АКАДЕМИЯ НАУК СССР

БИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

П. П. Ширшов (1905 – 1953 гг.)

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ОКЕАНОЛОГИИ им. П. П. ШИРШОВА

БИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА 1980

УДК 577.472:577.4(268.9)

Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.

Представлены материалы гидробиологических исследований в центральной части Северного Ледовитого океана на дрейфующих станциях "Северный полюс", главным образом на СП-22 и СП-23 в 1975-1978 гг. Рассматриваются гидробиологический и гидрохимический режимы поверхностных арктических вод, а также действие абиотических факторов, обусловливающих формирование снежно-ледяного покрова - субстрата, в толще и на поверхностях которого развиваются криофильная фауна и флора. Особое место уделено вопросам структуры и функционирования экосистемы льда. Представлены данные по составу и распределению планктона, фауне рыб, бентосу.

Сборник рассчитан на полярных океанологов, морских гидробиологов, экологов, гляциологов и студентов.

Ответственные редакторы:

доктор биол. наук М.Е. ВИНОГРАДОВ,
канд. биол. наук И.А. МЕЛЬНИКОВ

БИОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

Утверждено к печати Институтом океанологии им. П.П. Ширшова Академии наук СССР

Редактор *В.Э. Беккер.* Редактор издательства *А.М. Гидалевич*
Художник *М.И. Эльцуфен.* Художественный редактор *Н.Н. Власик*
Технический редактор *Г.П. Каренина*

ИБ № 17259

Подписано к печати 20.08.80. Т - 16414. Формат 60 x 90 1/16. Бумага офсетная № 1
Печать офсетная. Усл.печ.л. 16,3 + 0,6 вклейки. Уч.-изд.л. 19,6
Тираж 800 экз. Тип. зак. 1672. Цена 2р. 80к.

Издательство "Наука", 117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90
Ордена Трудового Красного Знамени 1-я типография издательства "Наука",
199034, Ленинград, В-34, 9-я линия, 12

Б $\frac{21009-381}{055(02)-80}$ 621-80, кн. 2. 2001050100

Посвящается памяти
гидробиолога
Петра Петровича Ширшова

ПРЕДИСЛОВИЕ

Закованные в лед обширные пространства Центрального Полярного бассейна давно привлекают к себе внимание исследователей. Метеорология, физика, биология и геология этой обширной части Мирового океана, несомненно обладающие многими специфическими чертами, с трудом поддаются изучению в силу чрезвычайно трудной доступности приполюсных районов и сложности проведения там экспедиционных исследований. Только стационарные работы с дрейфующего льда могут дать возможность серьезного исследования.

Впервые возможность длительных работ в центральной Арктике с дрейфующего льда 40 лет назад доказала группа папанинцев, высаженная у полюса и продрейфовавшая в океане 274 дня. Одним из самых интересных научных результатов дрейфа было изучение жизни в постоянно покрытых льдом высокоширотных районах. Эти исследования вел опытный полярный гидробиолог Петр Петрович Ширшов.

Петр Петрович ко времени высадки на лед имел уже богатый опыт работы в Арктике: на его счету были переходы по Северному морскому пути на "Сибирякове" и "Челюскине", несколько экспедиций в северные моря, где он собирал и обрабатывал пробы ледовой и планктонной флоры. Специалист в области планктонологии он, кроме своих основных гидробиологических задач, во время дрейфа СП-1 выполнил обширную программу работ по изучению закономерностей дрейфа льдов, подледных течений, гидрологического режима водных масс, рельефа дна. Его исследования в Центральном Арктическом бассейне и сегодня могут служить образцом для любого естествоиспытателя. Трудности быта, сложность ледовой обстановки и постоянные опасности, подстерегающие первопроходцев в Арктике, придали работе П.П. Ширшова и другую ценность, сделав ее примером мужества и самоотдачи ученого делу науки.

Впоследствии Петр Петрович сделал чрезвычайно много для развития океанологии в нашей стране. Создание "Витязя" и Института океанологии АН СССР, первым директором которого стал Ширшов, навсегда сохранят ему почетное место среди советских океанологов.

Шли годы. Работы в Полярном бассейне развивались. Дрейфующие станции "Северный Полюс", организацией которых занимается теперь Институт Арктики и Антарктики, сменяют одна другую и позволяют детально исследовать различные районы высокой Арктики. Ведется на этих станциях и комплекс биологических исследований, которые в последние годы организует Институт океанологии АН СССР.

В основу публикуемых работ положены результаты исследований на дрейфующих станциях, проведенных Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом, Зоологическим институтом АН СССР и Институтом океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР. Сборник представляет собой первую попытку систематизации полученных данных по основным компонентам экосистемы пелагиали Центрального Арктического бассейна. Не претендуя на исчерпывающую полноту и законченность исследований, авторы считают, что такой опыт позволит более ясно представлять биологическую структуру бассейна, связи между ее основными элементами, а также пространственно-временную изменчивость процессов, происходящих в ней.

М.Е. Виноградов, И.А. Мельников

УДК 577.472:577.4(268.9)

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ПЕЛАГИАЛИ ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

М.Е. ВИНОГРАДОВ, И.А. МЕЛЬНИКОВ

Арктический бассейн издавна привлекал внимание естествоиспытателей. Особенно интенсивно изучались его окраинные мелководные моря, которые частично освобождаются ото льда в летний период. В настоящее время накоплен большой фактический материал по различным океанологическим дисциплинам: гидрологии, гидрохимии, ледоведению и др. Биологии Арктического бассейна уделялось меньше внимания, хотя ее изучение началось почти сто лет назад.

Для Северного Ледовитого океана характерно наличие постоянного мощного подвижного снежно-ледяного покрова, обусловливающего комплекс присущих только этому океану свойств и несущего следы тех процессов, которые проходили в эпоху оледенения. Это своего рода реликт той эпохи. Своеобразие условий жизни в Арктическом бассейне выражено также в постоянной отрицательной температуре на протяжении почти всего года и в чередовании длительных периодов света и темноты (полярного дня и ночи). Совместное действие этих факторов способствовало выработке у организмов, обитающих в зоне подвижного ледяного субстрата, адаптаций, позволяющих им выживать в экстремальных условиях. Изучение Северного Ледовитого океана и в особенности его глубоководной части – Центрального Арктического бассейна – представляет существенный интерес для понимания его роли в современном балансе биосферы.

История изучения биологии Центрального Арктического бассейна начинается с работ норвежской экспедиции 1893-1896 гг., которую возглавлял Ф. Нансен. Трехлетний дрейф "Фрама" во льдах от Новосибирских островов до Шпицбергена был первой высокоширотной научной экспедицией, ставившей перед собой задачу всестороннего изучения дрейфа льда, структуры водных масс, состава и распределения организмов. Открытие промежуточного слоя теплых вод позволило Нансену высказать предположение о проникновении и распространении в Арктическом бассейне атлантических вод. Фаунистическая и флористическая коллекции экспедиции, обработанные Г.Сарсом и Х. Граном [Sars, 1900; Gran, 1904], дали возможность

составить первое представление о жизни в глубоководной части бассейна. Научные материалы "Фрама" трудно переоценить. Многие результаты этой экспедиции не потеряли своего значения и по сей день.

В 1900–1903 гг. состоялась русская полярная экспедиция на судне "Заря" под начальством Э.В. Толля, в ходе которой были проведены обширные наблюдения над льдом в Карском и Новосибирском морях и в районах к северу от Новосибирских островов, а также выполнены исследования распределения зоопланктона в Баренцевом, Карском и Новосибирском морях [Линко, 1913]. Однако большая часть материалов этой экспедиции осталась необработанной.

Начало планомерным исследованиям морей и Центрального Арктического бассейна было положено в 1921 г., когда В.И. Ленин подписал декрет о создании Плавучего морского научного института. Научные рейсы судна "Персей" дали обширные сведения о фауне Баренцева и Норвежского морей. Однако высокие широты закованного в лед Центрального Арктического бассейна по-прежнему оставались почти не исследованными.

Второй международный полярный год дал новый толчок для развития исследований в Центральном Арктическом бассейне. За три года (1935–1937 гг.) Советский Союз провел три высокоширотные экспедиции на ледокольном пароходе "Садко" в районах севернее Шпицбергена, между Землей Франца-Иосифа и Северной Землей. Во время этих экспедиций впервые были получены гидробиологические пробы с абиссальных глубин Арктического бассейна. Планктонные исследования, проведенные на "Садко" В.Г.Богоровым и П.И.Усачевым, позволили обнаружить проникновение в Центральный Арктический бассейн с теплыми атлантическими водами *Oithona atlantica*, *Globigerina bulloides* и других бореальных видов. Позднее на основе собранного этими исследователями материала В.А. Яшнов [1940] показал, что в весовом отношении в зоопланктоне исследованных районов преобладают копеподы, среди которых доминируют *Calanus glacialis*[1], *C. hyperboreus* и *Metridia longa*. Однако материал этих экспедиций дал мало для познания биологии самой котловины Арктического бассейна, поскольку лишь на двух станциях работы проводились на абиссальных глубинах, а остальные – на мелководье эпиконтинентальных морей. В те годы Н.Н. Зубов справедливо писал, что все наши знания о процессах, происходящих в Центральной Арктике, до 1937 г. были основаны почти исключительно на работах Нансена. Новый этап исследования пелагиали Центрального Арктического бассейна начался в 1937 г., когда на лед у Северного полюса была высажена четверка папанинцев, среди которых был гидробиолог П.П. Ширшов. Во время дрейфа станции СП-1 от полюса до выноса ее в Гренландское море им были проведены разнообразные наблюдения за скоростью и направлением подледных течений,

[1] У Яшнова – *Calanus finmarchicus*. *C. glacialis* был описан им же в 1955 г.

гидрохимическим режимом водных масс, составом и распределением фито- и зоопланктона. Удалось зарегистрировать целый ряд небольших петель дрейфа льда диаметром 1–2 км, а также противотечения, возникающие на небольшой глубине после смены направления дрейфа. Такое движение льда обеспечивает постоянное обновление подледного слоя воды и способствует обогащению его биогенными элементами. Ширшов показал также, что Нансен был неправ, говоря об исключительной бедности жизни в Арктическом бассейне. На самом деле весной даже в приполюсных районах океана развивается большое количество фито- и зоопланктона.

Примерно в то же время (1937–1940 гг.) проходил дрейф ледокольного парохода "Седов", почти повторивший маршрут дрейфа "Фрама". На "Седове" проводился комплекс океанологических наблюдений, в которые входил и сбор гидробиологических проб.

Обработка материалов, собранных во время дрейфов СП-1 и "Седова", показала, что в высоких широтах Арктики, в приполюсных районах, так же как и в других районах Мирового океана, в зоопланктоне преобладают копеподы [Богоров, 1946а,б]. Их было обнаружено около 20 видов, среди которых доминировали *Calanus glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*. Кроме копепод, в планктоне были обнаружены радиолярии, сифонофоры, остракоды, амфиподы и аппендикулярии. П.И. Усачев, обрабатывая пробы фитопланктона, выяснил, что вегетация водорослей в центральной части Арктического бассейна начинается в июле, после того как стаивает снег и лед начинает пропускать достаточное для развития фитопланктона количество света. Продолжительность вегетации составляет всего около одного месяца. В приполюсном районе были обнаружены 73 формы водорослей (в основном диатомовых), среди которых имелись как планктонные, так и бентосные формы, причем последние преобладали. К числу типичных криофитов, которые постоянно встречались в толще льда, Усачев [1949] отнес 24 бентосные (литоральные) формы морских диатомовых.

Анализ полученных материалов позволил В.Г. Богорову [1938] разработать основы прогнозов состояния льда по гидробиологическим признакам и создать концепцию биологических сезонов в арктических и умеренно холодноводных морях.

Вторая мировая война прервала исследования в Арктике. Однако уже в начале 50-х годов в нашей стране и за рубежом были начаты систематические научные наблюдения с дрейфующих станций, которые продолжаются и по сей день.

Обзор гидробиологических исследований, проводившихся в Центральном Арктическом бассейне по 1974 г., показывает следующее (табл.).

1. Вне поля зрения биологических исследований остался такой важный элемент экосистемы пелагиали бассейна, как дрейфующий лед.

2. В отношении состава и распределения фитопланктона до сих пор, кроме материалов Нансена и Ширшова, имеется лишь одна ра-

Гидробиологические наблюдения в центральной части Северного Ледовитого океана с 1893 по 1974 г.

