для Кандалакшского залива, в котором объем стока рек относительно мал по сравнению с упомянутыми заливами, определение МФ и фронтов со спутников оказалось трудной задачей.

Классическим представлением о функционировании МФ является мнение о постепенном убывании концентрации взвешенных частиц, фитопланктона и растворенного органического вещества от реки к морю (Лисицын, 1994). Однако в последние годы получены данные, ставящие под сомнение такого рода представление (Долотов и др., 2002, 2004). Авторами отмечено, что на барьере река–море в зонах смешения вод рек Кандалакшского

залива (Карельский берег) концентрация взвеси практически не уменьшается при повышении солёности от 0 до 20 ‰. Одной из основных причин предполагается низкая концентрация взвеси в реках, впадающих в Белое море со стороны Карелии и Кольского полуострова.

Функционирование МФ в Белом море исследовалось главным образом на примере крупных рек Северная Двина, Онега, Кемь. В отношении малых рек, особенно Кандалакшского и Терского берегов, этот вопрос практически не прорабатывался. Одним из важных вопросов функционирования МФ является перераспределение форм нахождения элементов. При моделировании такого перераспределения производят отдельные расчеты по речным и морским водам, а уже потом составляется модель смешения этих вод. Такой подход успешно опробован сотрудниками Тихоокеанского океанологического института при применении программного комплекса “Селектор” (Савченко и др., 2008; 2009). Большой опыт использования возможностей ПК “Селектор” в области экологических исследований имеется у авторов данной работы (Мазухина и др., 2009; Мазухина, 2012; Горбачева, Мазухина, 2014). Основные приемы моделирования, отработанные нами при моделировании взаимодействия природных и геотехногенных систем (Мазухина, Сандимиров, 1998, 2002, 2003, 2005), могли бы быть весьма полезны при моделировании процессов, происходящих в зоне МФ, поскольку и в том, и в другом случае моделируются процессы перераспределения форм нахождения элементов и выпадения твердых фаз.

Целью данной работы явилась предварительная оценка возможностей ПК “Селектор” для моделирования форм нахождения элементов в составе речных вод. В качестве модельного объекта была выбрана р. Умба (Терский район Мурманской области). Поскольку работа проводилась как предварительная оценка, то для расчетов нами использованы опубликованные данные (Ежегодник ... 1984). Изучение ряда малых рек Карелии, впадающих в Белое море, выполненное в конце 1980- и 1990-х гг. ИВПС КарНЦ РАН (Сабылина, Селиванова, 1985; Феоктистов, 2004), показало, что химический состав вод этих рек в условиях слабой техногенной нагрузки мало изменяется со временем. Предполагается, что это справедливо и для малых рек территории водосбора Белого моря на побережьях Мурманской области.

Характеристики р. Умба: площадь водосбора 6250 км², среднегодовой приток в море 2.54 км³, диапазоны колебания водного стока 2.05–3.24 км³/год (Филатов, 2007).

Пробоотбор речных вод проводился в 8 км от устья р. Умба (6 марта, 21 мая и 3 августа) и в районе порога Паялка (21 мая и 3 августа), являющимся замыкающим гидротрическим створом реки (расстояние от устья 3 км).

При моделировании состава речных вод фиксировалось (задавалось) содержание элементов катионной части раствора (Na, K, Ca, Mg, Fe) и элементов анионной части (P, Cl, N, S, Si), концентрации которых соответствовали аналитическим. Такой подход успешно опробован нами ранее в рамках системы Al–B–Br–Ar–He–Ne–C–Ca–Cl–F–K–Mg–Mn–N–Na–P–S–Si–Sr–Cu–Zn–H–O–e, где e – электрон (Мазухина и др, 2009; Мазухина, 2012; Горбачева, Мазухина, 2014). Моделирование проводилось при температуре воды, соответствующей таковой при пробоотборе.

Программный комплекс “Селектор” предусматривают возможность моделирования редокс-потенциала (Eh) системы, оказывающего существенное влияние на формы нахождения в природных водах элементов с переменной валентностью (Fe, Mn, Cu). Согласно результатам моделирования, пределы варьирования Eh вод р. Умба во все сезоны и во всех точках составляли 0.82–0.86 В. Высокие редокс-потенциалы можно объяснить относительно низкими температурами воды, способствующими насыщению вод кислородом, а также аэрацией воды на порогах. Результаты моделирования содержания O₂ хорошо согласуются с аналитическими данными по его содержанию в рассматриваемой реке, а также с литературными данными по другим малым рекам водосбора Белого моря (Филатов, 2007). Так, в водах порога Паялка в мае содержание O₂ составляло 11.67 мг/л (аналитические данные), а по результатам моделирования – 12.4 мг/л, в августе – 9.71 и 8.99 мг/л соответственно.

Максимально возможное соответствие аналитически определенных и расчетных равновесных значений рН достигалось варьированием содержанием CO_2 и O_2 как входных параметров модели. Соотношение аналитических данных и результатов модельных расчетов для CO_2 : в мае – 6.6 и 7.5 мг/л, в августе – 3.0 и 3.2 мг/л соответственно.

Ранее было отмечено, что наибольшей стабильностью распределения в водах малых рек Карельского берега отличается растворенная кремнекислота (Филатов, 2007). Это оказалось справедливым и для р. Умба. Отмечена стабильность концентрации Si в водах на уровне 1 мг/л. Но весьма интересным оказались результаты моделирования, а именно доминирование молекулярных форм H_4SiO_4^0 (66–77 %) и SiO_2^0 (25–33 %), что, вероятно, обусловлено миграцией Si в виде тонкодисперсных взвесей и коллоидных частиц, не задерживающихся фильтром, применяемым в процессе подготовки проб к анализу.

Согласно результатам моделирования, для вод р. Умба характерно абсолютное доминирование простых катионных форм (> 99 %) K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , что отмечено во всех точках отбора и во все периоды. Поскольку исследуемый объект находится в зоне влияния морских аэрозолей, то возможно формирование хлоридных комплексов CaCl^+ , MgCl^+ , CuCl^+ , ZnCl^+ в водах, но доля каждого из металлов в составе этих комплексов не превышает 0.02 % валового содержания элемента.

Самое большое разнообразие форм нахождения в речной воде (13 ионных и молекулярных) отмечено для Fe, но доминирующими формами являлись FeO^+ (до 76 %) и HFeO_2^0 (до 61%). Доминирование положительно заряженных комплексов и молекулярных форм Fe предполагает важную роль в его миграции стока органического вещества почв водосбора как источника противоионов и сорбционных центров взвесей. В пользу этого предположения указывает и высокое сезонное перераспределение форм Fe.

Принимая во внимание отмеченные выше особенности миграции Fe и Si, а также учитывая наличие в перечне возможных форм CaSO_4^0 и MgSO_4^0 (согласно результатам моделирования), сделано предположение о начальном формировании центров осадкообразования еще в речных водах, что является важным моментом для дальнейшего моделирования процессов МФ.

СОСТАВ И СТРУКТУРА ИХТИОФАУНЫ ОТКРЫТОЙ ЧАСТИ КАРСКОГО МОРЯ ПО МАТЕРИАЛАМ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Н.В.Чернова

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Обобщены результаты траловой съемки, проведенной в Карском море в августе–сентябре 2012 г. с борта НИС “Дальние Зеленцы”. Обследованы три района общей площадью 126 тыс. км²: 1) Новоземельский желоб (глубины 76–414 м), 2) к северу от Обской губы (15–100 м, несколько станций – до 300 м), 3) севернее Байдарацкой губы (15–100 м, до 215 м). Донные и пелагические сборы выполняли тралом (проект № 2387.02.155) раскрытием 17.5 м с мелкойчейной вставкой 12 мм. На глубинах 10–20 м использовали стандартный трал Сигсби. Всего на 102 станциях выполнено 174 траления (90 донных, 72 пелагических и 12 тралом Сигсби). Неоценимую помощь в первичной обработке уловов на борту оказали Е.В.Смирнова и Е.В.Расхожева, которым автор выражает глубокую благодарность.

Уточнен видовой состав ихтиофауны Карского моря. Список рыб пополнен шестью новыми для науки видами липаровых рыб рода *Careproctus* (Scorpaeniformes: Liparidae). Все новые виды описаны из Новоземельского желоба и сопредельных ему вод (Чернова, 2014; Chernova, 2014). Особый интерес представляет бурый карепрокт *C. fulvus* (190–414 м), который откладывает икру в полость стеклянных губок *Schaudinnia rosea* (Hexactinellida: Rossellidae). Репродуктивный комменсализм рыб и губок (спонгиофилия) для рыб Арктики отмечен впервые.

Карликовый вид *C. mica* (204 м), включен в подрод *Careproctula*. Остальные виды, как и *C. fulvus*, относятся к группе щелеглазых длинноперых карепроктов номинативного подрода. *C. rosa* (140 м) и *C. uter* (206 м), найдены у дна, *C. karus* и *C. carinatus* пойманы в пелагиали. Новые карепрокты более близки к липаридам атлантической фауны, чем к комплексу тихоокеанских видов.

В Карском море пойманы рыбы 29 видов из 9 семейств: Osmeridae – *Mallotus villosus*, Gadidae – *Boreogadus saida*, *Eleginus nawaga*, *Gadus morhua*, Cottidae – *Gymnocanthus tricuspis*, *Icelus bicornis*, *Myoxocephalus scorpius*, *Triglops pingelii*, Agonidae – *Leptogonus decagonus*, *Ulcina olrikii*, Cyclopteridae – *Cyclopterus lumpus*, *Eumicrotremus derjugini*, Liparidae – *Liparis bathyarcticus*, *L. cf. fabricii*, *L. tunicatus*, *Careproctus carinatus*, *C. fulvus*, *C. karus*, *C. mica*, *C. rosa* и *C. uter*, Lumpenidae – *Leptoclinus maculatus*, *Lumpenus fabricii*, Zoarcidae – *Lycodes frigidus*, *L. pallidus*, *L. polaris*, *L. reticulatus*, *L. seminudus*, Pleuronectidae – *Hippoglossoides platessoides limandoides*. По числу видов преобладают липаровые (9 видов), бельдюговые (5) и керчаковые (4) рыбы. Сиговые и лососевые рыбы отсутствуют. Уловы на станциях включали рыб 1–6 видов. В целом ихтиофауна имеет арктический характер и, как и в других арктических районах, бедна видами.

