

ния распресненных вод ограничена 70° в.д., с севера 74–75° с.ш. Подобное распределение является не совсем типичным, так как к концу летнего периода речные воды, как правило, распространяются севернее, достигая широты мыса Желания (77° с.ш.), как это наблюдалось, например, по съемкам 2007 и 2008 гг.

В завершение можно констатировать, что программа экспедиции была выполнена в полном объеме. Полученные данные будут использованы для решения практических и научных задач ряда федеральных и ведомственных программ, таких как ФЦП «Мировой океан», ЕСИМО и ЦНТП Росгидромета, направленных на изучение и оценку гидрометеорологических условий россий-

ских арктических морей и устьев рек, ввод в опытную эксплуатацию и внедрение в оперативную работу моделей и технологических расчетов гидрометеорологических параметров, развитие баз данных гидрологических и гидрохимических характеристик по акваториям арктических морей.

Пополнение базы данных гидрологических характеристик и удлинение ряда наблюдений позволяет исследовать отклик морских экосистем на происходящие глобальные климатические изменения и прогнозировать их развитие в будущем.

*М.С.Махотин, Е.В.Блошкина,
А.А.Балакин (ААНИИ)*

ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОЗООПЛАНКТОНА КАРСКОГО МОРЯ И ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ В ХОДЕ ЭКСПЕДИЦИИ «ЯМАЛ-АРКТИКА 2012»

Уменьшение ледового покрова Арктики привело к появлению сезонных пространств открытой воды, простирающихся от прибрежного шельфа до глубоководных бассейнов. Особенно сильные изменения произошли в относительно мелководных Баренцевом и Карском морях. Один из структурообразующих элементов полярных экосистем, морской лед является связующим звеном между изменениями климата и арктической биотой. Снижение ледовитости уже привело к росту пелагической первичной продукции при увеличении доли мелкоразмерной фракции фитопланктона в полярных системах. Изменения в основании пищевой сети могут оказать значительное влияние на верхние трофические уровни, включая промысловые виды рыб, морских млекопитающих и птиц. Однако эти изменения зачастую носят нелинейный характер, и их изучение и прогнозирование требует детальной информации об основных биологических компонентах.

Одним из таких компонентов является микрозоопланктон, играющий важную роль в потреблении первичной продукции и регенерации биогеоценозов в мировом океане включая Арктику. Он состоит в основном из гетеротрофных и миксотрофных (т.е. совмещающих фотосинтез и поглощение других клеток) простейших, включая цилиат, динофлагеллят и саркодовых. В прибрежных водах в сообщества микрозоопланктона могут также входить коловратки. Науплии ракообразных и ларватории других беспозвоночных обычно рассматриваются совместно с сетным зоопланктоном. В Карском море достаточно подробно изучен видовой состав динофлагеллят. Однако в предыдущих исследованиях они рассматривались исключительно среди фитопланктона, ввиду присутствия хлоропластов в их цитоплазме. Цилиаты были исследованы только подо льдом ранней весной. Таким образом, комплексного изучения микрозоопланктона, одновременно учитывающего все его компоненты, в этом районе Арктики не проводилось. Данные по питанию микрозоопланктона в Карском море в литературе также отсутствуют.

Целью настоящего исследования являлось изучение микрозоопланктона Карского моря включая прибрежные воды полуострова Ямал. Задачи исследования включали определение видового состава массовых

видов, их горизонтального и вертикального распределения, численности и биомассы, сопоставление количественных показателей микрозоопланктона с опубликованными данными по сетному зоопланктону и оценку участия микрозоопланктона в потреблении первичной продукции.