Платформа и год наблюдений	Исследования	Автор и год публикации
"Fram", 1893-1896	Общая гидробиология, фито- и зоопланктон, ледовая флора	Nansen. 1902; Sars, 1900; Gran, 1904
"Nautilus", 1931	Зоопланктон	Hardy et al,. 1936
л/п "Садко", 1935-1938	Бентос, зоопланктон	Горбунов, 1946; Яшнов, 1940
СП-1, 1937-1938	Общая гидробиология, фито- и зоопланктон, ледовая флора	Ширшов, 1938, 1944; Богоров, 1938; Усачев, 1938, 1946, 1949, 1961
л/п "Седов", 1937-1940	Бентос, зоопланктон	Горбунов, 1946; Богоров, 1946а
И-169, 1941	Зоопланктон	Богоров, 1946б
л/р "Литке", 1948	Бентос	Колтун, 1964
СП-2-5, 1950-1957	Бентос, зоопланктон, бактерии	Колтун, 1964; Бродский, 1950; Бродский, Никитин, 1955; Биркетис, 1957, 1959; Крисс, 1963; Гурьянова, 1957
Т-3, 1952-1955	Бентос, фито- и зоопланктон, ледовая фауна	Mohr, 1959; Barnard, 1959
л/р "Литке", 1955	Бентос	Колтун, 1964
д/э "Обь", 1956	"	То же
д/э "Лена", 1957-1958	"	"
Т-3, Bravo, 1957	Общая гидробиология, первичная продукция	Apollonio, 1959
"Alpha", 1957-1958	Общая гидробиология, зоопланктон	English, 1959, 1961; Johnson, 1963
Т-3, 1958	Зоопланктон	Grainger, 1965
"Charlie", 1959-1960	Бентос, фотографирование дна	Hunkins et al., 1960; Menzies, 1963; Paul, Menzies, 1974
"Seadragon", 1960	Зоопланктон	Grice, 1962
"Arlis-1", 1960-1961	Хлорофилл "а"	Apollonio, 1961
"Arlis-2", 1961-1964	Фито- и зоопланктон	Hopkins, 1969; Kawamura, 1967; Minoda, 1967
Т-3, 1963-1964	Зоопланктон	Harding, 1966; Hunkins, 1965
Т-3, 1966-1970	Зоопланктон, органический углерод, бентос	Hughes, 1968; Mohr, Geiger, 1968; Kinney et al., 1971; George, Allen, 1970
СП-16-22, 1968-1974	Зоопланктон	Павштикс, 1971 а, б, 1976а, б, 1977

бота Кавамуры [Kawamura, 1967], которую он выполнил в 1964 г. на дрейфующей станции "Arlis II". Оценка продукции фитопланктона (по C^{14} и хлорофиллу) была проведена Инглишем в 1957 г. на станции Т-3 [English, 1959]. Данные по составу батометрического фитопланктона и оценки первичной продукции в пограничном слое "вода – лед" отсутствуют вовсе. Не изучались вопросы адаптации арктической флоры к низкому уровню освещенности, выживаемости в условиях низкой температуры и длительного периода полярной ночи.

3. Основное внимание в проводившихся исследованиях уделялось изучению состава и вертикального распределения зоопланктона. Был проведен возрастной анализ популяций, выяснены закономерности сезонных вертикальных миграций доминирующих видов *C. glacialis* и *C. hyperboreus*, однако количественная оценка распределения планктона до сих пор не проводилась достаточно точно. Кроме того, наблюдения большей частью были кратковременными и не могли дать общей картины изменчивости распределения планктона. Не были исследованы также суточные миграции планктона в условиях резкой смены освещенности и неравномерности в пространственном распределении животных.

4. Совершенно недостаточен объем проведенных микробиологических исследований. Имеется лишь одна работа [Крисс, 1963] по учету гетеротрофных бактерий, растущих на питательной среде, выполненная на станциях СП-3, СП-4 и СП-5 в 1954-1956 гг.

5. Нет ни одной работы, посвященной изучению глубоководных рыб Центрального Арктического бассейна.

6. Исследования бентоса проводились на станциях СП-2, СП-3 и СП-4 в 1950-1954 гг., в экспедициях на л/р "Литке" в 1955 г. и на д/э "Обь" в 1956 г., а также на станции "Т-3" в 1969-1970 гг. Для абиссали центральной части бассейна зарегистрировано 146 видов донных животных и отмечен высокий эндемизм фауны.

Таким образом, к настоящему времени имеется крайне мало данных о качественном и количественном составе и о распределении основных компонентов экосистемы пелагиали бассейна. Многие наблюдения проводились непродолжительное время, нестандартными орудиями сбора проб, и в силу этого полученные результаты оказывались неполными или несравнимыми. Некоторые из применявшихся методик также были далеки от совершенства. В итоге ряд общебиологических вопросов оказался неосвещенным. Это касается в первую очередь фито- и зоогеографии, экологии и физиологии криофильных организмов, системного изучения пелагиали бассейна, оценки продуктивности его сообществ.

В настоящее время резко возрос интерес к изучению полярных областей в связи с расширением использования природных богатств Севера, особенно с разработкой запасов нефти и газа на шельфе мелководных арктических морей. Отсутствие достоверных знаний о биологии Арктического бассейна может отрицательно сказаться на прогнозировании поведения ледовых и планктонных сообществ и среды

их обитания при загрязнениях в результате разработок таких месторождений. Для составления точных прогнозов и рекомендаций, очевидно, нужны сведения обо всех элементах экосистемы пелагиали Арктического бассейна. Поэтому необходимость их изучения диктуется не только чисто научными, но и народнохозяйственными потребностями.

С 1975 г. Институт океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР проводит сравнительно долговременные гидробиологические наблюдения на дрейфующих станциях СП-22 и СП-23 Арктического и Антарктического научно-исследовательского института [Мельников, 1976а,б, 1978; Мельников, Циновский, 1978; Афанасьев, 1978], маршруты дрейфа которых показаны на рис. Преимущества проведения этих работ с дрейфующего льда перед такими же работами, проводимыми с научно-исследовательских судов в открытых водах других океанов, состоят в следующем.

1. Медленный дрейф льда (2-3 км/сут) и, следовательно, практическое отсутствие наклона тросов обеспечивают проведение точных гидрологических, планктонных и бентосных сборов материала, а также экспериментальных исследований in situ в воде и на дне.

2. Возможность проведения непрерывных многолетних наблюдений за развитием ледовых и планктонных сообществ в пределах одной водной массы.

3. Наблюдения с одного (полигонный тип наблюдений) или с нескольких ледовых полей, удаленных друг от друга на значительные расстояния, позволяют проводить мелко- и крупномасштабную съемку гидрофизических полей и выявлять пространственную неоднородность в распределении планктонных животных.

В последнее десятилетие все шире стал использоваться комплексный подход к изучению структуры и функционирования морских экосистем. Собранные в экспедициях материалы (например, в 44, 50, 52, 57 и 64-м рейсах нис "Витязь" в 1968-1978 гг., в 17-м рейсе нис "Академик Курчатов" и в 20-м рейсе нис "Дмитрий Менделеев" в 1977-1978 гг. охватывают все основные элементы экосистем в различных районах Мирового океана и позволяют перейти к построению их рабочих моделей.

Экосистемный подход был применен и при изучении структуры и функционирования сообщества пелагиали Центрального Арктического бассейна. При этом исследовались биогидрохимические характеристики льда и тонкого контактного слоя "вода - лед", состав и распределение криопелагической фауны и флоры, процессы, определяющие их развитие в течение сезона в толще льда и на его поверхности, видовой и возрастной составы фито- и зоопланктона и их пространственно-временная изменчивость, органические компоненты морской воды и льда, состав и количественное распределение бентоса, придонной и пелагической фауны рыб.

Наблюдения были начаты на СП-22 в мае 1975 г., когда станция дрейфовала у Полюса относительной недоступности (83° с.ш., 177° з.д., глубина 1460 м), и продолжались до весны 1976 г. (83° с.ш., 140° з.д., глубина 2740 м). Затем работы на этой стан-

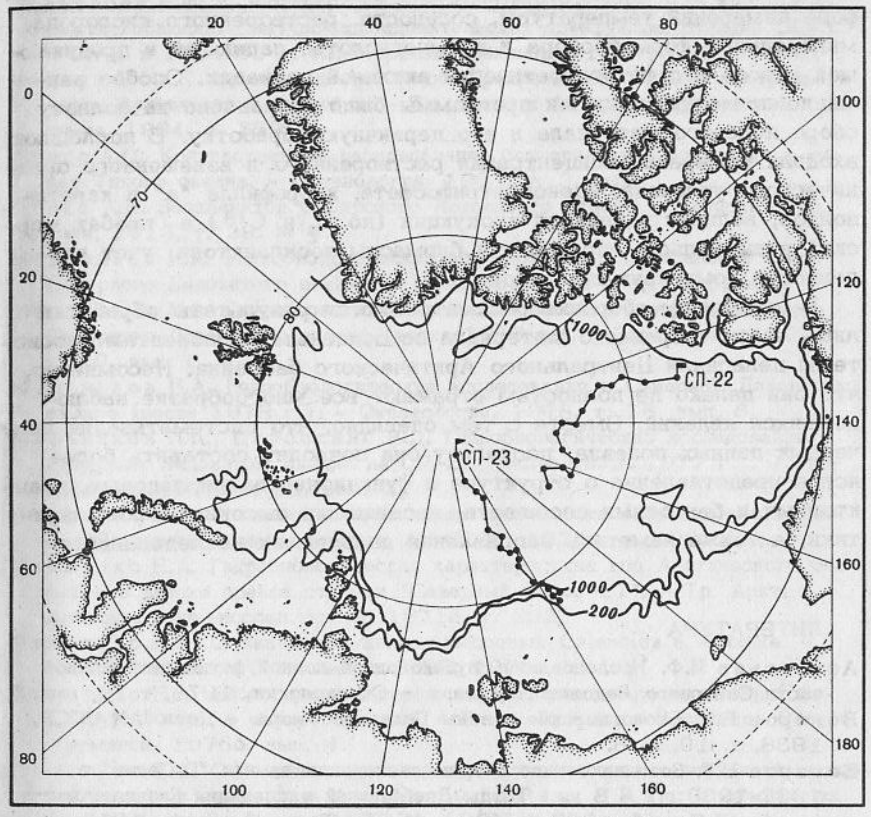


Схема дрейфа станции СП-22 и СП-23 в 1975-1978 гг.

ции были прерваны и возобновились весной 1977 г. (82° с.ш., 130° з.д., глубина 2794 м). Второй цикл наблюдений был выполнен на СП-23, которая дрейфовала в зоне трансарктического выноса льда; начало работ весной 1977 г. (77° с.ш., 165° в.д., глубина 170 м), окончание - весной 1978 г. (88° с.ш., 144° в.д., глубина 2550 м). В общей сложности был выполнен следующий комплекс гидробиологических работ: 1) криобиологический анализ многолетнего льда, прошедшего все стадии сукцессии (фазы таяния и ледообразования); 2) подледные наблюдения за составом и распределением криопелагической флоры и фауны; 3) измерения первичной продукции в снежницах, разводьях и в воде подо льдом; 4) сетной и батометрический сбор фитопланктона в поверхностных водах; 5) планктонные ловы сетью Джеди от поверхности до дна по стандартным горизонтам (суточные и сезонные наблюдения); 6) ловы пелагических и придонных рыб; 7) сбор бентоса минитралом Сандерса и дночерпателем; 8) батометрический сбор взвеси по стандартным горизонтам от поверхности до дна.

Весь комплекс гидробиологических наблюдений проводился на

фоне измерений температуры, солености, растворенного кислорода, минеральных форм фосфора и кремнекислоты, падающей и проникающей сквозь лед фотосинтетически активной радиации. Особое внимание при осуществлении программы было направлено на полноту сбора полевого материала и его первичную обработку. В последнюю входили измерения концентрации растворенного и взвешенного органического углерода, аденозинтрифосфата, хлорофилла "а" и каротиноидов, величин первичной продукции (по O_2 и C^{14}) в пробах морской воды и льда, определения биомассы зоопланктона, учет численности доминирующих видов.

В настоящем сборнике рассматриваются результаты обработки лишь части собранного материала по основным компонентам экосистемы пелагиали Центрального Арктического бассейна. Несомненно, что они далеко не полностью отражают все многообразие наблюдавшихся явлений. Вместе с тем очевидно, что систематизация полученных данных полезна, поскольку она позволит составить более ясное представление о структуре и функционировании ледовых, планктонных и бентосных сообществ, населяющих высокие широты Арктики, а также наметить направления дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

Афанасьев И.Ф. Исследования глубоководной донной фауны центральной части Северного Ледовитого океана. – Океанология, 1978, т. 18, вып. 5.

Богоров В.Г. Биологические сезоны Полярного моря. – Докл. АН СССР, 1938, т. 19, № 8.

Богоров В.Г. Зоопланктон по сборам экспедиции на л/п "Г. Седов" в 1937–1939 гг. – В кн.: Труды Дрейфующей экспедиции Главсевморпути на л/п "Г. Седов", 1937–1940 гг. М.; Л.: Главсевморпуть, 1946а, с. 33–37.

Богоров В.Г. Материалы по зоопланктону Полярного бассейна: Научные результаты экспедиции на самолете СССР ИЛ-169 в район "Полюса недоступности". М.; Л.: Главсевморпуть, 1946б.

Бродский К.А. Веслоногие рачки (Calanoida) дальневосточных морей СССР и Полярного бассейна. – В кн.: Определители по фауне СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950, № 35.

Бродский К.А., Никитин М.М. Гидробиологические работы. – В кн.: Материалы наблюдений научно-исследовательской дрейфующей станции 1950/51 г. Л.: Морской транспорт, 1955, т. 1, с. 411–465.

Виркетис М.А. Некоторые данные о зоопланктоне центральной части Арктического бассейна. – В кн.: Материалы наблюдений научно-исследовательских дрейфующих станций СП-3 и СП-4 1954/55 г. Л.: Морской транспорт, 1957, т. 1.

Виркетис М.А. Материалы по зоопланктону центральной части Арктического бассейна: Результаты научно-исследовательских работ дрейфующих станций СП-4 и СП-5 в 1955/56 г. Л.: Морской транспорт, 1959.

Горбунов Г.П. Донное население Новосибирского мелководья и центральной части Северного Ледовитого океана. – В кн.: Труды Дрейфующей экспедиции на л/п "Г. Седов", 1937–1940 гг. М.; Л.: Главсевморпуть, 1946, т. 3.

Грищенко В.Д. О микрорельефе нижней поверхности морского дрейфующего льда. – Тр. Аркт. и Антаркт. науч.-исслед. ин-та, 1976, т. 320.

Гурьянова Е.Ф. К зоогеографии Арктического бассейна. – В кн.: Материалы наблюдений научно-исследовательских дрейфующих станций СП-3 и СП-4 в 1954/55 г. Л.: Морской транспорт, 1957, т. 1.

Колтун В.М. К изучению донной фауны Гренландского моря и центральной части Арктического бассейна. – Тр. Аркт. и Антаркт. науч.-исслед. ин-та, 1964, т. 259.

Крисс А.С. Количественное распределение бактериальной популяции в водах Тихого океана. – Океанология, 1963, т. 3, вып. 1.

Линко А.К. Зоопланктон Сибирского Ледовитого океана. – Записки Акад. наук, 1913, т. 29, № 4.

Мельников И.А. Гидробиологические исследования в центральной части Северного Ледовитого океана. – Океанология, 1976а, т. 16, вып. 3.

Мельников И.А. Гидробиологические исследования в центральной части Северного Ледовитого океана (весна 1976 г.). – Океанология, 1976б, т. 16, вып. 6.

Мельников И.А. Гидробиологические исследования в Северном Ледовитом океане (весна 1978 г.). – Океанология, 1978, т. 18, вып. 6.

Мельников И.А., Циновский В.Д. Гидробиологические исследования в Северном Ледовитом океане на СП-23 (май-октябрь 1977 г.). – Океанология, 1978, т. 18, вып. 2.

Павштикс Е.А. О сезонных изменениях численности зоопланктона в районе Северного полюса. – Докл. АН СССР, 1971а, т. 196, № 2.

Павштикс Е.А. Гидробиологическая характеристика вод Арктического бассейна в районе дрейфа станции "Северный полюс-17". – Тр. Аркт. и Антаркт. науч.-исслед. ин-та, 1971б, т. 302.

Павштикс Е.А. О жизненных циклах массовых Calanoida в Арктике. – В кн.: Тез. докл. 3-го съезда ВГБО, 1976а, т. 1.

Павштикс Е.А. Биологические сезоны и продолжительность жизни Calanus hyperboreus в центре Арктики. – В кн.: Природа и хозяйство Севера. Мурманск, 1976б, вып. 4.

Павштикс Е.А. Сезонные изменения возрастного состава популяций веслоногих рачков Calanoida в Арктическом бассейне. – В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1977, т. 19(27).

Усачев П.И. Биологический анализ льдов. – Докл. АН СССР, 1938, т. 19, № 8.

Усачев П.И. Биологические показатели происхождения льдов в Карском море, море Лаптевых и др. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1946, т. 1.

Усачев П.И. Микрофлора полярных льдов. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1949, т. 3.

Усачев П.И. Фитопланктон у Северного Полюса. – Тр. ВГБО, 1961, т. 11.

Ширшов П.П. Океанологические наблюдения. – Докл. АН СССР, 1938, т. 19, № 8.

Ширшов П.П. Научные результаты дрейфа станции "Северный полюс": Рельеф дна и водные массы центральной части Северного Ледовитого океана. – В кн.: Общее собрание АН СССР, 15–17 февраля 1944 г. М.; Л., 1944.

Яшнов В.А. Планктическая продуктивность северных морей СССР. М.: МОИП, 1940.

Apollonio S. Hydrobiological measurements on IGY drifting station "Bravo". – Transact. Amer. Geophys. Union, 1959, vol. 40, N 3.

Apollonio S. The chlorophyll content of Arctic sea-ice. – Arctic, 1961, vol. 14, N 3.

Barnard J.L. Epipelagic and under-ice Amphipoda of the central Arctic basin. – Geophys. Res. Pap. N 63: Sci. Stud. Fletcher's Ice Island, T-3, 1952–1955, 1959, vol. 1.

English T.S. Primary production in the central North Polar sea, drifting station "Alpha", 1957–1958; Pap. present. Ist Intern. Oceanogr. Congr. New York, 1959.

English T.S. Some biological oceanographyc observations in the central North Polar sea drifting station "Alpha", 1957–1958. – Arct. Inst. North Amer., Sci. Rept, 1961, vol. 15.
George R.Y., Allen Z.P. USC–FSU biological investigations from the Fletcher's ice Island "T-3". on deep-sea and under-ice benthos of the Arctic ocean. – Univ. S. Calif. Sci. Techn. Rept, 1970, N 1.
Grainger H. Zooplankton from the Arctic Ocean and adjacent Canadian waters. – J. Fish. Res. Board Canada, 1965, vol. 22, N 2.
Gran H.H. Diatomaceae from the ice-floes and plankton of the Arctic ocean. – Norw. North Polar Exped. 1893–1896, Sci. Results, 1904, vol. 4.
Grice G.D. Copepods collected by the nuclear submarine "Seadragon" on a cruise to and from the North Pole, with remarks on their geographic distribution. – J. Mar. Res., 1962, vol. 20, N 1.
Harding G.C.H. Zooplankton Distribution in the Arctic Ocean with the Notes on Life Cycles: Master's Thesis. McGill Univ., 1966.
Hardy A., Farran G., Garstang W., Georgeson E. The arctic plankton collected by the Mautilus Exped. 1931. Parts 1–3. – J. Linnean Soc. London, Zool., 1936, vol. 39, N 267.
Hopkins T.L. Zooplankton biomass related to hydrography along the drift track of Arlis-2 in the Arctic basin and the East Greenland current. – J. Fish. Res. Board Canada, 1969, vol. 26, N 2.
Hughes K.H. Seasonal vertical distribution of copepods in the Arctic waters in the Canadian basin of the North Polar sea: Master's Thesis. Univ. Washington, 1968.
Hunkins K., Ewing M., Heezen B., Menzies R. Biological and geological observations on the first photographs of the Arctic deep-sea floor. – Limnol. Oceanogr., 1960, vol. 5, N 1.
Hunkins K. The seasonal variation in the sound-scattering layer observed at Fletcher's Ice Island (T-3) with a 12 ks/s echo sounder. – Deep-Sea Res., 1965, vol. 12, N 6.
Johnson M.W. Zooplankton collections from the high Polar basin with special reference to the copepoda. – Limnol. Oceanogr., 1963, vol. 8, N 1.
Kawamura A. Observation of phytoplankton in the Arctic ocean in 1964. – Inform. Bull. Planktol. Jap., 1967, Commemor. N Dr. J. Matsue's.
Kinney P.J., Loder T.S., Groves J. Particulate and dessolved organic matter in the Amerasian basin of the Arctic ocean. – Limnol. Oceanogr., 1971, vol. 16, N 1.
Kriss A.E. The vertical distribution patterns of heterothrophic bacteria in the depths of the World Ocean and the importance of their regularity of to oceanography. – Intern. Revue Ges. Hydrobiol., 1976, vol. 61, N 4.
Menzies R.J. The abyssal fauna of the sea floor of the Arctic ocean. – In: Proceedings of the Arctic Basin Symposium, Oct., 1962. Arct. Inst. N Amer., 1963.
Minoda T. Seasonal distribution of Copepoda in the Arctic ocean from June to December 1964. – Rec. Oceanogr. Works Jap., 1967, vol. 9, N 1.
Mohr J.L. Marine biological work. – Geophys. Res. Pap. N 63: Sci. Stud. Fletcher's Ice Island, T-3, 1952–1955, 1959, vol. 1.
Mohr J.L., Geiger S.R. Arctic basin faunal precis: animals taken mainly from arctic drifting stations and their significance for water mass recognition. – In: Arctic Drifting Stations, Arct. Inst. N Amer., 1968.
Nansen F. The oceanography of the North Polar Basin. – Norw. North-Polar Exped. 1893–1896, Sci. Results, 1902, vol. 3, N 9.
Paul A.Z., Menzies R.J. Benthic ecology of the high Arctic deep-sea. – Mar. Biol., 1974, vol. 27, N 3.
Sars G. Crustacea. –Norw. North Polar Exped. 1893–1896, Sci. Results, 1900, vol. 1.

АБИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ЭКОСИСТЕМЫ ПЕЛАГИАЛИ

УДК 551.464.628 +554.465.42(268)

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

В. П. РУСАНОВ

Основными факторами, формирующими химическую структуру водных масс Северного Ледовитого океана, являются его водообмен с Атлантическим и Тихим океанами, речной сток и процессы образования и таяния льдов. Влияние атлантических вод наиболее отчетливо проявляется в Евразийском суббассейне, в то время как гидрохимический режим Амеразийского суббассейна в значительной степени определяется его водообменом с Тихим океаном. Ежегодные колебания объема материкового стока и поступления в бассейн атлантических и тихоокеанских вод приводят к значительным изменениям ареалов распространения вод с той или иной химической структурой. Однако основные черты распределения гидрохимических характеристик в Амеразийском и Евразийском суббассейнах, а также в центральной части бассейна над хребтом Ломоносова достаточно стабильны.

Обобщение всех собранных к настоящему времени материалов по гидрохимии водных масс позволило провести химико-океанографическое районирование вод Арктического бассейна и установить средние многолетние характеристики для каждого типа вод [Русанов, 1975а]. Самая сложная структура у поверхностных вод Арктического бассейна, поскольку в них наиболее интенсивно протекают гидрологические, физико-химические и биологические процессы. В их формировании участвуют воды различного происхождения – атлантические, тихоокеанские, речные, морские и воды ледотаяния. На рис. 1 показаны границы основных типов поверхностных вод Арктического бассейна, разделяющие поверхностные воды с близкими значениями заложенных в классификацию признаков – температура, соленость, кислород, pH, кремнекислота, фосфаты. Средние многолетние значения гидрохимических характеристик для каждого типа вод даны в табл. 1.

Поверхностные воды Арктического бассейна отчетливо подразделяются на три основные группы – амеразийскую (врангелевский и канадский типы), евразийскую (шпицбергенский и североземельский типы) и срединную (центральный и канадско-гренландский типы).

Различия между поверхностными водами амеразийской и евра-

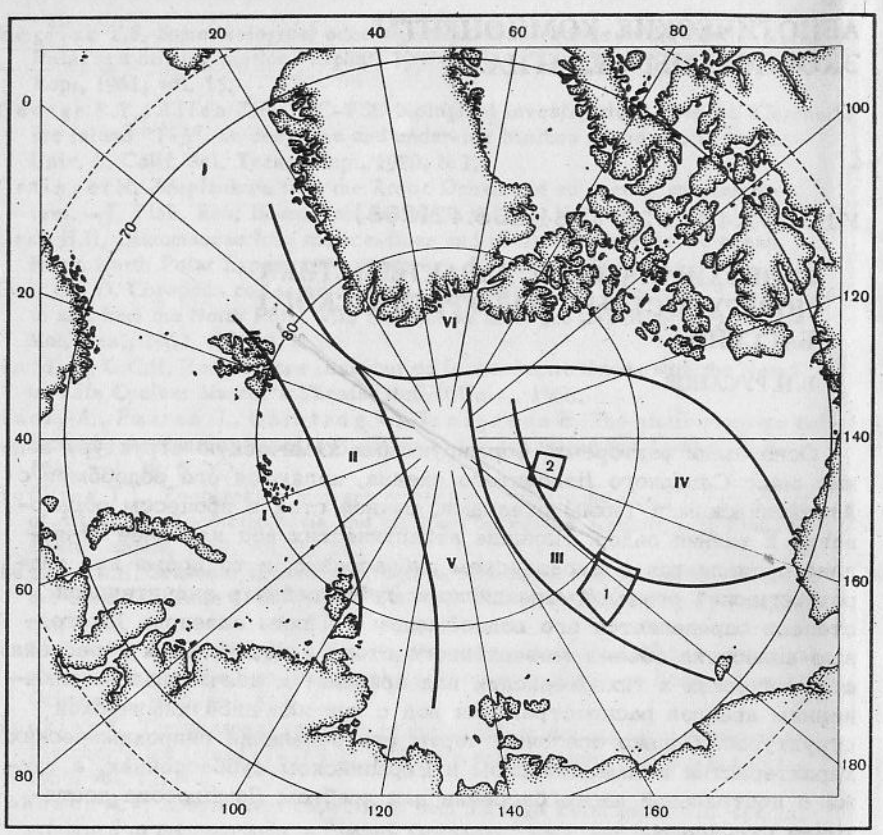


Рис. 1. Химико-океанографическая типизация поверхностных вод Арктического бассейна

I – шпицбергенский тип; *II* – североземельский тип; *III* – врангелевский тип; *IV* – канадский тип; *V* – центральный тип; *VI* – канадско-гренландский тип; *1* – район дрейфа СП-20; *2* – район дрейфа СП-22

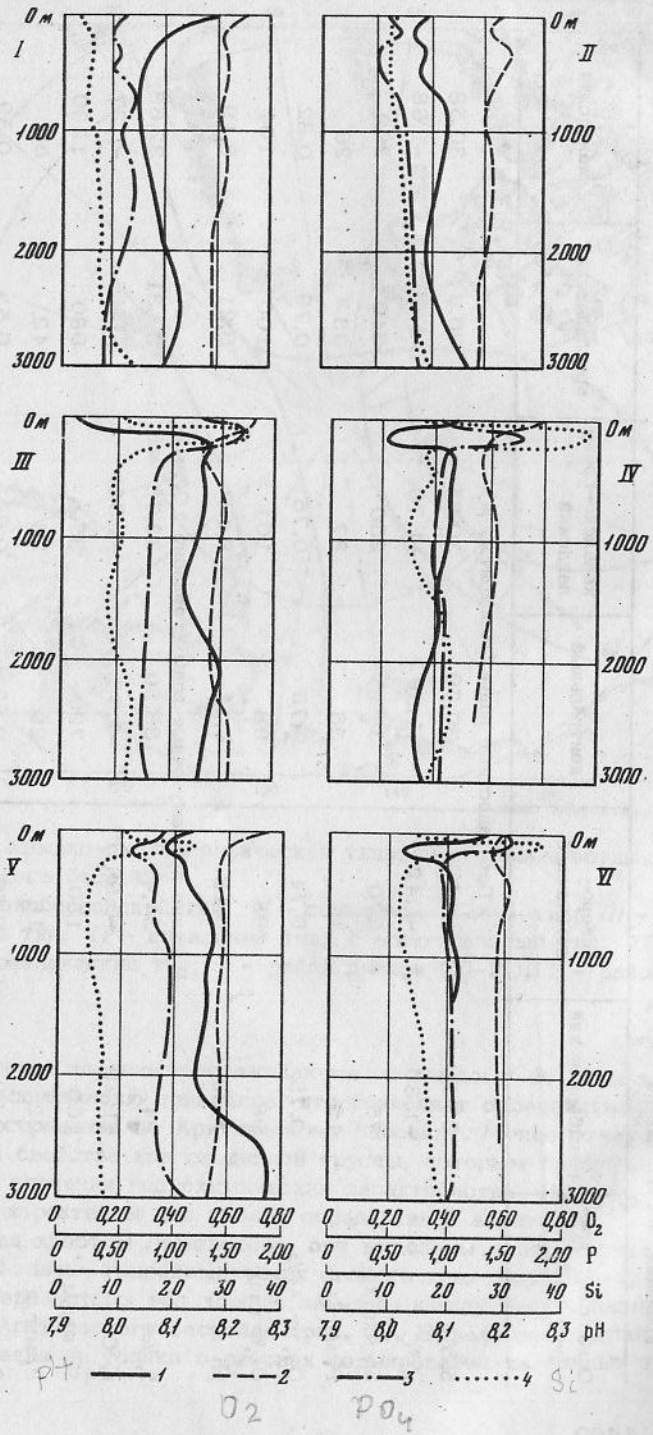
зийской групп хорошо прослеживаются по каждому из семи заложенных в классификацию признаков, что позволяет определить границы их распространения по Арктическому бассейну. Менее отчетливо выражены свойства вод срединной группы, которым присущи промежуточные значения гидрохимических характеристик. Но поскольку эти воды характерны для вполне определенной акватории, простирающейся над хребтом Ломоносова, они выделены в самостоятельную группу. Различия гидрохимических свойств трех основных групп типов поверхностных вод хорошо заметны между всеми водными массами Арктического бассейна (рис. 2). Выделенные группы дают представление не только о районах формирования различных типов

Таблица 1

Средние многолетние характеристики основных типов поверхностных и промежуточных вод Арктического бассейна в границах, показанных на рис. 1

Основные характеристики	шпицбергенский	северо-земельский	центральный	канадско-гренландский	врангелевский	канадский
Поверхностные воды (горизонт 5 м)						
S, ‰	33,16	32,82	30,70	30,84	30,87	30,58
t, °C	-1,80	-1,42	-1,69	-1,70	-1,68	-1,68
Si, мкг/л	75	270	380	250	340	290
P, мкг/л	12	17	36	27	33	26
O_2, мг-Ат/л	0,75	0,74	0,75	0,78	0,79	0,82
O_2, % нас.	98	98	98	101	100	104
pH	8,23	8,13	8,11	8,14	8,21	8,19
Верхние промежуточные воды (горизонт 100 м)						
S, ‰	34,55	34,49	33,30	33,75	33,31	32,63
t, °C	-1,29	-0,96	-1,53	-1,53	-1,45	-1,27
Si, мкг/л	160	180	790	350	980	1230
P, мкг/л	22	18	29	26	42	55
O_2, мг-Ат/л	0,70	0,66	0,59	0,66	0,53	0,59
O_2, % нас.	90	90	79	78	70	78
pH	8,04	8,08	8,09	8,11	7,95	8,02

2. Зак. 1460



поверхностных вод, но и показывают основные направления их переноса.

Воды евразийской группы, формирующиеся на границах Северного Ледовитого и Атлантического океанов, занимают весь Евразийский суббассейн. Для них характерен северо-восточный перенос со стороны Гренландского, Баренцева и Карского морей не только для поверхностной, но и для остальных водных масс. Ввиду генетической близости основных водных масс этой группы характерной особенностью вертикального распределения всех гидрохимических характеристик в них является отсутствие резких перепадов значений на границах раздела между ними и явно выраженных экстремумов от поверхности до дна (см. рис. 2). Генетически основные типы поверхностных вод этой группы однородны, поскольку в основе их лежат атлантические воды. Однако в силу различия путей, которыми они поступают в Арктический бассейн, наблюдаются и некоторые различия их физических и гидрохимических свойств. Поверхностные воды шпицбергенского типа, поступающие в бассейн через Баренцево и Карское моря, в среднем более холодные, богаче кислородом и имеют более высокие значения pH, чем поверхностные воды североземельского типа, поступающие непосредственно из Гренландского моря. Общей чертой вод этой группы является низкое содержание кремния (менее 300 мкг/л) и фосфатов (в пределах 10-20 мкг/л).

Для Амеразийского суббассейна характерны северо-западный перенос водных масс на всех глубинах и более сложное распределение гидрохимических характеристик по вертикали, определяемое как генетической разнородностью водных масс, так и особенностями циркуляции и водообмена, а также рельефом дна и другими локальными особенностями суббассейна.

Поверхностные воды канадского типа формируются в основном в летний период на обширной акватории моря Бофорта. Значительная доля вод ледотаяния, участвующих в их формировании, определяет самую низкую во всем Арктическом бассейне соленость этих вод и невысокое содержание биогенных элементов [Русанов, 1974]. Быстрое охлаждение поверхностного слоя в начале зимы приводит к перенасыщению его кислородом. Длительная зимняя изоляция поверхности воды от атмосферы и незначительный расход кислорода на окислительные процессы в условиях низких температур способствуют сохранению его избытка.

Поверхностные воды врангелевского типа формируются в Чукотском море под значительным влиянием тихоокеанских вод, что обусловливает их более высокую соленость, а также повышенное содержание биогенных элементов, связанное со специфическими биологи-

Рис. 2. Типовые кривые распределения кислорода (мг-ат/л), фосфатов и кремнекислоты (мкг-ат/л) и величины pH. (Номера типов вод в соответствии с рис. 1)

1 – pH; *2* – кислород; *3* – фосфаты, *4* – кремний

ческими и гидрохимическими условиями Чукотского моря. Хотя воды Чукотского моря в период биологического лета бывают перенасыщены кислородом до 115%, насыщение поверхностных вод врангелевского типа лишь близко к 100%. Это связано со значительным расходом кислорода на окисление органического материала, выносимого поверхностными водами из Чукотского моря.

Как видно на рис. 1, поверхностные воды канадского типа распространяются далеко на север от места формирования, занимая акваторию над всей Канадской котловиной и область антициклонического круговорота. Поверхностные воды врангелевского типа из района формирования распространяются в северо-западном направлении, подчиняясь генеральному направлению выноса вод и льдов из южных районов Амеразийского суббассейна. Однако под действием мощного потока вод евразийской группы с запада они отклоняются от оси Трансарктического течения и распространяются узкой полосой почти строго на север, достигая района полюса и быстро трансформируясь по периферия при смешении с водами канадского и центрального типов.

Вертикальное распределение гидрохимических характеристик в Амеразийском суббассейне определяется главным образом влиянием вод тихоокеанского происхождения, поступающих через Берингов пролив. Внутри амеразийской группы, так же как и для поверхностных вод, выделяются канадский и врангелевский типы промежуточных вод, занимающие слой от 50 до 150-250 м [Гудкович, 1955; Никифоров и др., 1966]. Общим для них является наличие на глубинах 100-150 м ярко выраженного максимума биогенных элементов (1000-1500 мкг Si /л, 40-60 мкг P/л, а по нитратам - более 200 мкг/л) и соответствующего ему минимума кислорода и величины pH. Высокое содержание биогенных элементов в промежуточных водах этой части Арктического бассейна обусловлено особенностями развития диатомовой флоры в Беринговом и Чукотском морях [Жузе, Семина, 1955]. Вследствие процессов регенерации в зимний период воды Чукотского моря обогащаются кремнием до самых высоких во всем Ледовитом океане концентраций, превышающих в отдельные годы 2000 мкг/л. Из этих регенерированных вод на шельфе Чукотского и Восточно-Сибирского морей формируется прослойка тихоокеанских вод [Русанов, Беляков, 1972], которая прослеживается во всем Амеразийском суббассейне на глубинах от 75 до 150-250 м [Трешников, 1960; Гущенков, 1964; Беляков, Русанов, 1971].

Канадский тип промежуточных вод формируется в основном на материковом склоне Чукотского моря из беринговоморских и чукотских вод, выносимых аляскинской и лонговской ветвями тихоокеанского течения. Для него характерны более высокие концентрации биогенных элементов (см. табл. 1) и большая мощность тихоокеанской прослойки. Промежуточные воды этого типа занимают почти всю акваторию Амеразийского суббассейна от Чукотского моря вплоть до северо-западных берегов Гренландии.

Промежуточные воды врангелевского типа, формирующиеся на материковом склоне Восточно-Сибирского моря из вод, выносимых сюда лонговской ветвью, располагаются узкой полосой вдоль восточной части хребта Ломоносова от архипелага де Лонга до полюса. Содержание кремния в них значительно ниже, а мощность их прослойки уменьшается до 50-75 м.

Следует отметить, что в районах распространения амеразийской группы промежуточных вод наблюдается повышенное содержание кремния в нижележащих водных массах - в атлантической и особенно в глубинной и донной водах. Это связано, очевидно, с минерализацией остатков диатомовых, опускающихся в нижележащие слои. Отсутствие значительных скачков плотности между водными массами, начиная с тихоокеанской и кончая донной, благоприятствует этому процессу. Поэтому в глубинных слоях происходит накопление остатков отмерших диатомей, их дальнейшее растворение, что и приводит к обогащению этих вод кремнием. При этом увеличения концентрации фосфатов в нижних слоях не наблюдается, хотя скорость их регенерации значительно выше.

Поверхностные воды центрального типа срединной группы формируются в северо-западной части Восточно-Сибирского моря и в северо-восточной части моря Лаптевых с участием значительной доли вод материкового стока (реки Лена, Индигирка, Колыма). Этим обусловлены их низкая соленость и повышенное содержание биогенных элементов. Зона ежегодного распространения этих вод в Арктическом бассейне значительно колеблется в зависимости от объема материкового стока, интенсивности поступления вод евразийской группы с запада и вод амеразийской группы с востока. Занимая как бы буферное положение между потоками этих мощных групп вод, поверхностные воды центрального типа узкой полосой распространяются на север, в район Арктического бассейна над хребтом Ломоносова.

Этому типу поверхностных вод соответствуют верхние промежуточные воды, представляющие собой заметно трансформированные воды тихоокеанской прослойки. В районе хребта Ломоносова наблюдается подъем вод тихоокеанской прослойки, содержащих максимальные концентрации биогенных элементов, с глубин 100-150 м (в Амеразийском суббассейне) до 75 м. Нижняя граница тихоокеанских вод становится более четко выраженной, а верхняя более размытой. При этом происходит обогащение поверхностных вод центрального типа биогенными элементами и увеличение их солености. Следует заметить, что выход на поверхность слоя тихоокеанских вод в районе хребта Ломоносова наблюдается не каждый год и связан, очевидно, с интенсивностью поступления в этот район тихоокеанских вод в промежуточном слое и подстилающих их атлантических вод.

Что касается поверхностных и подстилающих их промежуточных вод канадско-гренландского типа, то и по своему географическому положению, и по гидрологическим и гидрохимическим признакам

они являются результатом смешения трансформированных вод амеразийской группы и центрального типа. Зона распространения и характеристики вод этого типа заметно изменяются в различные годы в зависимости от интенсивности поступления вод той или иной группы.

Мощность слоя поверхностных вод заметно различается в различных районах Арктического бассейна. Для поверхностных вод евразийской группы она достигает 75 м, а для амеразийской лежит в пределах 50 м. Еще меньше мощность слоя поверхностных вод центрального типа, причем в отдельные годы, когда наблюдается выход промежуточных вод к поверхности, граница между поверхностями и нижними промежуточными водами почти исчезает.

Нижняя граница поверхностного слоя в Амеразийском суббасейне сравнительно просто определяется не только по началу резкого увеличения градиента плотности, но и по резкому перелому в вертикальном распределении основных гидрохимических показателей – кислорода, pH, кремнекислоты, фосфатов и нитратов. В Евразийском суббасейне ввиду генетической близости поверхностных и верхних промежуточных вод вертикальное распределение гидрохимических характеристик почти однородно, выделить по ним нижнюю границу поверхностных вод представляется затруднительным.

Гидрохимические особенности поверхностных вод во многом определяют развитие и интенсивность протекания в них биологических процессов и связанных с ними межсезонных изменений их химического состава. Решение вопроса о выделении биологической составляющей в межсезонных изменениях химизма поверхностных вод вызывает значительные затруднения, так как в распределении гидрохимических характеристик в деятельном слое Арктического бассейна существенную роль играют гидрологические особенности водоема – система циркуляции поверхностных вод, интенсивность процессов вертикального перемешивания, глубина проникновения зимней конвекции и т.п. Так, для поверхностных вод амеразийской группы, особенно для распределения биогенных элементов, вносимых сюда тихоокеанскими водами и речным стоком, решающими факторами могут оказаться изменения, определяемые особенностями циркуляции поверхностных вод в этом районе. Для вод центрального типа наряду с интенсивностью поступления в этот район вод других типов существенную роль в перераспределении гидрохимических характеристик могут играть хорошо выраженные процессы вертикальной циркуляции [Русанов, 1975а].

Особое место среди разнообразных причин, определяющих химический состав поверхностных вод и его межсезонные изменения на всей акватории Арктического бассейна, занимает высокая интенсивность динамических процессов в поверхностном слое, которая в высоких широтах также подвержена значительным межсезонным колебаниям. Это связано с одной из главных физико-географических особенностей Северного Ледовитого океана – наличием практически круглый год дрейфующих льдов, а также с системой их циркуляции.

Почти сплошной ледяной покров затрудняет тепло- и газообмен

между океаном и атмосферой, что существенно отражается на газовом режиме поверхностных вод и на скорости протекания в них биохимических и физико-химических процессов регенерации органического вещества. В осенне-зимний период в связи с интенсивной отдачей тепла в атмосферу и ледообразованием возникает конвективное перемешивание вод, нарушающее их стратификацию и приводящее к выравниванию гидрологических и гидрохимических характеристик в поверхностном слое. При этом концентрирование солей в период ледообразования ведет как к повышению общей солености поверхностных вод, так и к изменению соотношения между солями – обогащению воды хлоридами и силикатами и обеднению карбонатами и сульфатами. Существенную роль при этом играет сплоченность ледового покрова, так как в связи с исключительно высоким осолонением в стационарных полыньях вертикальная циркуляция может быть выражена особенно сильно. В различных районах Арктического бассейна это может привести к различным последствиям в изменении гидрохимической характеристики поверхностных и верхних промежуточных вод. Например, в центральных районах бассейна интенсивная зимняя конвекция обеспечивает поступление на глубины кислорода и вынос к поверхности биогенных элементов, тогда как в Евразийском суббассейне, где тихоокеанская прослойка отсутствует, обогащения поверхностных вод биогенными элементами не происходит.

Для значительной части Амеразийского суббассейна характерно долговременное обращение и трансформация льдов в системах дрейфа антициклонального характера. Канадская часть бассейна – одна из самых застойных областей плавучих льдов, и здесь происходит в значительных объемах извлечение химических элементов из поверхностных вод при ледообразовании и их концентрирование во льдах. Содержание биогенных элементов во льдах Амеразийского суббассейна, например [Мельников, Павлов, 1978], близко по величине к их содержанию в поверхностных водах евразийской группы (см. табл. 1). В Евразийском суббасейне, для которого характерен интенсивный вынос льдов, а следовательно, и быстрое обновление ледяного покрова, происходит в определенной степени обратный процесс – переход солей в воду из льдов, поступающих сюда из Амеразийского суббасейна. Довольно высокое содержание солей, биогенных элементов и органического вещества в различных возрастных группах льдов [Мельников, Павлов, 1978] и общая выносная направленность их движения в Арктическом бассейне приводят к постоянному безвозвратному извлечению химических элементов из поверхностных арктических вод.

Рассмотрим сезонные изменения в распределении гидрохимических характеристик в деятельном слое различных частей Амеразийского суббассейна (рис. 3,*а*, *б*) по материалам дрейфующих станций "Северный полюс-20" (апрель-октябрь 1970 г.) и "Северный полюс-22" (май-октябрь 1975 г.). Обе станции в рассматриваемые периоды работали в сравнительно ограниченном районе (см. рис. 1),

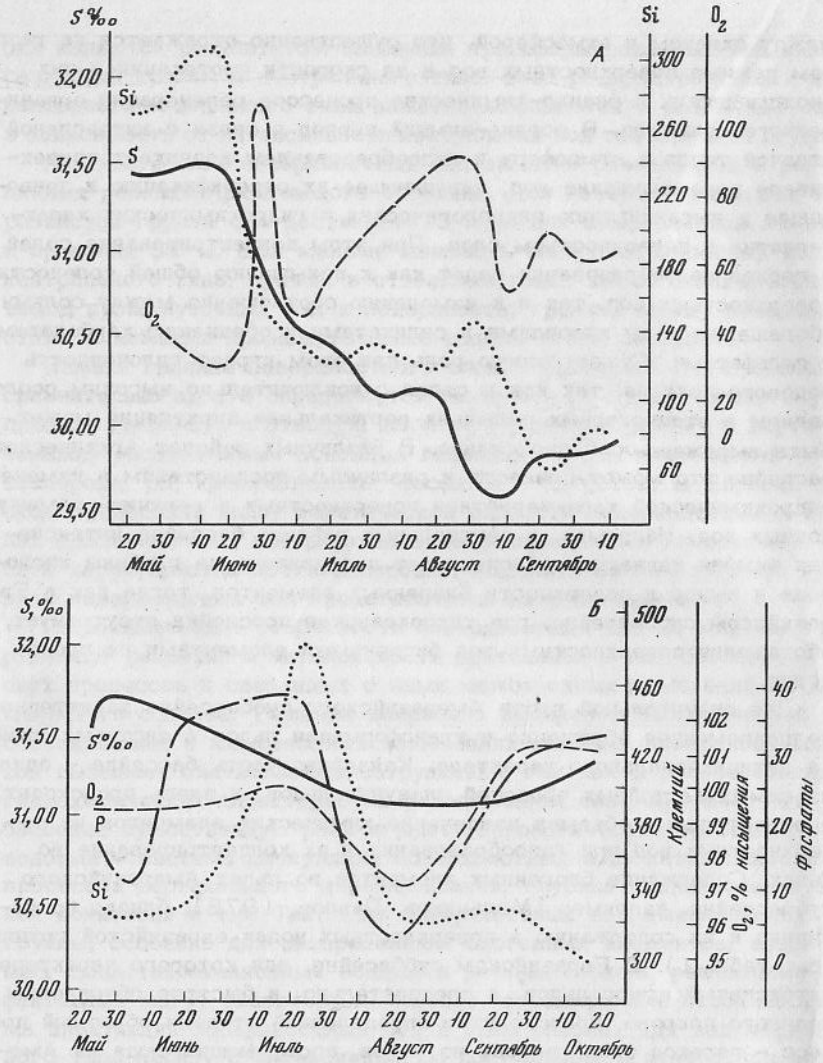


Рис. 3. Сезонная изменчивость гидрохимических характеристик в деятельном слое

А – южная часть Амеразийского суббассейна (СП-20, 1970 г.); *Б* – центральная часть Амеразийского суббассейна (СП-22, 1975 г.). Районы работ показаны на рис. 1

поэтому возможными пространственными изменениями гидрохимических характеристик из-за перемещения станции можно пренебречь. Кроме того, район работ каждой станции приходится почти полностью на один тип вод – канадский тип поверхностных и верхних промежуточных вод для СП-22 и врангелевский тип для СП-20.

На рис. 3, *а* приведены кривые изменения содержания кремния, насыщенности воды кислородом и солености в районе дрейфа станции СП-20 с 20 мая по 10 октября на горизонте 10 м. Среднее содержание кремния в конце зимы (май–июнь) по данным четырех станций составляло 290 мкг/л при солености 31,45‰, а различия в содержании кремния между станциями лежали в пределах точности метода его определения. Поверхностные воды слегка перенасыщены кислородом.

Как видно из данных, приведенных в табл. 2 и 3, глубина проникновения зимней конвекции в этом районе, где поверхностные воды хорошо перемешаны и практически однородны по своим гидрохимическим характеристикам, составляет 40–45 м. Граница раздела поверхностных и тихоокеанских вод на глубине 50 м хорошо выражена по градиенту содержания кремния, который достигает 280 мкг/л на 10 м глубины.

В период с 17 по 28 июня происходит резкое изменение гидрологической ситуации, вызванное началом интенсивного ледотаяния. За одну декаду соленость в поверхностном слое понизилась более чем на 0,60‰, а концентрация кремния снизилась вдвое (с 300 до 150 мкг/л). Однако изменение содержания кремния, вызванное разбавлением поверхностного слоя талыми водами, лежит в пределах ошибки метода его определения. Очевидно, таким образом, что причиной столь резкого изменения содержания кремния являются начавшиеся биологические процессы. Это подтверждается и появлением в этот период максимума насыщения воды кислородом, выделяющимся при фотосинтезе. Быстрое поглощение кремния свидетельствует о том, что "биологическая вспышка" связана в основном с массовым развитием диатомовых, которое объясняется тесной генетической связью поверхностных вод врангелевского типа с водами Чукотского и Берингова морей, богатыми диатомовым фитопланктоном.

Наиболее бурная вспышка развития диатомовых приходится на начало арктического лета (конец июня – начало июля), что отчетливо видно по быстрому уменьшению содержания в воде кремния, идущего на построение их створок (см. рис. 3, *а*, табл. 2). Затем наступает относительное равновесие в потреблении и регенерации кремния из скелетов гибнущих диатомей. В результате после резкого уменьшения количества кремния в поверхностном слое в конце июня в дальнейшем содержание его остается практически неизменным до первой декады сентября, хотя распреснение продолжается в течение всего летнего периода.

На этот же период приходится летний максимум содержания кислорода, обусловленный не только биологическими причинами, но и максимумом температуры поверхностных вод. За период с 10 июля до августа температура воды повысилась на 0,25°, что привело к снижению растворимости в ней кислорода на 0,50 мл/л. Наличие ледяного покрова, препятствующего выделению избыточного кислорода в атмосферу, способствует его накоплению, устойчивому

Таблица 2

Содержание кремния (мкг/л) и соленость (‰) поверхностного слоя арктических вод в районе дрейфа станции СП-20 в 1970 г.

Горизонт, м	2.V		26.V		10.VI		17.VI	
	S	Si	S	Si	S	Si	S	Si
5	31,38	287	31,44	230	31,55	336	31,39	306
7,5	-	-	31,47	257	31,55	336	31,37	320
10	31,44	270	31,46	267	31,55	307	31,37	303
15	-	-	31,47	294	31,55	308	31,38	285
20	-	-	31,49	253	31,55	289	31,38	292
25	31,44	330	31,47	267	31,55	370	31,38	305
30	-	-	31,47	305	31,55	390	31,65	333
35	-	-	31,49	287	31,56	370	31,65	320
40	-	-	31,46	320	31,58	370	31,84	336
45	-	-	31,49	327	31,58	370	31,92	345
50	31,60	434	31,51	360	31,65	434	32,03	520

Таблица 2 (продолжение)

Горизонт, м	28.VI		10.VII		17.VII		29.VII	
	S	Si	S	Si	S	Si	S	Si
5	30,75	149	30,53	152	30,43	123	30,09	140
7,5	30,75	162	30,53	143	30,44	133	30,10	140
10	30,77	152	30,50	137	30,44	123	30,11	140
15	30,78	151	30,50	144	30,46	125	30,26	140
20	30,79	150	30,55	188	30,50	133	30,31	140
25	30,78	151	30,57	187	30,53	140	30,35	139
30	30,81	167	30,57	193	30,59	150	30,44	145
35	31,41	175	30,58	207	30,84	190	30,53	128
40	31,91	284	30,97	260	31,24	290	30,79	155
45	32,02	458	31,33	319	31,47	350	31,50	386
50	32,25	539	31,74	403	31,82	386	31,73	465

Таблица 2 (продолжение)

Горизонт, м	9.VIII		20.VIII		30.VIII		10.IX	
	S	Si	S	Si	S	Si	S	Si
5	30,18	139	30,21	104	29,65	166	29,51	121
7,5	30,18	145	30,21	106	29,66	151	29,51	106
10	30,17	128	30,24	115	29,65	153	29,54	120
15	30,25	128	30,21	123	29,85	151	29,56	118
20	30,47	117	31,03	140	29,83	134	29,54	126
25	30,60	117	31,02	162	30,25	151	29,71	121
30	30,60	130	31,09	183	30,42	167	30,41	134
35	30,77	160	31,18	207	30,59	167	30,49	149
40	31,23	199	31,35	208	31,32	344	30,76	212
45	31,87	340	31,58	296	31,78	435	31,10	282
50	32,10	410	32,03	440	31,89	487	31,65	386

Таблица 2 (окончание)

Горизонт, м	22.IX		29.IX		9.X	
	S	Si	S	Si	S	Si
5	29,86	93	29,80	118	29,89	105
7,5	29,85	65	29,80	83	29,89	102
10	29,85	60	29,80	76	29,89	86
15	29,85	58	29,80	80	29,90	97
20	29,85	58	29,80	77	29,90	116
25	29,85	58	29,80	84	29,90	122
30	29,90	72	30,00	120	29,90	101
35	30,07	93	30,78	140	30,53	110
40	30,99	194	31,00	167	30,78	146
45	31,82	317	31,18	328	31,03	234
50	31,50	353	31,36	423	31,28	325

Таблица 3

Содержание кислорода в поверхностном слое арктических вод в районе дрейфа станции СП-20 в 1970 г.

Горизонт, м	20.V		26.V		10.VI		17.VI		28.VI		10.VII		17.VII		29.VII	
	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%
5	0,79	104	0,80	106	0,81	107	0,78	104	0,82	106	0,81	107	0,80	104	0,80	105
7,5	-	-	0,79	105	0,77	102	0,76	101	0,82	109	0,79	104	0,80	106	0,81	107
10	0,78	104	0,78	104	0,78	103	0,78	104	0,84	111	0,79	104	0,80	106	0,81	107
15	-	-	0,79	104	0,76	101	-	-	0,81	107	0,79	104	0,80	106	0,80	106
20	-	-	0,79	106	0,77	103	0,75	99	0,82	108	0,79	104	0,80	106	0,80	107
25	0,78	103	0,79	104	0,77	102	-	-	0,82	107	0,79	104	0,79	105	0,81	107
30	-	-	0,79	104	0,77	102	0,74	98	0,81	107	0,78	104	0,77	102	0,81	107
35	-	-	0,77	102	0,77	102	0,73	97	0,80	106	0,77	102	0,70	93	0,80	106
40	-	-	0,78	104	0,76	102	0,75	100	0,75	100	0,73	92	0,70	93	0,80	106
45	-	-	0,78	103	0,77	103	0,76	102	0,68	91	0,75	100	0,69	91	0,79	96
50	0,76	102	0,77	103	0,76	102	-	-	0,66	89	0,72	96	0,67	90	0,73	94

Таблица 3 (окончание)

Горизонт, м	9.VIII		20.VIII		30.VIII		10.IX		22.IX		29.IX		9.X	
	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%
5	0,81	108	0,83	110	0,82	108	0,81	107	0,81	107	0,81	106	0,81	106
7,5	0,81	107	0,83	109	0,80	106	0,80	106	0,81	107	0,80	106	0,81	107
10	0,81	107	0,83	109	0,82	109	0,90	105	0,81	107	0,80	106	0,81	107
15	0,80	107	0,83	110	0,82	109	0,80	105	0,81	106	0,81	106	0,81	106
20	0,80	107	0,83	110	0,82	109	0,79	104	0,81	107	0,81	107	0,80	106
25	0,80	107	0,83	110	0,82	108	0,80	105	0,81	107	0,81	107	0,80	106
30	0,79	105	0,82	109	0,82	109	0,82	108	0,81	106	0,80	105	0,80	106
35	0,78	103	0,80	110	0,81	107	0,80	107	0,82	108	0,79	106	0,82	109
40	0,78	103	0,80	107	0,70	101	0,79	106	0,76	100	0,77	102	0,80	105
45	0,71	96	0,77	103	-	-	0,76	102	0,70	95	0,72	96	0,76	102
50	0,68	92	0,71	96	0,69	93	0,74	99	0,69	92	0,70	93	0,73	97

пересыщению поверхностных вод и образованию летнего максимума. Возрастание насыщенности от 104% в первой декаде июля до 109% в конце августа точно соответствует изменению растворимости за счет повышения температуры воды в этот период. Начинающееся похолодание воды и усиление процессов конвективного перемешивания в сентябре снова повышают растворимость кислорода и понижают насыщенность им вод. О том, что летний максимум насыщения вод кислородом тесно связан с изменениями температуры, говорит и факт сохранения абсолютного содержания кислорода в течение всего лета практически на одном уровне (табл. 3). Из табл. 2 и 3 также видно, что толщина деятельного слоя, в котором наблюдаются сезонные изменения гидрохимических характеристик, достигает в период летнего развития диатомовых 30-40 м.

Для середины сентября характерен второй максимум содержания биогенных элементов, связанный с осенней вспышкой развития фитопланктона. Между 10 и 20 сентября количество кремния в поверхностном слое резко падает, от 120 до 60 мкг/л, хотя соленость начинает возрастать в связи с начинающимся ледообразованием. Этому минимуму биогенных элементов также соответствует увеличение содержания кислорода в поверхностных водах, что подтверждает предположение о биологической основе изменений, происходящих в химическом составе вод.

После кратковременной осенней биологической вспышки начинается постепенное восстановление содержания биогенных элементов в поверхностных водах. Кроме того, в зимний период при усилении конвективного перемешивания и увеличении глубины его проникновения может происходить обогащение поверхностных вод биогенными элементами за счет поступления их из подстилающей тихоокеанской прослойки. Все это создает благоприятные условия для весенней вегетации фитопланктона.

Сезонные изменения в распределении основных гидрохимических характеристик поверхностных вод центральной части Амеразийского суббассейна приведены на рис. 3,*б*. В основных чертах они повторяют картину, полученную для южных районов Амеразийского суббассейна. Однако более высокоширотное положение и гидрологические особенности этого района определяют ряд своеобразных черт в межсезонных изменениях химического состояния поверхностных вод.

В конце зимы (апрель–июнь) станция СП-22 дрейфовала в районе с глубинами менее 2000 м. Характерной особенностью таких районов является относительно высокое положение нижней и верхней границ атлантических вод, что приводит к подъему, а иногда и к выходу в поверхностные горизонты вод тихоокеанской прослойки [Русанов, 1974]. Это обусловливает осолонение поверхностных вод и обогащение их биогенными элементами. На рис. 3,*б* хорошо видно, что в период с мая по июль наблюдалось заметное возрастание содержания кремния и фосфатов в поверхностном слое (горизонт 10 м), вызванное подъемом тихоокеанских вод.

Повышение солености с июня начинает компенсироваться обратным процессом распреснения за счет таяния льдов. Следует отметить, что хотя распреснение поверхностного слоя в этом районе происходит в течение всего лета, однако более суровые климатические условия существенно сказываются на интенсивности ледотаяния, а следовательно, и на степени распреснения поверхностных вод. В результате распреснение в течение лета здесь не превышает 0,65‰, в то время как в южных районах Амеразийского суббассейна оно достигает 2,0‰ и более (см. табл. 2). По этой же причине температурные изменения в поверхностном слое не превышают нескольких сотых градуса, что определяет отсутствие летнего максимума насыщенности вод кислородом.

Биологическая вспышка в этом районе Арктического бассейна начинается в конце июля и сопровождается быстрым уменьшением содержания в воде биогенных элементов. Происходящее при этом заметное понижение содержания в воде кремния говорит о том, что существенную долю в фитопланктоне этого района составляют диатомовые. Для этого же периода характерны значительное увеличение в воде органического углерода и повышение биомассы зоопланктона [Мельников, Павлов, 1978].

Активный вегетационный период заканчивается примерно в третьей декаде августа. С этого времени процессы отмирания фито-

Таблица 4

Содержание кислорода в разные сезоны года в поверхностных водах шпицбергенского типа

Горизонт, м	Август		Октябрь		Апрель	
	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%	мг-ат/л	%
5	0,75	98	–	–	0,70	93
10	0,74	99	0,70	93	0,68	90
25	0,73	101	0,68	90	–	–

планктона и его минерализации начинают преобладать над процессами биологического потребления биогенных элементов, что приводит к повышению их содержания в поверхностном слое, причем увеличение содержания фосфатов идет гораздо быстрее, чем кремния. Малые скорости растворения кремниевых оболочек диатомей приводят к тому, что поступающий в воду кремний успевает только компенсировать еще продолжающееся в это время его биологическое потребление. Поэтому содержание кремния в сентябре–октябре сохраняется на одном уровне, в то время как содержание фосфатов быстро возрастает (см. рис. 3,*б*). О высокой активности в этот период окислительных процессов говорит и быстрое повышение значения pH (с 8,15 в конце августа до 8,26 в сентябре).