Количественный анализ показал, что большая часть рыб сосредоточена не в пелагиали, а у дна: биомасса донных уловов составляла по трем обследованным районам 97, 94 и 82 % суммарного улова соответственно.

Состав фауны в изученных районах Карского моря весьма сходен. По частоте встречаемости среди четырех наиболее обычных рыб находятся сайка (97.5, 38 и 60 %), чернобрюхий липарис (90, 4 и 16 %) и баренцевоморская мойва (60, 22 и 32.5 %). В мелководных районах в четверку входит также арктический шлемоносный бычок (районы 2 и 3 – 28 и 37.5 %); в Новоземельском желобе – карепрокты (27.5%).

Численность рыб всех видов по районам (1, 2, 3) в среднем составляла 67, 54, 52.4 экз/ч траления, или 731, 585, 571 экз/км² соответственно. По численности в суммарных по району уловах 70–80 % составляли три арктических вида: сайка, чернобрюхий липарис и арктический шлемоносный бычок. Это подтверждает арктический характер ихтиофауны исследованной акватории.

Отметим заметную долю в уловах баренцевоморской мойвы, представленной в основном молодью длиной 7–13 см и массой менее 11 г. В суммарных по районам уловах по численности она составляла 11.9, 18.8 и 26.3 %, по биомассе – 4.0, 18.5 и 18.5 %. В то же время ранняя молодь в ихтиопланктоне не обнаружена. Возможно, мойва заносится в Карское море из Баренцева через проливы, концентрируясь в области приновоземельской циклонической циркуляции; Карское море для нее – район выселения, где вид не размножается.

Треска (2 экз. массой 5.8 и 2.8 кг) выловлена северо-восточнее пролива Карские Ворота (71°52.4' с. ш. 59°16.7' в. д., 151 м; 73°10' с. ш. 60°48.7' в. д., 125 м). Другие баренцевоморские рыбы (пинагор, европейский керчак, камбала-ерш) также отловлены в небольшом количестве. Поимки ликодов приурочены к Новоземельскому желобу. Навага и *Liparis tunicatus* встречены в прибрежных водах.

Биомасса рыб в уловах ничтожна. В среднем на станцию она составляла по трем обследованным районам, соответственно, 1.65, 0.35 и 0.89 кг/ч траления. Наибольшая биомасса рыб на станциях не превышала 15.5, 2.8 и 4.3 кг/ч. Заметную долю составляла сайка (70.6, 38 и 17.2 % суммарных уловов), чернобрюхий липарис (район 1 – 11.2 %), арктический шлемоносный бычок (район 2 – 22 %), навага и мойва (район 3 – 18.7 и 18.5 %). Ни одна из промысловых рыб (мойва, треска, камбала-ерш, навага) не встречена в промысловых концентрациях.

Сборы ихтиопланктона в экспедиции (120 ловов на 60 станциях) были выполнены Е.В.Смирновой и Е.В.Расхожевой. Обработка проб проведена О.В.Карамушко, которому

автор выражает искреннюю признательность. В пробах были единично обнаружены лишь мальки ледовитоморской лисички *Ulcina olrikii* (районы 2 и 3 – по 1 экз. длиной 35 мм) и чернобрюхого липариса (район 1 – 34.6 мм и район 2 – 3 экз. длиной 36–37.5 мм).

Пространственное распределение ихтиоценов исследовано с использованием многомерного анализа данных на основе методов, разработанных в Плимутской морской лаборатории (пакет программ PRIMER v5; Clarke, Warwick, 2001). Классификация станций проведена по итогам кластерного анализа на основе значений биомасс видов с использованием меры сходства Брея-Куртиса. Выделены три группировки рыб. Прибрежное мелководье занимает ихтиоцен с доминированием арктического шлемоносного бычка. В Новоземельском желобе и прилегающих водах представлена группировка липаровых рыб. Между ними расположена зона с доминированием сайки и мойвы при отсутствии бычков и липарид.

Сопредельное Печорское море иногда считают арктическим, усматривая большое сходство с Карским морем. Нами показано, что по составу и структуре карская ихтиофауна резко отличается от фауны рыб открытых вод сопредельного Печорского моря, где исследования были проведены нами в тот же период (39 тралений на 26 станциях). В последнем пойманы рыбы 17 видов из 8 семейств: Clupeidae (1), Osmeridae (1), Gadidae (4), Cottidae (3), Agonidae (2), Lumpenidae (1), Ammodytidae (1), Pleuronectidae (4). Уровень сходства между двумя морями по Брею-Куртису составляет менее 5 %. В Печорском море многочисленны навага, треска и камбалы, а характерные для Карского моря липаровые и ликоды отсутствуют. В прибрежной зоне преобладают песчанки и молодь камбал, на глубинах от 20 м – тресковые (пикша, треска, навага). Ихтиофауна открытых вод Печорского моря, таким образом, не имеет арктического характера.

Отличие арктических по характеру ихтиофауны карских вод от печорских состоит в резком падении биомассы рыб при переходе через новоземельские проливы. При сходных показателях численности рыб (в среднем 92 и 52–67 экз/ч траления соответственно), по ихтиомассе карские воды в 5–37 раз беднее печорских (13.23 и 0.35–1.65 кг/ч траления соответственно). Столь большие различия объясняются радикальной сменой видового состава ихтиоценов. Если в Печорском море преобладают рыбы крупных размеров (треска, пикша, камбалы), то арктическое Карское море населено мелкоразмерными рыбами (бычки, ликоды, липаровые). Аналогичные выводы сделаны и другими исследователями (Долгов и др., 2011). Различия количественных показателей ихтиомассы подтверждают принадлежность морей к разным зоогеографическим районам.

ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА МАТВЕЕВИЧА МУРАВЕЙКО (1944–2014)

А.Д. Чинарина

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Владимир Матвеевич Муравейко – крупный ученый в области сенсорной физиологии, талантливый, эрудированный, высококвалифицированный специалист, глубоко преданный науке и влюбленный в биологию.

В 1974 году он окончил кафедру ихтиологии и гидробиологии Ленинградского государственного университета. Научный путь начал в 1975 г. в Дальних Зеленцах в лаборатории физиологии Мурманского морского биологического института АН СССР, где за 39 лет прошел путь от старшего лаборанта до главного научного сотрудника.

Свою научную деятельность он посвятил электросенсорным системам морских животных, которые были изучены крайне слабо. Владимир Матвеевич приложил немало усилий для освоения и становления данного физиологического направления исследований. Лаборатория физиологии, как и другие подразделения Института, испытывала в то время недостаток рабочих помещений и оборудования. Рабочим кабинетом Владимиру

Матвеевичу служила полоска пространства (1х3 м), отгороженная от основной физиологической комнаты. В это микропомещение из бухты Дальнезеленецкая подавалась морская проточная вода, что позволяло вести эксперименты круглогодично. Великолепные технические знания Владимира Матвеевича о последних разработках электрофизиологического оборудования позволили очень быстро оснастить лабораторию необходимыми приборами намного лучше, чем у аналогичных лабораторий центральных институтов страны. Он и коллеги создавали различные экспериментальные установки, камеры для содержания подопытных животных и фиксирующие их приспособления, усовершенствовали инструментарий для выполнения операций на нервных клетках, кровеносных сосудах и головном мозге рыб. Параллельно он осуществлял поиск подходящих объектов исследований, которые удовлетворяли бы ряду определенных требований. Среди них были рыбообразные (миноги, миксины), много видов рыб из разных широт (треска, пикша, сайда, камбала, семга, горбуша, туркестанский и карликовый сомики, акула, черноморский, шиповатый и звездчатый скаты) и даже беспозвоночные. В результате проведенных изысканий наиболее подходящим видом оказался звездчатый скат *Amblyraja radiata* (Donovan, 1808), обладающий специализированными органами (ампулы Лоренцини), чувствительными для восприятия слабых электрических полей. Этот вид стал основным в изучении поведенческих реакций животного при воздействии электрического тока, морфологических перестроек органов и тканей, локализации сигналов в головном мозге, путей проведения импульсов, а также значения электрорецепции в ориентации и навигации животного при поисках пищи, избегании хищников, взаимоотношениях особей и, в дальнейшем, возможности прогнозирования различных природных явлений (штормов, цунами, землетрясений). Владимир Матвеевич был исключительно трудолюбив, что позволило ему получить большой объем оригинального фактического материала.

В 1977–1981 годах В.М.Муравейко обучался в заочной аспирантуре Института физиологии им. И.П.Павлова (г. Ленинград), а в 1982 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию по теме “Функциональные свойства электросистемы ската”. Материалы его исследований публикуются в трудах и сборниках Института, в рецензируемых отечественных и зарубежных журналах, докладываются на конференциях, совещаниях, симпозиумах, съездах, вызывая неизменный интерес присутствующих. Владимир Матвеевич как любой талантливый ученый не докладывал, а рассказывал о сложных вещах очень просто и понятно, поэтому суть работ становилась доступной всем. В 1988 году была опубликована его монография “Электросенсорные системы морских животных”, получившая широкий положительный отклик специалистов.

Многочисленные изыскания В.М.Муравейко всегда воплощались в практические результаты, полезные для рыбного хозяйства. Он был хорошим организатором не только экспериментальных работ, но и полевых исследований. На реках Восточного Мурмана он много лет собирал данные, которые послужили основой для совершенствования способов электролова лососевых рыб и создания электрозаградительных устройств. Он также инициатор запатентованной разработки искусственной приманки для ярусного лова трески.

Но важнейшим направлением его деятельности можно считать изучение физиологических особенностей жизнедеятельности морских видов рыб Баренцева моря. В процессе длительных наблюдений он установил, что магнитное поле Земли влияет на электрорецепторы хрящевых рыб, а результаты данных исследований были оформлены Госкомитетом по изобретениям СССР как открытие № 371 от 01 ноября 1989 г.

В 1996 году Владимир Матвеевич блестяще защищает докторскую диссертацию на тему “Электросенсорные системы у круглоротых и рыб”.

После переезда Института в Мурманск В.М.Муравейко одним из первых в России начинает исследования поведения морских гидробионтов при влиянии на них факторов антропогенной природы – технических шумов, пневмопушек, шламов буровых растворов,

которые используются при сейсморазведке, поиске, добыче, разработке полезных ископаемых на Арктическом шельфе. В последние годы он интересовался также природой взаимосвязи космогеофизических факторов и реакций различных видов морских животных. В результате этих исследований была опубликована работа “Влияние космогеофизических факторов на динамику уловов рыб”, где представлены его взгляды на сложнейшие процессы формирования биопродуктивности водных акваторий.

В.М.Муравейко обладал широким кругозором, что позволяло ему обсуждать широкий круг самых разнообразных вопросов как на биологические темы, так и далекие от них направления, связанные с философией, электромеханикой, физикой. Он любил и ценил литературу, обладал тонким чувством юмора. И в Дальних Зеленцах, и позже в Мурманске, он отдавал много времени и сил студентам-практикантам и молодым ученым, причем это делалось не формально, а максимально ответственно за судьбы начинающих исследователей.

В.М.Муравейко является автором 130 научных публикаций. Результаты его теоретических и экспериментальных работ неоднократно включались в основные достижения АН СССР и РАН, экспонировались на ВДНХ СССР, а также были внедрены в восьми научных и проектных учреждениях. Своим открытием и достижениями Владимир Матвеевич значительно обогатил отечественную и мировую науку. За успешную научную деятельность он награжден грамотами и дипломами Президиума РАН, Кольского научного центра РАН, Мурманской области. Следует также отметить, что исследования В.М.Муравейко высоко оценивал выдающийся ученый академик Е.М.Крепс.

Я горжусь тем, что имела возможность долгие годы работать и общаться с Владимиром Матвеевичем Муравейко, умным, честным, порядочным человеком, патриотом нашего Института. Такой человек не может быть забыт!

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭКОСИСТЕМУ БЕЛОГО МОРЯ

В.А.Чугайнова

Северный филиал Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М.Книповича, г. Архангельск, Россия

Характеристика загрязнения экосистемы Белого моря дается на основе анализа полевых исследований, проведенных Северным филиалом ПИНРО в 2000–013 гг. Полевые работы включали в себя наблюдения на сети стандартных мониторинговых станций на открытых морских акваториях Белого моря весной, летом и осенью, а также на суточных прибрежных станциях во все сезоны года.

В Белом море наиболее распространенным загрязнителем являются нефтеуглеводороды. Их источниками могут быть стоки бытовых и промышленных вод, атмосферный перенос, промылочные и балластные воды морских плавсредств.

Если рассматривать акваторию Белого моря в целом, можно сказать, что в среднем загрязненность поверхностных вод нефтяными углеводородами не превышала рыбохозяйственный норматив (0.05 мг/л). Исключение составил Двинский залив, в кутовой части которого наблюдалось наибольшее превышение ПДК. Однако повышенные концентрации нефтеуглеводородов периодически были зафиксированы на всей акватории в течение всего периода наблюдений. Так, максимальные значения, порядка 3–4 ПДК были отмечены в Двинском, Кандалакшском, Мезенском заливах и Воронке, минимальные – в Онежском, Кандалакшском заливах и Бассейне. Наибольшая амплитуда колебаний содержания нефтеуглеводородов наблюдалась в весенний и осенний периоды в Двинском заливе, где она составляла 0–14 и 0–10 ПДК соответственно. В целом по морю повторяемость сверхнормативных концентраций нефтеуглеводородов в весенний период составляла 9 %, летний – 18 %, осенний – 14 %.

Зафиксированные концентрации нефтеуглеводородов в водах Белого моря следует признать сравнительно низкими, несмотря на их повышенные концентрации в кутовых частях и в области стокового течения в Двинском, Кандалашском и Мезенском заливах, и не способными серьезно повлиять на промысловых гидробионтов. Сверхнормативное содержание нефтяных углеводородов не могло негативно сказаться на их жизненных циклах. Это можно объяснить тем, что отрицательное влияние сверхнормативных концентраций нефтепродуктов на кормовую базу рыб, их икру, личинок и молодь незначительно по отношению к воздействию природных факторов. Действительно, колебания температуры и солености морских вод в опресняемых заливах, а также сильные штормовые ветры способны вызвать массовую гибель гидробионтов. В подобной ситуации реакции гидробионтов на загрязнение морских вод будут сильно “замаскированы” на фоне флуктуирующего влияния природных процессов.

Концентрация бенз(а)пирена в водах Белого за весь период наблюдений не превышала предельно допустимый уровень и составляла менее 0.05 нг/дм^3 на всей акватории.

Мониторинговые исследования фенольных соединений, проводимые в Онежском и Двинском заливах, показали увеличение содержания с годами. В последние годы нередки случаи превышения ПДК по фенолам (0.001 мг/дм^3) на всей акватории заливов. Максимальные концентрации были зафиксированы в куту Двинского залива ($0.08\text{--}0.011 \text{ мг/дм}^3$), в куту Онежского залива – до $0.08\text{--}0.09 \text{ мг/дм}^3$ в весенний период, что связано с паводком. В осенний период, как правило, концентрации фенолов снижались и их максимальные значения (до 4 ПДК) также были отмечены в кутовых частях заливов. Основными источниками фенолов в Двинском и Онежском заливах являются стоки рек Северная Двина и Онега соответственно, а также сточные воды городов Северодвинск, Архангельск и Онега. Кроме этого в морских водах встречаются фенольные соединения природного происхождения, в первую очередь, связанные с деструкцией водорослей.

Превышение ПДК по алюминию (0.04 мг/дм^3) часто наблюдались в пробах воды из кутовой части Онежского залива, что связано либо с деятельностью Северо-Онежского бокситового рудника, либо с деятельностью ОАО “Карьер Покровское”, расположенного в устье р. Онеги. В результате штормов происходило взмучивание донных осадков и в воде резко повышалось содержание алюминия, которое не наблюдалось при тихой погоде. Периодически повышенные концентрации алюминия были отмечены и в кутовой части Двинского залива.

Исследования вод Белого моря показали, что уровень их загрязнения тяжелыми металлами оставался сравнительно низким. Концентрации их были либо минимальны, либо находились ниже предела обнаружения методов выполнения измерений.

Результаты проведенных исследований по содержанию тяжелых металлов в пробах водорослей, собранных в районе Соловецких островов, моллюсков из Мезенского залива и рыб из различных районов Белого моря, а также устьевых зон рек водосборного бассейна не превышали санитарно-гигиенические нормы.

Экологические исследования, проведенные Северным филиалом ПИНРО в 2000–2013 гг., дают возможность сделать следующие выводы:

- содержание нефтеуглеводородов на акватории Белого моря остается на уровне последних 5 лет с определенной изменчивостью по районам;

- в целом по Белому морю увеличилось содержание фенольных соединений как в открытой части, так и в прибрежных районах;

- содержание растворенного алюминия превышало ПДК в кутовых частях Онежского и Двинского заливов и области сточного течения;

- уровень загрязненности акватории Белого моря тяжелыми металлами не превышал допустимые нормы;

- содержание тяжелых металлов в пробах водорослей, рыб, моллюсков при широком диапазоне колебаний их концентраций не превышало санитарно-гигиенические нормы;

имеющееся влияние хозяйственной деятельности на экосистемы исследованных районов происходило в рамках природных (допустимых) колебаний и не могло быть четко выделено на фоне происходящих природных процессов, особенно в зоне смещения речных и морских вод.

Таким образом, техногенное влияние на промысловые биоресурсы и кормовую базу рыб и морских млекопитающих Белого моря в целом можно считать незначительным. Сверхнормативные содержания загрязняющих веществ имели локальный характер и наблюдались чаще всего в районах наиболее интенсивной хозяйственной деятельности, включая устьевые области рек.

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ПРИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ

Н.В.Шабалин¹, А.И.Исаченко¹, Е.А.Киселева¹,
Д.Г.Илюшин², В.В.Козловский¹, В.О.Мокиевский³,

¹Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, г. Москва, Россия

²Институт экологического проектирования и изысканий, г. Москва, Россия

³Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, г. Москва, Россия

При планировании и проведении хозяйственных работ на морских акваториях следует получить предварительное описание донных сообществ живых организмов, а затем контролировать происходящие в них изменения. Согласно российским нормативным документам при выполнении инженерно-экологических изысканий в море необходимо составлять тематические картосхемы, содержащие информацию о распределении морской биоты с оценкой ее уязвимости к основным видам антропогенных воздействий. Особенно важны при этом исследования бентоса как наиболее репрезентативного компонента, позволяющего оценить состояние морской экосистемы в целом. Однако, существующая в настоящий момент нормативная база Российской Федерации несовершенна, особенно, в части изучения морской биоты. Предъявляя требования к результатам, существующие нормативы не устанавливают никаких требований к методам их получения.

В докладе приведен обзор методов, применяющихся коллективом авторов для оценки состояния донных сообществ при проведении прикладных работ. В качестве примера показаны методы выделения, идентификации и картографирования элементов пространственной мозаики бентоса на акваториях Белого, Охотского и Японского морей с помощью гидролокации бокового обзора и подводной видеосъемки.

Отдельно акцентируется внимание на проблеме составления комплексных карт уязвимости природных экосистем и на использовании дистанционных методов исследований (подводной видеосъемки) участков дна, на которых ожидается наиболее существенное воздействие на макробентос.

Современные подходы к изучению донных сообществ при инженерных изысканиях должны базироваться на совмещении традиционных методов отбора донных проб для качественных и количественных исследований и широкого арсенала дистанционных методов, позволяющих, с одной стороны, существенно ускорить и облегчить процесс картографирования протяженных площадей, а с другой – повысить точность пространственной привязки данных. Это позволяет снизить трудозатраты и одновременно увеличить точность описания пространственного расположения и внутренней неоднородности донных сообществ.

Оптимальным является совмещение нескольких групп методов – традиционного пробоотбора, акустического исследования, видеосъемки по транстестам и фотографирования отдельных объектов или участков дна.

Использование гидролокатора бокового обзора дает возможность точного оконтуривания отдельных выделов, их увязки друг с другом и определения пространственной

неоднородности исследуемого полигона. Непрерывная фото- или видеосъемка позволяет изучать пространственную неоднородность более детально, с выявлением особенностей пространственного размещения характерных элементов подводных ландшафтов и даже отдельных объектов животного мира (крупных форм бентоса). Фотосъемка помогает документировать основные элементы неоднородности донных фаций, а также может быть использована для анализа микромасштабного (в пределах 1 м² и менее) распределения отдельных организмов или их групп.

Высокая мозаичность фаций, характерная для малых глубин делает применение видео критически необходимым при ландшафтном картировании верхнего шельфа. Так, например, в морях, покрытых сезонными льдами, обязательным элементом подводного ландшафта являются валуны различной крупности, случайным образом распределенные по дну. Стандартная дночерпательная съемка в большинстве случаев не позволяет ни выявить этот элемент, ни оценить количественно роль эпифауны. Комплексный подход позволяет совместить мозаику контуров, выделяемых стандартным пробоотбором, с фациальным разнообразием каждого ландшафта.

Применение спутниковых методов и аэрофотосъемки ограничено глубиной (особенно в высоких широтах), но они позволяют получать точно привязанную информацию об объектах, находящихся на очень малых глубинах и из-за этого недоступных для гидролокационных методов. В пределах приливоотливной зоны и выше по профилю спутниковые и аэрофотографии могут выступать в качестве основного источника информации о пространственном размещении фаций прибрежного ландшафта.

Задача количественных и качественных исследований проб, отобранных традиционными методами с помощью соответствующих орудий сбора – это сверка полученной дистанционной информации. Кроме того, именно эти исследования являются основным источником данных о точном видовом составе донных комплексов, видовом разнообразии и количественных характеристиках биоты. Данные о полном видовом разнообразии донного ландшафта в целом или его отдельных выделов могут быть получены только путем отбора проб.

Совмещение разных методов позволяет достаточно полно охарактеризовать донные подводные комплексы в любом заданном диапазоне глубин и представить полученные данные в наиболее удобном формате – в виде карты или набора карт.

Использование современных дистанционных методов для изучения структуры донных сообществ имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами исследования – оперативность получения информации, точность получаемой батиметрической карты и контуров однородностей (по результатам исследований с применением гидролокатора) и др.

Применение комплексного подхода к изучению донных сообществ, представляющего собой совокупность традиционных и дистанционных методов исследования, позволяет получать высокоточные результаты с более высоким уровнем достоверности, чем при водолазных и дночерпательных сборах по сетке станций, и дает возможность более эффективно оценивать состояние и осуществлять в дальнейшем мониторинг состояния донных сообществ.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТ УЯЗВИМОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ И МОРСКИХ ЗОН ОТ НЕФТИ

А.А.Шавыкин

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

С началом освоения российского Арктического шельфа возрастает угроза нефтяного загрязнения его морей. Важная нерешенная в России в этом отношении проблема, связанная с ликвидацией разливов нефти (ЛРН), – разработка и использование карт уязвимости

прибрежных и морских зон от нефти. “Составление и обновление карт уязвимых зон является ключевым моментом процесса планирования” ЛРН (РИЕСА ..., 2000). Однако в России нет нормативов, предписывающих обязательную подготовку и использование в планах ЛРН карт уязвимости прибрежных и морских зон, а также карт чувствительности береговой линии, отсутствует и единая утвержденная методика построения таких карт.

Цель настоящего исследования – разработка методики построения карт экологической уязвимости прибрежных и морских зон от нефтяного загрязнения, которая может быть положена в основу единой российской методики.

Состав карт экологической уязвимости. В планы ЛРН предлагается включать: 1) карты чувствительности береговой линии по индексу ESI (NOAA ..., 2002); 2) базу данных фото- и видеоматериалов берегов, которая необходима в том числе и для построения карт ESI (этот вопрос далее не рассматривается); 3) карты “относительной” интегральной уязвимости прибрежных и морских зон; 4) карты “абсолютной” интегральной уязвимости (разрабатываются по той же методике, что и карты “относительной” уязвимости). Последние для целей ЛРН могут быть использованы частично, в основном они предназначены для научных, природоохранных целей и рационального природопользования. Карты “относительной” уязвимости показывают уязвимость различных районов в диапазоне минимум–максимум уязвимости по отдельным сезонам, и на них всегда присутствуют участки с рангами уязвимостью 1–3 или 1–5 в зависимости от принятого числа рангов; карты “абсолютной” уязвимости имеют диапазон минимум–максимум уязвимости за год (для сезонов на них может не быть участков с высокой или низкой уязвимостью). Наборы всех карт экологической уязвимости (пункты 1, 3, 4) должны быть трех масштабов: для всей прибрежной и морской зоны – стратегические (1:2000000–1:500000) и тактические (1:250000–1:100000), для особо важных объектов и участков – объектные (1:10000–1:50000).

Этапы и алгоритм методики построения карт интегральной уязвимости. *Подготовка исходной информации по картографируемому району.* Определяют перечни учитываемых важных компонентов биоты (ВКБ) – групп/подгрупп/видов биоты (g); особо значимых объектов (ОЗО) – экологических, социокультурных ресурсов (без биоты), объектов хозяйственной деятельности (с); природоохранных территорий (ПОТ) – заповедников ..., районов обитания краснокнижных видов, планируемых ООПТ (d). Уточняют границы сезонов (s) – периодов года, для которых практически не меняется плотность распределения ВКБ (V_b^{sg}) и видовой состав биоты. Оценивают коэффициенты уязвимости V_b^g биоты от нефти (Offringa, Lahr, 2007): $V_b^g = (S^g \times E^g) / R^g$, где S^g – чувствительность групп/подгрупп/видов к нефти, R^g – восстанавливаемость биоты, E^g – потенциальное воздействие нефти на нее. Определяют (как аналог коэффициентов уязвимости ВКБ) коэффициенты приоритетной защиты ОЗО V_c^e (исходя из экологической, социокультурной и хозяйственной значимости e-го объекта) и ПОТ V_d^f (оценивают по природоохранной значимости каждой f-ой территории).

Построение сезонных карт уязвимости ВКБ. Возможны два варианта:

1) данные о биоте имеются в полном объеме. Карты сезонного, разномасштабного распределения ВКБ (V_b^{sg} – плотности распределения биоты в сезон s) строят в единицах измерения, принятых для данной группы/подгруппы/вида (в граммах на квадратный метр, тоннах на 1 ч траления, экземплярах на квадратный километр ...). Карты нормируют на среднегодовое значение обилия всей группы (P^{gy}) в картографируемом районе: $V_b^{sg[y]} = V_b^{sg} / P^{gy}$ (первая нормировка). Выполняют “сложение” карт распределения биоты $V_b^{sg[y]}$ с учетом коэффициентов V_b^g ($Y_b^s = \sum_g V_b^{sg[y]} \times V_b^g$). Полученные карты для Y_b^s нормируют (вторая нормировка) на максимум Y_b^s за сезон и за год и переходят, соответственно, в диапазоны значений $\min Y_b^{s[s]} \div 100$ или $\min Y_b^{s[y]} \div 100$ усл. ед. Результат – карты “относительной” и “абсолютной” уязвимости ВКБ;

2) исходных данных о биоте недостаточно, но возможны экспертные оценки. Карты строят в рангах (например: 1–3 или 1–5). На основе опубликованных данных и экспертного подхода оценивают сезонные соотношения обилия для учитываемых g -х групп биоты в районе: $A^{s,g} : A^{s_2,g} : A^{s_3,g} \dots$ ($\sum_{s_i} A^{s_i,g} = 1$ или 100). Это необходимо, так как в сезоне или между сезонами ранги (1–3 или 1–5) не отражают соотношения обилия между g -ми группами биоты (оно может меняться на несколько порядков). Пример такого подхода приведен ранее (Шавыкин, Ильин, 2010). Рассчитывают распределение уязвимости биоты для каждого сезона: $Y_b^s = \sum_g A_b^{sg} \times B^{sg} \times V_b^g$. Выполняют (аналогично второй нормировке варианта 1) нормировку полученных карт на $\max Y_b^s$. Получают карты распределения “относительной” $Y_b^{s[s]}$ и “абсолютной” $Y_b^{s[y]}$ уязвимости ВКБ.

Построение карт уязвимости ОЗО. Строят исходные карты расположения ОЗО (C^{se}) для каждого s -го сезона: $C^{se} = 1$ в пределах полигона ОЗО и $C^{se} = 0$ – вне его. Выполняют для каждого сезона “сложение” карт ОЗО с учетом коэффициентов V_c^e ($Y_c^s = \sum_e C^{es} \times V_c^e$). Нормируют полученные карты уязвимости аналогично второй нормировке в варианте 1. Итог – карты распределения “относительной” и “абсолютной” уязвимости ОЗО района в диапазонах $\min Y_c^{s[s]} \div 100$ и $\min Y_c^{s[y]} \div 100$ усл. ед.

Построение карт уязвимости ПОТ. Готовят исходные карты их расположения (D^{sf}) для разных сезонов (для года в целом, если оно одинаково во все сезоны). Полигонам D^{sf} присваивают значения 1, остальной акватории – 0. Проводят “сложение” карт ПОТ с учетом коэффициентов приоритетной защиты V_d^f ($Y_d^s = \sum_f D^{sf} \times V_d^f$). Нормируют Y_d^s на максимум Y_d^s за сезон или за год (аналог второй нормировки в варианте 1), получают карты распределения $Y_d^{s[s]}$ и $Y_d^{s[y]}$ “относительной” и “абсолютной” уязвимости ПОТ.

Построение карт интегральной уязвимости. Выполняют “сложение” карт “относительной” уязвимости ВКБ, ОЗО и ПОТ: $Y_{\Sigma}^{s[s]} = K_b \times Y_b^{s[s]} + K_c \times Y_c^{s[s]} + K_d \times Y_d^{s[s]}$. Диапазон значений интегральной уязвимости $Y_{\Sigma}^{s[s]}$ для каждого сезона делится на 3–5 равных(!) поддиапазонов. Эти карты включают в планы ЛРН. Участки с высоким рангом (3 или 4–5, в зависимости от числа рангов) – районы приоритетной защиты, которые необходимо защищать в первую очередь при операциях по ЛРН. Районы с рангами 1 (для шкалы 1–3) или рангами 1–2 (для шкалы 1–5) могут при определенных условиях выступать как “жертвенные” районы, куда можно направлять нефть для ее последующего сбора, ликвидации или затопления. Аналогично получают карты “абсолютной” интегральной уязвимости: $Y_{\Sigma}^{s[y]} = K_b \times Y_b^{s[y]} + K_c \times Y_c^{s[y]} + K_d \times Y_d^{s[y]}$. Диапазон уязвимости $Y_{\Sigma}^{s[y]}$ за год делят на 3–5 равных(!) поддиапазонов. Значения коэффициентов K выбирают на основе экспертных оценок с учетом принимаемого вклада ВКБ, ОЗО и ПОТ в интегральную уязвимость. Объектные карты строят по варианту 1 (в этом случае по району, как правило, всегда должна быть полная информация о биоте), стратегические и тактические карты – по варианту 1 или 2 в зависимости от наличия исходных данных.

Таким образом, разработана методика построения карт уязвимости прибрежных и морских зон от нефти для планов ЛРН (карты “относительной” уязвимости) и для природоохранных и научных целей (карты “абсолютной” уязвимости). Основная важная особенность методики заключается в том, что при наличии полных исходных данных о биоте распределение всех ВКБ представляется в одних и тех же единицах – доли учитываемого компонента от среднегодового обилия его группы, приходящейся на единицу площади картографируемого района. Для использования этой или другой методики в качестве единой

российской необходимо провести их широкое обсуждение со всеми заинтересованными сторонами, в первую очередь, с ликвидаторами разливов и природоохранными органами, и далее принять соответствующие нормативные документы.

ГОЛОЦЕНОВАЯ МОРСКАЯ МАКРОФАУНА ИЗ РАЙОНА БУХТЫ ПЕТУНИЯ (АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН)

В.В.Шарин

Полярная морская геолого-разведочная экспедиция, г. Санкт-Петербург, Россия

Повышенный интерес к четвертичным отложениям Шпицбергена, изучением которых в настоящее время занимаются исследователи многих стран, предопределил необходимость систематизации имеющихся сведений. Вопросы по систематизации, составу, вертикальному и площадному распространению ископаемых четвертичных беспозвоночных рассматривался в ряде работ (Feuyling-Hanssen, 1955; Семевский, Шкатов, 1980 и др.).

С появлением новых методов датирования четвертичных отложений, таких как уран-ториевый, ОСЛ, АМС и другие, назрела необходимость дополнения дальнейшей систематизации имеющихся данных по четвертичной истории Шпицбергена. Поэтому новым шагом в этом направлении послужили последние работы геологов ПМГРЭ в районе пос. Пирамида и бухты Петунья (как и в других районах Шпицбергена), где были получены новые геохронологические данные по четвертичной и, в первую очередь, голоценовой, истории архипелага Шпицберген.

Изученный район расположен в центральной части о. Западный Шпицберген (крупнейшем из островов архипелага). Он включает северную часть Булле-фьорда (бухты Петунья и Мимер) и прилегающие территории. В ходе полевых работ последних лет, которые проводились геологами ПМГРЭ, особое внимание уделялось изучению морских террас, составлению разрезов слагающих их отложений, рассмотрению состава ископаемой макрофауны, отбору проб для определения абсолютного возраста. В результате работ были исследованы морские террасы семи основных уровней: 4–5, 8–10, 13–15, 20–22, 28–30, 48–50, 65–70 м.

Мощность аккумулятивного чехла морских террас варьирует от 0.5 до 35 м. Террасы верхних уровней сохранились в виде разрозненных останцов, в значительной степени денудированных и частично перекрытых солифлюкционными образованиями. Площадки террас полого наклонены в сторону моря. Их ширина достигает 200 м. Бровки отчетливые, частично размытые, уступы резкие, большей частью скрыты осыпными или солифлюкционными образованиями. С поверхности террас этих уровней, а также из составленных разрезов четвертичных отложений была отобрана серия образцов макрофауны. На основании определений состава макрофауны, а также полученных данных абсолютного возраста, проведенных уран-ториевым и радиоуглеродным методами (Максимов и др., 2015), было выделено два комплекса морских террас.

Террасы верхнего уровня (70–30 м) характеризуется в районе фаунистическим комплексом *Mya truncata* (Linne), *Hiatella arctica* (Linne), *Macoma calcarea* (Gmelin).

Нижний комплекс (30–2 м) значительно разнообразнее в видовом отношении. Здесь определены следующие виды малакофауны: *Chlamys islandicus* (Linne), *Clinocardium edule* (Linne), *Mytilus edulis* (Linne), *Cyprina islandica* (Linne), *Astarte montagui* (Dillwyn), *Astarte elliptica* (Brown), *Leda pernula* (Müller), *Mya pseudoarenaria* (Schlesch), *Serripes groenlandicus* (Bruguiere), *Buccinum glaciale* (Linne), *Buccinum groenlandicum* (Linne), *Lepeta coeca* (Müller), *Littorina littorea* (Linne), *Natica clausa* (Broderyp et Sowerby), *Balanus* sp., *Lithothamnion* sp., *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller).

Cyprina islandica (Linne), *Mytilus edulis* (Linne) и *Littorina littorea* (Linne) являются индикаторами голоценового климатического оптимума и свидетельствуют о том, что в отрезок времени их проживания на Шпицбергене в голоцене температура воды была выше,

чем современная. Они были обнаружены на побережьях бухты Петунья и в долине Ми-мердален на расстоянии до 4 км от современной береговой линии, что наводит на мысль о существовании в это время на территории этой долины палеозалива, причем с достаточно спокойными условиями осадконакопления. Об этом свидетельствуют относительно большие для Шпицбергена мощности четвертичных осадков – до 35 м (Российские ..., 1998). Очевидно, это связано с деградацией ледников и поступлением значительного количества обломочного материала в сравнительно спокойные водные условия. Не исключено, что в этот отрезок времени (9500–4000 лет назад), в связи с потеплением климата и смещением снеговой границы, ледники на этой территории прекратили свое существование.

Изучение разноуровневых морских террас, сходных по фаунистическому комплексу, помогает определить пространственно-временной характер неотектонических движений, что имеет важное значение для района Булле-фьорда, в связи с которым известны крупные проявления углеводородов (Твердые ..., 2010).

Геоморфологическое строение района бухты Петунья, включая территорию пос. Пирамида, изучение обнаруженной здесь макрофауны (ископаемой и ныне живущей) имеет большое значение для решения задач палеогеографии, палеоклиматологии, геоэкологии, а также для выявления процессов, оказывающих деструктивное воздействие на инфраструктуру российских поселков на Шпицбергене. Кроме этого, исследование четвертичных осадков как наземных, так и подводных необходимо с целью построения реконструкций палеообстановок и прогнозирования изменений природной среды в будущем.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АНОМАЛИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ И СОЛЕННОСТИ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ В 1977–2012 гг.

И.В.Шевердяев¹, А.Е.Цыганкова², С.В.Бердников¹

¹Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

В 1992–2000 годах Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН и Лаборатория климата океана Национальной администрации по океану и атмосфере США (Ocean Climate Laboratory NODC NOAA) в рамках проектов “Спасение и архивация глобальных океанографических данных” (GODAR) и “База данных Мирового океана”, поддержанных Межправительственной океанографической комиссией ЮНЕСКО, создали первую общедоступную и относительно полную по составу, истории и географии наблюдений базу данных (более 74 тыс. морских станций) морей Западной Арктики (Climatic ..., 1998; Biological ..., 2000).

К 2004 году была сформирована и опубликована база данных по океанографии и биологии морей Арктики, которая содержала уже почти 259 тыс. станций, из них более 219 тыс. станций приходится на Баренцево море (Climatic ..., 2004).

В 2012–2013 годах сформирован сводный “Атлас климатических изменений в больших морских экосистемах северных и южных морей России (1878–2013)” (опубликован в издательстве ЮНЦ РАН в 2014 г., английская версия находится в печати в НОАА). Атлас охватывает большие морские экосистемы Баренцева (включая Белое), Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского и Берингова морей на севере и Азовского, Черного и Каспийского морей на юге. В базе данных накоплена первичная информация по 615694 морским станциям за 140 лет (1870–2013 гг.), в том числе 238 тыс. станций по Баренцеву морю.

Климатические изменения в Арктике характеризуются наибольшим размахом и ведут к серьезным последствиям для экосистем и морской хозяйственной деятельности. В современной истории климата самым теплым был период атлантического оптимума – около 6.8 тыс. лет назад (Матишов, Павлова, 1990). За последние столетия отмечались циклические изменения климата и состояния ледового покрова, заведомо не связанные с антропо-

генными воздействиями. Среди них выделяется “малый ледниковый период” в середине минувшего тысячелетия. До начала 1990-х годов климатические условия в Арктике были относительно стабильными, с чередованием умеренных аномалий разного знака. В течение последних 20 лет в северной полярной области наблюдается ярко выраженное потепление, которое заметно сказалось на состоянии атмосферы, океана, морских и наземных льдов (Научные ..., 1997; Levitus et al., 2005; Varents ..., 2009; Изменения ..., 2010; Климат ..., 2011; Матишов, Дженюк, 2012).

В истории исследований Баренцева моря преимущественное внимание уделялось температурному режиму. Сведения о температуре воды имеют первостепенное значение в промысловой океанологии. Гидрофизические и акустические процессы в водной толще зависят, прежде всего, от температуры воды, так как изменчивость солености в пелагиали Баренцева моря относительно невелика. Данные термохалинных съемок постоянно используются для расчетов циркуляции вод и водообмена динамическим методом. Именно поэтому такое большое значение придается регулярности выполнения съемок на вековых и стандартных разрезах и формированию баз океанологических данных.