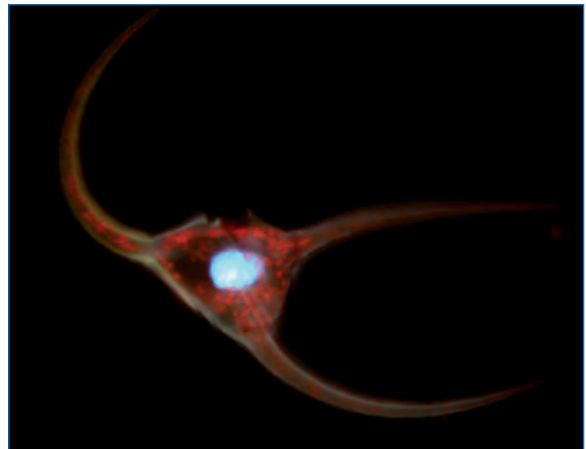
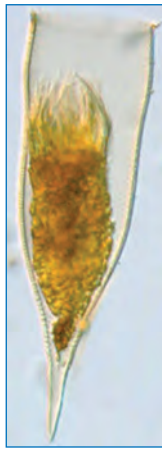
Пробы морской воды для подсчета и определения микрозоопланктона были отобраны с различных глубин батометрами Нискина на 43 гидрографических станциях, расположенных в Карском море, юго-восточной части Баренцева моря, проливе Карские Ворота, Байдарацкой губе, в районе порта Харасавэй, вблизи островов Белый, Вилькицкого, Сибирякова, в Обской губе, а также в Енисейском и Гыданском заливах. Температура и соленость были определены датчиками STD. Концентрации хлорофилла «а» (самый распространенный фотопигмент среди морского фитопланктона) были определены на флуориметре. Микрозоопланктон был определен до вида и подсчитан с использованием микроскопа, оборудованного цифровой камерой. Биомасса микрозоопланктона была определена в единицах углерода. Содержание хлорофилла в миксотрофных динофлагеллятах и цилиатах было рассчитано исходя из их клеточного объема. Скорости роста фитопланктона и его выедания микрозоопланктоном были определены по модифицированному методу разведения. Вода для этих экспериментов была отобрана с поверхности вблизи о. Белый (ст. 7, 8,4 °С, 27,8 ‰) и о. Сибирякова (ст. 14, 8,5 °С, 13,0 ‰). Экспериментальные пробы были инкубированы на палубе в проточной заборной воде в течение 24 часов. Скорость роста фитопланктона была рассчитана с допущением экспоненциального роста.

Концентрации хлорофилла в перемешанном слое изменялись от минимума в 0,25 мг·м⁻³ в районе о. Вилькицкого до 4,5 мг·м⁻³ в пресноводном районе Енисейской губы и были близки к литературным данным. Исключением явились данные по Обской губе в районе Сабетты–Тамбея (17,1 мг·м⁻³). Насколько нам известно, это максимальная концентрация хлорофилла, обнаруженная на Ямальском побережье за весь период исследований. Цилиаты преобладали в биомассе микрозоопланктона во всех трех гидрографических районах – речном, эстуарном и на внутреннем шель-

фе. Максимальная биомасса микрозоопланктона ($110 \text{ мг} \cdot \text{С} \cdot \text{м}^{-3}$) была обнаружена вблизи о. Белый, где доминантами были миксотрофные олиготрихоидные цилиаты. Минимальные показатели общей биомассы микрозоопланктона были обнаружены в Байдарацкой губе и р-не порта Харасавэй, где преобладали раковинные цилиаты. В распресненных водах Енисейской губы преобладали пресноводные виды гетеротрофных цилиат и динофлагеллят, а также коловратки. В солонатоводной переходной зоне Енисейского залива в районе о. Сибирякова биомасса микрозоопланктона слагалась раковинными цилиатами, миксотрофными олиготрихами и динофлагеллятами.