Характерной особенностью периода максимальной биологической активности, сопровождающегося минимумом содержания биогенных элементов в этом районе, является отсутствие максимума насыщенности вод кислородом. Напротив, как видно на рис. 3,*б*, именно в этот период наблюдается минимум насыщенности. Этот факт связан, вероятно, с наблюдавшимися в это время сезонными миграциями зоопланктона [Мельников, Павлов, 1978]. Очевидно, количество кислорода, выделяющегося при фотосинтезе, недостаточно для компенсации его расхода на дыхание зоопланктеров. Это подтверждается также заметным снижением в этот период абсолютного содержания растворенного в воде кислорода (с 8,47 в конце июля до 8,19 мл/л в конце августа).

Таким образом, в поверхностных водах амеразийской группы сезонная изменчивость химического состава вод в деятельном слое проявляется довольно отчетливо и определяется не только биологическими, биохимическими и физико-химическими процессами, протекающими в слое, но и гидрологическими особенностями района.

Что касается Евразийского суббассейна, то отсутствие круглогодичных наблюдений и низкое содержание в его водах биогенных элементов не позволяют сделать достаточно обоснованных заключений о их сезонной изменчивости. Вероятно, как сезонные, так и межгодовые изменения содержания гидрохимических элементов в

этом районе Арктического бассейна тесно связаны с поступлением сюда атлантических вод. Особенно заметны сезонные изменения содержания кислорода в поверхностных водах районов островных отмелей Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа, где в поверхностных слоях распространяются наиболее "свежие" воды атлантического происхождения, богатые органическим детритом. В табл. 4 приведены летние и зимние данные о содержании кислорода в районе береговой отмели архипелага Земли Франца-Иосифа.

Как видно из приводимых данных, насыщение поверхностных вод кислородом летом в этом районе близко к 100%. Однако зимой, с понижением температуры воды, расход кислорода на окислительные процессы при минерализации поступающего сюда детрита настолько велик, что он не успевает пополняться за счет его адсорбции из атмосферы, и в прибрежной зоне отмечается устойчивый дефицит кислорода, достигающий 10%.

Таким образом, обобщение многолетних данных по исследованию гидрохимического режима водных масс Северного Ледовитого океана позволяет сделать следующие выводы.

В Арктическом бассейне по гидрохимическим признакам выделяются шесть типов поверхностных вод.

Генезис, ареал распространения, циркуляция, химические и биологические особенности каждого типа поверхностных вод определяются гидрометеорологическими и ледовыми условиями района их распространения.

Различия гидрохимических свойств выделенных типов вод прослеживаются во всех водных массах Арктического бассейна.

Количество типов вод сокращается с глубиной до трех, соответствующих основным группам вод в поверхностном слое.

Межсезонные изменения химического состава характерны только для поверхностных вод Арктического бассейна и в некоторой степени для верхних промежуточных вод Амеразийского суббассейна.

Характер межсезонных изменений химического состава в каждом типе поверхностных вод определяется особенностями биологического режима, процессами образования и таяния льдов и водообменом с арктическими морями, Тихим и Атлантическим океанами.

ЛИТЕРАТУРА

Беляков Л.Н., Русанов В.П. Распространение тихоокеанских вод в Арктическом бассейне по данным определений биогенных элементов. – Проблемы Арктики и Антарктики, 1971, вып. 38, с. 112-115.

Гудкович З.М. Результаты предварительного анализа глубоководных гидрологических наблюдений. – В кн.: Материалы наблюдений на научно-исследовательской дрейфующей станции 1950/51 г. Л.: Морской транспорт, 1955, т. 1, с. 41-46.

Гущенков Е.М. Распространение и метаморфизация тихоокеанских вод в Арктическом бассейне. – Океанология, 1964, т. 4, вып. 1, с. 36-42.

Жузе А.П., Семина Г.И. Общие закономерности в распределении диатомовых в планктоне Берингова моря и в поверхностных донных осадках. – Докл. АН СССР, 1955, т. 100, № 3, с. 579-582.

Мельников И.А., Павлов Г.Л. Особенности распределения органического углерода в водах и льдах Арктического бассейна. – Океанология, 1978, т. 18, вып. 2, с. 248-254.

Никифоров Е.Г., Белышева Е.В., Блинов Н.И. О структуре водных масс восточной части Арктического бассейна. – Океанология, 1966, т. 6, вып. 1, с. 76-81.

Русанов В.П. Распределение кремния в поверхностных водах Арктического бассейна в зимний период. – Океанология, 1974, т. 14, вып. 5, с. 823-830.

Русанов В.П. Гидрохимический режим как показатель океанологических процессов в Арктическом бассейне: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л.: ААНИИ, 1975а.

Русанов В.П. Кремний как индикатор тихоокеанских вод в Северном Ледовитом океане. – В кн.: Химико-океанографические исследования морей и океанов. М.: Наука, 1975б, с. 181-186.

Русанов В.П., Беляков Л.Н. Формирование вод тихоокеанской прослойки на шельфе Чукотского моря. – Тр. Аркт. и Антаркт. науч.-исслед. ин-та, 1972, т. 306, с. 78-83.

Трешников А.Ф. Арктика открывает свои тайны: Новые данные о рельефе дна в водах Арктического бассейна. – Природа, 1960, № 2, с. 25-32.

Трешников А.Ф., Баранов Г.И. Структура циркуляции вод Арктического бассейна. Л.: Гидрометеоиздат, 1972. 157 с.

Ширшов П.П. Сезонные явления в жизни фитопланктона полярных морей в связи с ледовым режимом. – Тр. Аркт. ин-та, 1937, т. 82, с. 47-111.

УДК 551.321:626.02+551.326.3(268)

МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛЬДОВ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

В. Д. ГРИЩЕНКО

При исследовании пространственно-временной изменчивости структуры ледяного покрова наряду с такими характеристиками, как сплоченность и толщина льда, существенная роль принадлежит топографии его надводной и подводной поверхностей. Целый ряд научных и прикладных задач не могут быть решены без достаточных сведений о рельефе поверхностей морских льдов. Неудивительно поэтому, что изучение морфологических особенностей арктических льдов всегда считалось одной из основных задач океанологических исследований, проводившихся советскими и зарубежными экспедициями.

В последнее время наряду с традиционными методами морфометрических наблюдений за поверхностью льдов стали применяться лазеры при ледовом авиапатрулировании [Ketchum, 1971], а также гидроакустические системы подводных лодок [Sater et al., 1971; Williams et al., 1975; Wadhams, 1977]. Использование этих методов наблюдений позволяет с большой разрешающей способностью получать сведения о макрорельефе над- и подводной поверхностей

Рис. 1. Схема дрейфа станций "Северный полюс", на которых проводились подледные морфологические наблюдения

льдов на больших площадях Арктического бассейна. Вместе с тем эти методы не дают полной информации о микрорельефе льда. Изучение последнего представляет, например, особый экологический интерес, так как с морской поверхностью льда биотопически связаны многие организмы [Мельников, 1980].

Для детального исследования отдельных участков нижней поверхности дрейфующих льдов весьма эффективным оказался метод, основанный на непосредственном погружении наблюдателя (водолаза) под лед. Цикл таких наблюдений был выполнен автором на дрейфующих станциях СП-18, СП-19, СП-22 и СП-23 (рис. 1), основные результаты которых излагаются в настоящей статье.

Прежде чем перейти к рассмотрению морфометрических характеристик различных видов дрейфующих льдов, следует кратко изложить основные свойства и особенности ледяного покрова Арктического бассейна.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛЕДЯНОМ ПОКРОВЕ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

Ледяной покров Арктического бассейна представляет собой сложный природный комплекс, состоящий из совокупности отдельных льдин, различных по форме, размерам и возрасту и находящихся большей частью в сморози.

Важнейшей характеристикой, определяющей толщину льда, рельеф его поверхностей, а также физико-механические свойства, является его возраст. В соответствии с существующей в настоящее время классификацией [Номенклатура морских льдов, 1974] в работе рассматриваются следующие основные виды льдов: 1) ниласы и молодые льды, 2) однолетний лед, 3) старый лед, включающий остаточный однолетний, двухлетний и многолетний, 4) дрейфующий шельфовый лед (так называемые "ледяные дрейфующие острова").

Распределение льдов различных видов на акватории Арктического бассейна подчинено определенным закономерностям. Исследованиями [Гордиенко, Карелин, 1945] установлено, что для Северного Ледовитого океана характерно существование так называемых ледяных массивов, представляющих собой устойчивые скопления льда, занимающие значительные пространства.

В океаническом ледяном массиве Арктического бассейна преобладают тяжелые многолетние льды, однако их толщина и распределение в разных частях бассейна неодинаковы. Это обстоятельство, обусловленное различием характера атмосферной циркуляции и термических условий, дает основания для выделения в Арктическом бассейне двух океанических ледяных массивов: Канадского и Приатлантического [Купецкий, 1970]. Процент содержания многолетних льдов в Приатлантическом ледяном массиве несколько ниже, а их толщина меньше, чем в Канадском.

По периферии океанических ледяных массивов расположены отроги, представляющие собой языки сплоченных старых льдов, спускающиеся с севера в арктические моря. Сплоченность льда в океанических массивах не бывает ниже 8-9 баллов.

Главной особенностью генерального дрейфа арктических льдов является существование трансарктического потока, охватывающего большую часть бассейна, лежащую между областью антициклонической циркуляции и окраинными морями. С этим потоком происходит постоянный вынос льдов в Гренландское море. Площадь выносимого льда в среднем составляет около 900 000 км^2/год [Гудкович, 1961]. В пределах канадского океанического массива существует антициклонический круговорот, период обращения льда в котором составляет несколько лет (рис. 2).

Эти главные черты движения арктических льдов обусловлены преобладающей системой ветров и поверхностных течений.

Для морей Северного Ледовитого океана характерны два типа ледообмена с Центральным Арктическим бассейном. В морях Карском, Лаптевых, Чукотском и Баффина преобладает вынос льда на

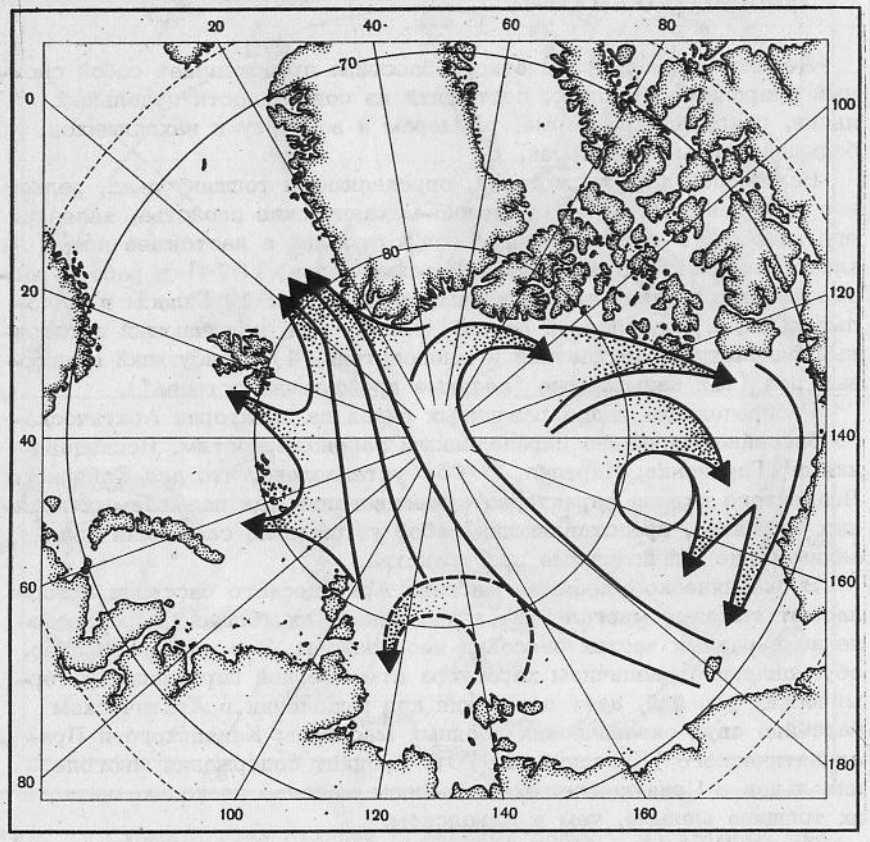


Рис. 2. Карта дрейфа льда в Арктическом бассейне [по Волкову, Гудковичу, 1967]

север, в проливах Канадского Арктического архипелага наблюдается значительный принос льда из океана.

Таким образом, в результате дрейфа льда вместе с переносом определенного его количества происходит и постоянное изменение качественных характеристик ледяного покрова в том или ином районе Арктического бассейна.

РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ ФОРМ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДРЕЙФУЮЩИХ ЛЬДОВ

Изучение строения и изменчивости рельефа морских льдов невозможно без учета и понимания характера основных морфогенетических процессов, которые можно разделить на две группы: а) динамические процессы, включающие изгиб тонких льдов, образование

трещин, наслоение, торошение всех видов, изостатические явления, и б) термофизические процессы, включающие таяние и нарастание льда, образование термических трещин, термическое пучение льда, водную эрозию, затекание талой воды под нижнюю поверхность и образование пресноводного льда, образование внутриводного льда в результате переохлаждения морской воды.

Причиной динамических рельефообразующих процессов являются силы сжатия и разрежения, возникающие в ледяном покрове в результате неравномерного дрейфа его отдельных участков. Интенсивность термофизических рельефообразующих процессов определяется тепловым состоянием атмосферы, воды, льда, действием солнечной радиации.

Очевидно, первый названный процесс имеет случайный характер, второй – подвержен сезонной изменчивости. В реальных условиях рельефообразующие процессы протекают в сложном взаимодействии, обусловливая, усиливая или ослабляя друг друга.

В результате термодинамического метаморфизма поверхностей дрейфующих льдов на них формируется совокупность разнообразных по форме, размерам и происхождению неровностей, т.е. рельеф. Характерные устойчивые формообразования на ледяных поверхностях носят название элементов рельефа.

В зависимости от масштаба обобщения к элементам рельефа можно, например, отнести такие крупные формы, как торосистые образования или небольшие неровности на ограниченном участке поверхности льда. В связи с этим возникает необходимость классификации всего многообразия форм рельефа. Вопросами классификации форм рельефа дрейфующих льдов с использованием морфометрических и генетических признаков занимались и ранее [Песчанский, 1963; Яковлев, 1963]. На наш взгляд, оправдано выделение двух масштабных ступеней рельефа поверхностей дрейфующих льдов: макро- и микрорельефа.

Макрорельеф – это совокупность наиболее крупных, основных неровностей на поверхности льда, размеры которых составляют от нескольких метров до нескольких десятков метров. К элементам макрорельефа относятся, например, ропаки, подсовы, торосы, ледяные бугры, снежницы и т.д. В свою очередь, на поверхностях всех элементов макрорельефа можно выделить вторичные формы рельефа, образованные более мелкими (размером от нескольких миллиметров до нескольких десятков сантиметров) неровностями, совокупность которых объединяется понятием микрорельеф.

В основе такой классификации рельефа лежит предположение, подтверждаемое анализом материалов наблюдений, что в пределах выделенных масштабов существуют участки ледяного покрова, рельеф которых в достаточной степени однороден и изотропен. В этом случае пространственное распределение элементов рельефа внутри таких однородных физических интервалов можно считать случайным процессом, а регистрации отметок льда относительно уровня моря на профилях и сечениях (при постоянном шаге измерений) отдельны-

ми реализациями этого случайного процесса. При таком подходе представляется возможным использование некоторых положений теории случайных функций, широко применяемой в настоящее время при исследовании различных природных объектов.

РЕЛЬЕФ ПОВЕРХНОСТЕЙ НЕВСТОРОШЕННЫХ УЧАСТКОВ ДРЕЙФУЮЩИХ ЛЬДОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ

Ниласы и молодой лед. С началом замерзания образование ниласа (а затем и молодого льда) в Арктическом бассейне происходит лишь на открытых участках между старыми льдами, либо в местах разрыва ледяного покрова (трещинах, каналах, разводьях, полыньях). В среднем процент участков открытой воды или тонких льдов (до 30 см) в Арктическом бассейне составляет от 3 до 5, но не более 7% [Sater et al., 1971; Wadhams, 1977]. При спокойном нарастании ниласовые льды представляют собой плоскую пластину рыхлого, пропитанного водой льда толщиной до 10 см.

Верхняя поверхность ниласа влажная от пятен рассола; ее шероховатость увеличена в случае, если лед образовался при смерзании снежуры и шуги. На сером льду (толщина до 15 см) влажный рассол сохраняется, а при достаточном понижении температуры воздуха появляются "солевые цветы" – кристаллы высотой 3–5 см.

Снежный покров на молодых льдах неустойчив, средняя толщина его не превышает нескольких сантиметров.

Для микрорельефа нижней поверхности ниласов и молодых льдов

Таблица 1

Статистические характеристики морфометрических параметров

Вид однолетнего льда	Время и место наблюдения	Длина профиля, м	Средняя					
			высота льда, см	осадка льда, см	толщина льда, см	толщина снега, см	высота льда, см	осадка льда, см	толщина льда, см	толщина снега, см
Однолетний средней толщины	Апрель, СП-22	200	8,5	90	99	6	0,7	2,5	–	2,2
Толстый однолетний	Апрель, СП-22	168	18,7	177	196	4	2,0	7,2	16,0	2,6
Толстый однолетний	Июнь, СП-22	386	13,5	179	193	23	9,3	19,1	21,0	14,7
Остаточный однолетний	Сентябрь, СП-22	200	15,0	145	160	7	6,5	7,8	11,3	3,4
Остаточный однолетний	Сентябрь, СП-23	250	8,1	125	133	15	8,0	11,9	19,8	6,6
Остаточный однолетний	Октябрь, СП-18	150	7,7	–	–	15	7,3	–	–	8,9

характерно наличие шероховатого слоя, состоящего из вертикальных ледяных пластинок и называемого каркасным или скелетным слоем [Цуриков, 1976]. Толщина этого слоя составляет 1–2 см.

Однолетний лед. В конце периода нарастания (конец мая – начало июня) однолетние льды встречаются в Арктическом бассейне повсеместно в сморозях старого льда. Поля этого льда образуются в результате замерзания крупных разводий и каналов.

Верхняя поверхность на недеформированных участках характеризуется незначительной амплитудой неровностей (табл. 1, рис. 3). Высота льда над уровнем океана составляет 10–30 см. Наличие незначительного числа точек с отметками 30–40 см (рис. 3,*в,г*) объясняется сохранением неровностей, возникших на ранней стадии существования льда. Эти мелкие неровности способствуют задержанию и накоплению снега, что приводит к притапливанию льда.

Нижняя поверхность однолетних льдов на гладких, слабо заснеженных участках практически ровная, а на шероховатых заснеженных разброс значений осадки увеличивается (см. табл. 1, рис. 4).

Микрорельеф нижней поверхности невсторошенных однолетних льдов в период нарастания представлен сплошным однородным каркасным слоем толщиной до нескольких сантиметров. В конце мая интенсивность ледообразования на нижней поверхности ослабевает и толщина этого слоя уменьшается до нескольких миллиметров.

В зимне-весенний период на некоторых участках нижней поверхности однолетнего льда неоднократно наблюдались своеобразные наросты внутриводного льда. Обычно они имеют форму конусов, полусфер или сосулек и шлейфов. Длина их достигает 0,5–0,7 м,

однолетнего льда

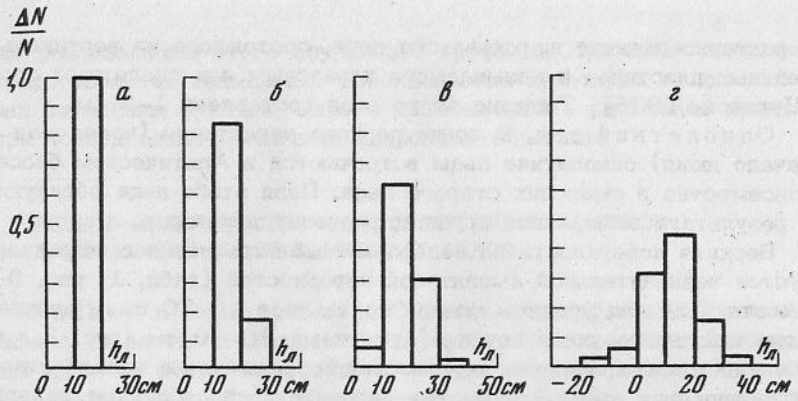


Рис. 3. Распределение отметок на профилях верхней поверхности однолетних льдов в весенний период

а – однолетний средней толщины, слабо заснеженный; *б* – однолетний толстый, ровный, слабо заснеженный; *в* – толстый однолетний, шероховатый, заснеженный; *г* – тонкий однолетний

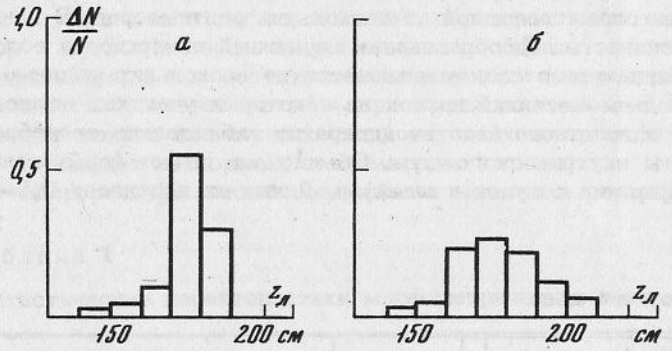


Рис. 4. Распределение отметок на профилях нижней поверхности толстых однолетних льдов

а – на ровных, слабо заснеженных участках; *б* – на участках с шероховатой поверхностью и толщиной снега в несколько десятков сантиметров

диаметр у основания (в месте соединения с нижней поверхностью) составляет 10–30 см, а толщина стенок 2–5 см. Механическая прочность этих образований очень мала, внутри они полые, трубчатые и снизу обязательно имеют отверстие диаметром в несколько сантиметров, через которое происходит истечение насыщенного рассола. Наблюдения подтверждают результаты более ранних исследований [Морецкий, 1965], что обязательным условием образования внутриводного льда является наличие очагов переохлаждения морской воды (открытые трещины, каналы и пр.).

Начало таяния на верхней поверхности однолетних льдов в условиях Арктического бассейна отмечается в первой половине июня. Максимум скорости таяния льда приходится на вторую половину июля (рис. 5). В связи с неравномерным таянием на льду образуются снежницы – озера талой воды, которые в момент своего наибольшего развития могут занимать до 40% площади льда (рис. 6).

На ровных участках сухого льда за лето сверху стаивает в среднем 25–30 см: в снежницах лед вытаивает до глубины 50 см и более (рис. 7, *а*).

Образование большого числа отрицательных элементов рельефа (снежниц) приводит к расчленению рельефа верхней поверхности однолетнего льда в летний период, о чем свидетельствует увеличение стандартного отклонения отметок на профилях (см. табл. 1).

Осенью, с замерзанием снежниц (конец августа – начало сентября) происходит сглаживание рельефа верхней поверхности, что приводит к изменению статистических характеристик параметров рельефа (см. табл. 1, рис. 7,*б*).

Таким образом, в результате первого цикла таяния на верхней поверхности невсторошенного однолетнего льда формируется макрорельеф, представляющий собой чередование ровных понижений – замерзших снежниц (с превышением над уровнем океана на 1–5 см) и возвышенных участков с отметками до 20–30 см.

На нижней поверхности однолетнего льда таяние начинается в середине июня и достигает наибольшей интенсивности во второй половине июля (см. рис. 5). По данным подводных наблюдений, снизу за лето стаивает около 25 см.

В начальный период таяние льда происходит равномерно на всей нижней поверхности. В дальнейшем за счет более интенсивного разрушения льда на структурных и текстурных неоднородностях на ледяных поверхностях образуются многочисленные углубления. Развивающийся в летний период фитопланктон в виде сгустков темно-коричневого цвета заполняет эти углубления и, образуя очаги повышенного поглощения солнечной радиации, способствует еще большему развитию этих элементов микрорельефа. Эта особенность таяния арктического льда уже отмечалась [Зубов, 1945]. К концу периода таяния до 20–25% нижней поверхности однолетнего льда приходится на долю углублений овальной формы размером от 5–10 до 25–30 см (рис. 8). Некоторые из таких углублений (чаще