Исследования среды и экосистемы Баренцева моря на методическом и техническом уровне, отвечающем современным требованиям, проводятся уже более столетия. Система глубоководных съемок ориентирована на сетку стандартных и вековых океанологических разрезов, среди которых особое место занимает разрез VI (“Кольский меридиан”). На нем выдерживается регулярность и обеспечена наибольшая плотность наблюдений во все месяцы года. Поэтому выводы об изменчивости океанологических процессов обычно делаются на основе данных этого разреза (Matishov et al., 2009; Varents ..., 2009), так как процессы в атлантической водной массе, которую он пересекает, определяют тенденции изменения климатической системы этой части Арктики и Северной Европы.

В рамках проекта “Биоресурсы арктических морей России: современное состояние, влияние природных и антропогенных изменений, научные основы и перспективы использования” по программе Президиума РАН “Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации” представлены результаты обработки первичных океанографических данных за 1870–2013 гг.

Для описания климатической изменчивости гидрологических характеристик Баренцева моря наиболее показательны меридиональный и широтный разрезы в центральной части моря, пересекающие основные теплые и холодные течения:

“вековой” VI (“Кольский меридиан”), идущий по 33°30' в. д. от Кольского залива на север, включая его продолжение до 80° с. ш.;

Медвежинский, идущий вдоль параллели 74°30' с. ш. от о. Медвежий до Новой Земли и объединяющий XXIX и XVIII океанологические разрезы.

Для построения климатических норм и аномалий были учтены станции, находящиеся в полосе шириной 40 км с каждой стороны от линии рассматриваемого разреза. Общее число таких станций для разреза “Кольский меридиан” – 36748, Медвежинский разрез включает 19257 станций.

Все измерения на станциях сгруппированы в регулярную сетку вдоль разрезов и по стандартным горизонтам (0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250 и 300 м). Для разреза “Кольский меридиан” по широте использован равномерный шаг 55.5 км (30'), для Медвежинского – шаг по долготе в 2 раза меньше – 27.75 км (1°). Так как разрезы вытянуты вдоль меридиана и параллели, в расчете среднеклиматического распределения солености и температуры на них использовались океанографические станции, находящихся в пределах 0.5° широты и долготы соответственно.

Рассчитывались средние помесечные значения температуры и солености в узлах сетки для разных лет и средние значения для всех лет. По среднеклиматическим значениям солености и температуры в узлах регулярной сети были построены изолинии для всего разреза.

Построение профилей ежемесячного вертикального распределения температуры и солености воды на разрезах “Кольский меридиан” и Медвежинский с 1977 по 2012 гг. проводилось в несколько этапов: 1) определение станций отбора проб, участвующих в расчетах; 2) построение регулярной сетки разрезов; 3) инвентаризация данных по сетке разрезов; 4) расчет среднемесячных значений в узлах сети для каждого года; 5) расчет абсолютных аномалий; 6) расчет стандартных отклонений для узлов регулярной сети; 7) расчет относительных аномалий (по отношению к величине стандартного отклонения).

На основе построенных вертикальных распределений солености и температуры воды и их аномалий для каждого месяца года выполнена оценка сезонных и межгодовых колебаний температуры и солености воды. Рассмотрены особенности аномалий температуры и солености вдоль разрезов в последние годы, проведено сравнение с аналогичными периодами потепления прошлых лет в Баренцевом море.

КОМПОНЕНТЫ МИКРОПЛАНКТОНА АРКТИЧЕСКИХ И СУБАРКТИЧЕСКИХ ЭКОСИСТЕМ БАРЕНЦЕВОМОРСКОГО ШЕЛЬФА

Т.И.Широколобова, М.П.Венгер, П.Р.Макаревич, В.В.Водопьянова
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Пелагиаль Баренцевоморского шельфа традиционно подразделяют на южную субарктическую и северную арктическую области, разграниченные Полярным фронтом. В летний период первая из них практически полностью занята водами атлантического происхождения, вторая – арктического. Водная масса каждой области характеризуется своим комплексом абиотических факторов, формирующим особый тип пелагической экосистемы с присущей ей внутренней структурой. Полярный фронт рассматривается как граница не только двух базовых типов водных масс, но и двух базовых типов пелагических экосистем (Makarevich et al., 2012). Подобный системный подход применим и к краевым бассейнам. В их пелагиали с сезонным покрытием из припайного льда формируются прибрежные арктические экосистемы (к востоку от Горла Белого моря и у берегов полярных архипелагов), в незамерзающих акваториях Мурмана – прибрежные субарктические (до мыса Святой Нос).

Одним из подтверждений экологического районирования пелагиали могут служить биооптические характеристики поверхности моря, регистрируемые методами дистанционного зондирования. Получаемые на их основе региональные карты распределения хлорофилла свидетельствуют, что самые высокие его концентрации наблюдаются к югу от Полярного фронта (Kogeler, Rey, 1999).

С учетом вышеизложенного, определенный интерес представлял анализ закономерностей распределения наиболее массовых представителей микропланктона в шельфовой зоне Баренцева моря. Материалом послужили данные структурных характеристик бактерио- и вириопланктона поверхностных вод (слой 0 и 0–5 м) за периоды максимального сезонного прогрева пелагиали (август 2010 и 2012 гг.).

Обилие бактерио-, вириопланктона и концентрацию основного фитопигмента определяли в открытых (разрез “Кольский меридиан”, 71–77° с. ш.) и прибрежных участках Баренцевоморского шельфа (губа Дальнезеленецкая, Восточный Мурман, 69° с. ш. и заливе Моллера, архипелаг Новая Земля, 72° с. ш.). Гидрологические показатели измеряли зондом SBE 19plus SEACAT. Концентрацию в воде хлорофилла, свободных вирусных частиц и общего бактериопланктона устанавливали в соответствии с рекомендациями (Porter, Feig, 1980; Noble, Fuhrman, 1998; Вода ..., 2001).

Результаты СТД-зондирования свидетельствуют, что средние значения температуры и солености открытых (арктические – 2.4±0.3 °С, 34.7±0.1 ‰, субарктические – 6.6±0.2 °С, 35.1±0.1 ‰) и прибрежных (арктические – 4.5±0.3 °С, 29.9±2.3 ‰, субарктические – 8.9±0.04 °С, 33.0±0.1 ‰) поверхностных вод существенно различаются.

Согласно данным сканера цвета MODIS-AQUA, значительная часть исследуемой акватории моря находилась во власти “смешанного” цветения (Barents ..., 2010; Kopelevich et al., 2013). Его молочно-голубую окраску определяли кокколитофориды, а оттенки зеленого – диатомовые водоросли. В наших измерениях повышенное содержание основного фитопигмента соответствовало водам субарктической области шельфа (до 75° с. ш.). В открытом участке его концентрации (среднее 1.35 ± 0.20 мг/м³) не выходили за пределы, установленные при развитии летних комплексов фитопланктона в центральной части моря (Кузнецов, Шошина, 2003). К прибрежному участку значения показателя снижались (0.95 ± 0.15 мг/м³) и, на фоне низкой биомассы фитопланктона и высокой численности нанопланктонных кокколитофорид ($2-6 \cdot 10^6$ кл/л), соответствовали величине, фиксируемой при цветении водорослей этой группы в водах Ньюфаундленда (Balch et al., 1991) и Северном море (Head et al., 1998). Минимальные сопоставимые концентрации пигмента соответствовали водам открытых (0.66 ± 0.07 мг/м³) и прибрежных (0.55 ± 0.12 мг/м³) участков арктической области шельфа, где его максимальное содержание в этот период приурочено к подповерхностным слоям моря (Среда ..., 1995; Венгер, 2011; Венгер и др., 2012) с активной вегетацией комплекса диатомей (Ларионов, 1995, 1997).

В отличие от массовых форм фитопланктона, чье присутствие в пелагиали Баренцева моря носит выраженный сезонный характер, бактерии являются ее постоянными обитателями. Их численность варьирует от 10^4 до 10^6 кл/мл, а максимум значений связан с пиками активности планктонных водорослей (Дударенко, 1982; Планктон ..., 1997; Байтаз, 1998). В пелагиали арктической области шельфа диапазон общей численности и биомассы бактериопланктона прибрежных вод составлял, соответственно, $0.6-3.3 \cdot 10^6$ кл/мл (среднее 1.5 ± 0.3) и $40.36-125.65$ мг/м³ (среднее 76.13 ± 12.90) превышал таковой открытых $0.7-0.9 \cdot 10^6$ кл/мл (среднее 0.8 ± 0.1), $22.64-28.20$ мг/м³ (среднее 25.88 ± 1.67). Плотность вирусных популяций распределялась в соответствии с количественными показателями их потенциальных хозяев – бактерий. В прибрежье обилие вирусов в среднем составляло $22.8 \pm 1.9 \cdot 10^6$ частиц/мл ($15.7-29.2 \cdot 10^6$), в открытой части шельфа – $3.9 \pm 0.3 \cdot 10^6$ частиц/мл ($3.6-4.2 \cdot 10^6$). Соответственно, величина отношения численности вирусов к численности бактерий (N_V/N_B) в рассматриваемых участках находилась в диапазоне 5–59 (24 ± 5) и 4–6 (5 ± 1).

В пелагиали субарктической области шельфа показатели биомассы бактериопланктона в прибрежной части колебались от 44.22 до 157.60 мг/м³ (среднее 90.15 ± 13.74). Они превысили показатели открытой части – от 27.79 до 80.54 мг/м³ (среднее 42.48 ± 5.13). Диапазоны численности и их средние значения в прибрежной и открытой части сопоставимы: $0.6-1.9 \cdot 10^6$ ($1.2 \pm 0.1 \cdot 10^6$) и $0.7-1.7 \cdot 10^6$ кл/мл ($1.1 \pm 0.1 \cdot 10^6$) соответственно. Концентрация вирусных частиц в прибрежных водах составляла от 5.0 до $38.2 \cdot 10^6$ частиц/мл (среднее $17.4 \pm 3.5 \cdot 10^6$), она превышала таковую открытых вод – от 4.0 до $10.2 \cdot 10^6$ частиц/мл (среднее $7.2 \pm 0.7 \cdot 10^6$). Диапазон величин N_V/N_B по этим участкам также различался, составляя 6–35 (15 ± 3) и 5–14 (7 ± 1) соответственно.

Полученные результаты свидетельствуют о значительном уровне развития бактерио- и вириопланктона и эффективности применения их количественных характеристик в разделении базовых типов водных масс открытой части шельфа. В его пелагиали наблюдалось четко выраженное уменьшение значений параметров от южной субарктической к северной арктической области. В сравниваемых прибрежных участках подобной закономерности не наблюдалось, значения исследуемых показателей в их пелагиали являлись сопоставимыми. Отсутствие различий определялось, на наш взгляд, сроками проводимых здесь исследований.

Известно, что в преимущественно олиготрофных арктических водах полярных морей период сезонного формирования первичной продукции короче, чем в мезотрофных субарктических (Макаревич, 2012; Fouest et al., 2013). В арктическом прибрежье, с его низкими среднегодовыми значениями первичной продукции, трофический статус вод резко повышается с поступлением значительных доз органического вещества при бурном развитии

фитопланктона (Макаревич, Дружкова, 2010). Косвенным свидетельством чему и послужили повышенные количественные показатели бактерио- и вириопланктона в заливе Моллера. В этот период в прибрежных субарктических экосистемах сообщества бактерий функционируют в более комфортных условиях и хорошо адаптированы к продолжительным дискретным поступлениям органического вещества в пелагиаль. Цветение кокколитофорид, вероятно, являлось лишь дополнительным источником органики и не стало причиной существенных изменений бактериального обилия (Павлова, 2013). Высокие концентрации пластинок кокколит (до $500 \cdot 10^6$ шт/л) при вегетации этой группы водорослей расцениваются нами как фактор частичной элиминации планктонных вирусов из среды и, соответственно, их более низкой, чем в заливе Моллера, численности.

ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ СВЕТА И ЕЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТА ВОДОРΟΣЛЕЙ

Е.В.Шошина

Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия

Свет, без сомнения, является наиболее важным фактором в жизни макроводорослей как фототрофных и неподвижных организмов, и наиболее комплексным по своему воздействию. Свет – это источник энергии для всех растений, кроме того, сигнальный фактор и важен в процессах регуляции развития растительного организма. Морские водоросли обитают в исключительно динамичных и разнообразных световых условиях. Цель работы – исследование зависимости интенсивности ростовых процессов макроводорослей от длины светового периода и интенсивности света как составляющих дозы света.

Эксперименты поставлены на Гельголандской биологической станции (Гамбург, Германия) совместно с В.Н.Макаровым, под руководством и непосредственном участии К.Лунига (K.Lüning). Исследования выполнены на водорослях разных систематических, географических и экологических групп (виды родов *Pterygophora*, *Laminaria*, *Porphyra*, *Palmaria*, *Ulvaria*). В опытах использовались хорошо развитые молодые водоросли из природных зарослей или из лабораторных культур; отбирали растения сходного размера, проростки или части пластин с зонами роста.

При содержании водорослей в лаборатории использовались стандартные методы культивирования. Водоросли находились в термостатированной лаборатории при 10 °С в стеклянных емкостях (2–3 л) с профильтрованной морской водой с добавлением питательных веществ (среда PES), воду меняли каждую неделю. Перемешивание воды осуществлялось путем непрерывной аэрации с помощью компрессора. В экспериментах поддерживались условия среды в пределах нормы.

Эксперименты по изучению влияния интенсивности света, фотопериода и дозы света ставились в черных боксах с хорошей вентиляцией, с обменом воды между емкостями с водорослями, с регулируемой автоматически системой освещения. Водоросли освещались сверху двумя белыми люминесцентными лампами (Osram-L, 65W/25S, Universal White, Германия). Использовался зеленый фильтр с широким спектральным составом, имитирующий подводное освещение на небольших глубинах. Интенсивность света измеряли с помощью радиометра (LI-Cor, США) с квантовым датчиком ($\mu\text{моль}/\text{м}^2$ в 1 с) или пиранометром (Wt/ м^2) (Lambda Inst. Corp.). Показателем роста служили изменения площади поверхности слоевища, на основании которых рассчитывали интенсивность. Продолжительность каждого экспериментального варианта составляла не менее 6 сут. Все эксперименты проводились в нескольких повторностях.

Исследования по культивированию водорослей при разных режимах фотопериода и интенсивности света свидетельствуют, что интенсивность роста площади поверхности слоевища возрастает прямо пропорционально увеличению значений этих факторов при

условии отсутствия лимитирования ростовых процессов. Показана прямая зависимость интенсивности роста водорослей от дозы света в целом. При одинаковой дозе света, но при разных значениях ее составляющих (фотопериода или интенсивности света) интенсивность роста была практически одинаковой у водорослей различных систематических, географических и экологических групп.

Во всех экспериментах интенсивность роста площади поверхности водорослей возрастала при увеличении интенсивности света (количества световой энергии) при экспонировании водорослей в пределах нормы. Из условий предварительного культивирования (фотопериод 8:16, свет:темнота; интенсивность света $20 \mu\text{моль}/\text{м}^2$ в 1 с, температура 10°C) растения были размещены в боксах при интенсивности света 100, 134 и $200 \mu\text{моль}/\text{м}^2$ в 1 с и затем в каждом экспериментальном варианте интенсивность света была увеличена и составила 117, 165 и $266 \mu\text{моль}/\text{м}^2$ в 1 с соответственно (при одинаковом фотопериоде 16:8, свет:темнота). У трех видов водорослей (*Pterygophora*, *Palmaria*, *Porphyra*) интенсивность роста площади возрастала прямо пропорционально интенсивности света в изученных пределах от 100 до $266 \mu\text{моль}/\text{м}^2$ в 1 с и была пропорциональна дозе света в целом. Другая реакция отмечена у зеленой водоросли (*Ulva*): каждое последующее увеличение интенсивности света (в трех вариантах) вело к более значимому повышению интенсивности роста, при этом значения показателя оказались сходными при разных значениях интенсивности света.

Результаты экспериментов однозначно свидетельствуют, что интенсивность роста водорослей снижается при уменьшении продолжительности светового периода и увеличивается при его удлинении (в пределах нормы по интенсивности света и с учетом отсутствия лимитирования ростовых процессов другими факторами среды). Водоросли реагируют на изменение света быстро: 2 сут. достаточно для их адаптации к новым световым условиям.

В экспериментах водоросли культивировали в трех черных боксах с фотопериодом 8:16, 12:12 и 16:8 (свет:темнота) при интенсивности света $134 \mu\text{моль}/\text{м}^2$ в 1 с; затем в каждом из трех экспериментальных вариантов световой период был увеличен на 2 ч. Результаты эксперимента показали, что при увеличении длины светового периода интенсивность роста у одних водорослей (*Pterygophora* и *Porphyra*) увеличивалась прямо пропорционально длине фотопериода и в конечном итоге была пропорциональна суточной дозе света в целом. У других видов (*Ulva* и *Palmaria*) отмечено более существенное увеличение интенсивности роста (особенно ярко проявилось у зеленой водоросли *Ulva*) при последовательном увеличении длины фотопериода, что указывает на “светолюбивость” данного вида.

В опытах, поставленных технически другим способом, в термостатированных ваннах с разной температурой воды продемонстрирован усиливающий эффект на рост слоевища водорослей одновременного увеличения длины светового периода и температуры. При низкой температуре воды (1 и 5°C) увеличение светового периода ведет к более существенному увеличению интенсивности роста, чем даже при оптимальной температуре (10 и 15°C) для вегетативного роста. Очевидно, что увеличение длины дня на фоне даже незначительного повышения температуры воды ведет к еще более значимому повышению интенсивности вегетативного роста у холодолюбивых видов. Возможность “компенсации” интенсивности ростовых процессов “длинным световым днем” при низкой температуре воды хорошо согласуется с наблюдениями в природе в полярный день в условиях Мурманского побережья Баренцева моря.

Проведены эксперименты по выяснению влияния дозы света при разных значениях ее составляющих – фотопериода и интенсивности света. В первом случае водоросли содержались при суточной дозе света $5800 \text{ моль}/\text{м}^2$, во втором случае доза была увеличена в 2 раза ($11600 \text{ моль}/\text{м}^2$); обязательное условие – увеличение фотопериода и интенсивности света. Результаты данного эксперимента, как и предыдущие, показывают прямую зависимость интенсивности роста водорослей от дозы света в целом. При одинаковой дозе света, но при разных значениях ее составляющих интенсивность роста была практически одинаковой.

Таким образом, результаты экспериментов однозначно свидетельствуют, что интенсивность роста водорослей, как и высших растений, прямо пропорциональна фотопериоду, интенсивности света и дозе света в пределах оптимальных значений этих факторов. Полученные результаты находятся в соответствии с характером локализации популяций видов водорослей в природных условиях и их географическим распространением. Некоторые различия в реакции видов на увеличение светового периода и интенсивности света связаны со светолюбивостью (*Ulva*), тенелюбивостью (*Pterygophora*) и световыносливостью видов (*Palmaria*, *Porphyra*), что находится в соответствии с имеющимися литературными данными об отношении этих водорослей к световым условиям.

ЧЕЛОВЕК В ИЗМЕНЧИВЫХ ЭКОСИСТЕМАХ АРКТИКИ. АРХЕОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

В.Я.Шумкин, Е.М.Колпаков

Институт истории материальной культуры РАН, г. Санкт Петербург, Россия

Человек разумный (*Homo sapiens*) всегда стремился на Север. Археологические свидетельства заселения и освоения арктических территорий Северо-Запада Европы имеют давность более 10 тыс. лет (начальный голоцен, ранний мезолит). Именно тогда отмечены первые следы пребывания наших предков в экстремальных условиях заполярных тундр. Движение было обусловлено как потребностью нашего биологического вида осваивать новые пространства, так и поисками обильных пищевыми ресурсами экологических ниш.

Не удивительно, что как только позволили природные условия (таяние ледника), человек быстро (чему способствовало использование водного транспорта и благодатный Гольфстрим), продвинулся вдоль западного побережья Скандинавии до арктических морей, богатых рыбой и морскими млекопитающими. Потом, постепенно, стали осваиваться и материковые районы Арктики. С тех пор человек не покидает эти территории. При явной потере некоторых технологических достижений предшествующей эпохи, неизбежной в условиях относительной изоляции, пионеры освоения Арктики сохранили свой культурный и мировоззренческий “багаж”, что отразилось в древнейших для Заполярья выбитых и рисованных наскальных изображениях (9–7 тыс. лет назад).

Стабилизация наступила в эпоху неолита (6–4 тыс. лет до н. э.) с появлением оседлости, керамического производства, расширением сырьевой базы (использование для изготовления орудий сланцевых пород), технологических инноваций (шлифовка, пиление, сверление). Освоив практически всю территорию, находясь в благоприятных условиях Атлантического климатического оптимума (сосново-еловые леса значительно продвигаются к северу), основное население все же тяготело к морскому побережью, более богатому пищевыми ресурсами.

Все это привело к расцвету местной культуры в эпоху раннего металла (4–2.5 тыс. лет назад), базировавшейся на консолидации людей в сравнительно крупные коллективы специализированных охотников на морского зверя с постоянными поселениями, развитыми формами духовной культуры (петроглифы, мобильное искусство, сложные обряды). Некоторое ухудшение климата в Суббореальный период, конечно, отразилось на жизнедеятельности населения, но накопленный к этому времени производственный и культурный потенциал нивелировали негативные изменения. Так исчезновение леса и, соответственно, топлива, компенсировали сжиганием жира морских животных в специальных масляных лампах. В целом же, хорошо обеспеченная средствами существования жизнь этих коллективов и их стабильность временами была неустойчивой, поскольку целиком зависела от регулярности появления животных и устойчивости природных условий. Бывали, конечно, и периоды голодовок, когда в ход шли все запасы и даже отбросы прежних “сытых” времен. Вероятно, нередко были случаи и полного вымирания целых поселений. Кроме того,

пребывание на небольшой площади значительного коллектива длительное время могло вызывать, вместе с голодовками эпидемические заболевания, обусловленные огромными скоплениями отходов продуктов питания на самом поселении и вокруг него.

Достигнутое благополучие позволяет общества охотников на морского зверя в арктических водах формально считать приблизившимися к производящей экономике. Однако, этот процесс около 2 тыс. лет назад сменился резким спадом, вызванным, вероятно, изменением природных условий, особенно губительно сказавшимся на жизни высокоспециализированных сообществ. Возможно, было нарушено и экологическое равновесие, но скорее всего, стада морского зверя просто отошли от берега и сменили места лежбищ. Уцелевшие коллективы под давлением этих сопряженных негативных факторов и, вероятно, обострившихся социальных отношений стали очень малочисленны, территориально разобщены и вынуждены были вернуться к бродячему образу жизни, но уже в материковой тундре. Исторически неизбежно стало включение этих охотничьих групп раннего железного века в сферу торговли с более “прогрессивным” земледельческо-скотоводческим населением (“вождические” общества). В результате этого они переключились в основном на добычу пушнины как эквивалента получаемых “товаров”, состоящих из разнообразных, в основном, металлических изделий, включая украшения, орудия труда и посуду. Очень вероятен и приток нового населения.

Таким образом, аборигены к этому времени утратили свои основные черты материальной культуры, по которым их можно было идентифицировать и связать с предшествующим населением: большинство костяных орудий не сохраняется при кочевом образе жизни, так как культурного слоя практически не образуется, керамическое производство практически исчезает (сосуды в большинстве, вероятно, были металлическими (результаты обмена) и очень ценились, а обломки часто шли в переплавку). К тому же, обнаружить небольшие кратковременные стоянки, отличающиеся по своему положению от прежних мест обитания на берегах рек и озер, поскольку пушной промысел требует иных ареалов, чрезвычайно трудно.

Этнографические данные показывают, что в средневековье местное население снова разделилось на разные по хозяйственно-культурному типу группы, но уже владея навыками оленеводства, т. е. повторился цикл развития на более высоком уровне, при котором рационально, без особого “прессинга” на местные экологические ниши, посредством циклических перекочевок (люди “четырёх” сезонов) эксплуатировались различные экосистемы Северной Фенноскандии.

О ПЕРСПЕКТИВАХ ИССЛЕДОВАНИЯ КОГНИТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ НАСТОЯЩИХ ТЮЛЕНЕЙ В УСЛОВИЯХ БИОТЕХНИЧЕСКОГО АКВАПОЛИГОНА

А.П.Яковлев

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Морские млекопитающие рассматриваются исследователями и как функционально важные замыкающие звенья, стабилизирующие морские экосистемы, и как объект хозяйственной деятельности человека. Исследования поведения и физиологических особенностей морских животных в естественной среде обитания и в лабораторных условиях привлекают все больший интерес ученых. Основными путями решения этой сложной проблемы являются изучение механизмов рецепции, сигнализации и коммуникации у животных, анализ структурно-функциональных основ поведения на различных филогенетических уровнях, поиск возможностей управления поведением животных в практических целях и разработка методов их обучения (Матишов и др., 2007).

Разработка методов обучения морских млекопитающих, возможность управлять их поведением невозможна без изучения проблем когнитивной этологии. Эти проблемы свя-

заны с исследованием взаимодействия наследственно обусловленных стереотипов поведения с навыками, основанными на индивидуальном и социальном опыте, и способностями применять результаты этого взаимодействия в новых ситуациях (Резникова, 2009).

Необходимость экспериментального изучения мышления животных диктуется тем, что в настоящее время накоплен большой материал в области изучения инстинктов и закономерностей обучения – двух важнейших компонентов поведения. Однако для построения общей теории поведения необходимо знание третьего компонента – рассудочной деятельности (Крушинский, 1986). На сегодняшний день вопрос о психофизиологических механизмах, лежащих в основе проявления различных форм мышления животных, пока еще далек от разрешения (Зорина, Полетаева, 2003).

К настоящему времени когнитивные способности морских млекопитающих изучаются как отечественными, так и зарубежными учеными. Экспериментальные работы показывают высокий уровень развития познавательных способностей, сложность организации поведения, способность к обобщению, абстрагированию и категоризации морских млекопитающих.

Наименее изучено когнитивное поведение арктических представителей настоящих тюленей (Phocidae) (Levenson, Schusterman, 1999; Schusterman, 2000; Bodson et al., 2005; Hanke et al., 2005; Mauck, Dehnhardt, 2005; Березина и др., 2001 и др.). Последние работы отечественных исследователей по рассудочной деятельности настоящих тюленей проводились на сером *Halichoerus grypus*, гренландском *Pagophilus groenlandicus* тюленях и морском зайце *Erignathus barbatus* (Березина и др., 2001, 2004, 2007, 2012). Авторы изучили такие аспекты когнитивной деятельности как способность к обобщению методом “выбор по образцу”, исследовали динамику выработки двигательных условных рефлексов на двух- и трехмерные раздражители и звуки чистых тонов, определили степень различий формы плоских геометрических фигур, распознаваемых тюленями. Исследования проводились на базе Мурманского океанариума.

Многие аспекты рассудочной деятельности настоящих тюленей требуют проведения дальнейших исследований. Представляется интересным более детально изучить вопрос о способности настоящих тюленей к обобщению и абстрагированию в процессе обучения, выявить возможность формирования обобщения по относительным признакам (“размер”, “соответствие”, “число” и др.), исследовать возможность комбинации стимулов для различных сенсорных систем животного (зрительная, обонятельная, слуховая). Это позволит не только расширить знания о поведении настоящих тюленей и их способности адаптироваться к условиям внешней среды, но и создать основу для прогнозирования ответных реакций животных используемых в прикладных задачах при возникновении новых для них ситуаций (появление новых стимулов или событий).

На биотехническом акваполигоне ММБИ (Кольский залив, мыс Тоня) в наплавных вольерах содержатся серый *H. grypus* и гренландский *P. groenlandicus* тюлени. Существенное отличие аквакомплекса ММБИ от океанариумов и лабораторий-питомников заключается в максимальной приближенности условий содержания тюленей к естественным (животные подвержены воздействию биотических факторов морской среды обитания, выдержан естественный суточный и годовой световой режим, температура воды и воздуха, осадки, ледовая обстановка, наличие антропогенного воздействия). Содержащиеся на аквакомплексе животные различаются не только возрастом, но что самое важное, количеством и качеством имеющихся у тюленей навыков, другими словами, разной степенью сформированности “установки на обучение”. Вышеперечисленные критерии дадут возможность проводить эксперименты, сравнивая животных одного или разных видов по нескольким критериям (возраст, количество отработанных команд, степень овладения той или иной командой каждым животным) с учетом воздействия естественных условий среды обитания на их поведение, что позволит объективно оценивать результаты исследования. При параллельном проведении экспериментов на двух видах (сером и гренландском) тюленей возможен сравнительный анализ достигнутых пределов разумной деятельности каждого.

Научное издание

**АРКТИЧЕСКОЕ МОРСКОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ
В XXI ВЕКЕ – СОВРЕМЕННЫЙ БАЛАНС НАУЧНЫХ ТРАДИЦИЙ И ИННОВАЦИЙ
(К 80-ЛЕТИЮ ММБИ КНЦ РАН)**

Тезисы докладов Международной научной конференции
(г. Мурманск, 1–3 апреля 2015 г.)

Утверждено к печати Мурманским морским биологическим институтом
Кольского научного центра Российской академии наук

Технический редактор С.В.Тимофеева
Дизайн обложки А.В.Дьяконова
Перевод В.В.Пономарев
Компьютерная верстка Н.Ю.Иванова

Лицензия ПД № 00801 от 06 октября 2000 г.

Подписано к печати 29.01.2015.
Формат бумаги 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times/Cyrillic.
Усл.печ.л. 26.38. Заказ № 3. Тираж 300 экз.

Российская академия наук
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Кольский научный центр Российской академии наук
184209, г. Апатиты, Мурманская область, Ферсмана, 14

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Российская академия наук
Кольский научный центр
Мурманский морской биологический институт
183010, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17
Тел/факс (8152) 25–39–94
E-mail: mmbi@mmbi.info; <http://www.mmbi.info>

Russian Academy of Sciences
Kola Science Centre
Murmansk Marine Biological Institute
17, Vladimirskaya str., Murmansk, 183010, RUSSIA
Fax (8152) 25–39–94
E-mail: mmbi@mmbi.info; <http://www.mmbi.info>