По мере снижения концентрации фитопланктона от речного к шельфовому району возрастала доля миксотрофного микрозоопланктона в общем хлорофилле. За исключением Байдарацкой губы, где развитие миксотрофов, как и всего микрозоопланктона, было низким, их пропорция в общем хлорофилле была связана с соленостью. В открытых Карском и Баренцевом морях доля миксотрофов в хлорофилле превышала 50 %, а соотношение биомассы микрозоопланктона и общего хлорофилла было максимальным, что указывает на значительный потенциальный вклад миксотрофов в энергетический баланс планктона. Напротив, доля коловраток в общей биомассе микрозоопланктона была максимальна в речном районе и уменьшалась по направлению к шельфу.

Сравнение с литературными данными по сетному зоопланктону Карского моря показало, что микрозоопланктон составляет значительную часть общей биомассы зоопланктонного сообщества (35–80 %), в особенности в распресненных водах и на шельфе. В ходе полевых экспериментов получены первые данные по питанию микрозоопланктона в Карском море.



Гетеротрофная раковинная цилиата *Favella serrata* (слева) и миксотрофная панцирная динофлагеллята *Ceratium arcticum* (справа). Видны хлоропласты (красная автофлуоресценция) и ядерная ДНК (голубая окраска). Фото автора.

На внутреннем шельфе и в эстуарном районе Енисея им было потреблено почти 100 % суточной первичной продукции фитопланктона. В целом результаты этого исследования указывают на значительную роль микрозоопланктона в переносе энергии и трансформации органического вещества в экосистеме Ямальского побережья и Карского моря и необходимость его дальнейшего изучения.

Автор выражает признательность В.А.Оношко (АНИИ) за предоставленную возможность участия в экспедиции, А.Д.Тарасенко и А.В.Весман (СПбГУ) за помощь в сборе проб и определении концентрации хлорофилла, В.Н.Чуруну (АНИИ) за логистическое обеспечение и капитану и команде НИС «Профессор Молчанов» за помощь при проведении полевых работ.

П.Я.Лаврентьев (The University of Akron, Akron, OH 44325-3908, USA)

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЯРНЫХ ПОЧВ И ГРУНТОВ В РАМКАХ ЭКСПЕДИЦИИ «ЯМАЛ-АРКТИКА 2012»

Почвы и грунты, а также почвенно-мерзлотный комплекс являются пространственным базисом существования наземных экосистем. Почвы и почвенный покров связывают малый биологический и большой геологический круговороты вещества и энергии. В сравнительно тонкой пленке почвы, покрывающей большую часть суши, происходят важнейшие процессы перераспределения, накопления, трансформации и миграции различных химических соединений и элементов. Именно поэтому комплексные экологические исследования должны в обязательном порядке включать почвенную составляющую, что и было сделано при обследовании ландшафтов Ямала в ходе этой комплексной экспедиции. Наши исследования учитывали фундаментальные знания, полученные крупными специалистами-почвоведом и мерзлотоведами, изучавшими полярные регионы. Это труды таких ученых, как: В.В.Добровольский, И.В.Игнатенко, В.М.Макеев, В.О.Таргульян, В.Д.Васи-

левская, Н.А.Караваева, С.В.Горячкин, Б.Ф.Говоренков, J.G.Bockheim, С.Тарносаи, J.C.F.Tedrow и др. Авторы подчеркивают значительное разнообразие полярных почв, как на уровне макрорегиона, так и в пределах отдельных участков полярных ландшафтов. В ходе экспедиции «Ямал-Арктика 2012» было диагностировано 7 отделов почв в соответствии с классификацией почв России 2004 г. (криотурбированные, стратифицированные, аллювиальные, глеевые, торфяные, слаборазвитые, органоаккумулятивные) и более 10 типов почв. В почвоведческой литературе отмечен целый ряд процессов, характерных только для полярных почв, что связано с воздействием на них мерзлоты и низких температур (криотурбации, мерзлотная ретинизация гумуса, мерзлотная аккумуляция вещества и др.).

На экосистемном уровне изучения почвенного покрова полуострова Ямал следует уделять внимание следующим особенностям почв конкретного региона: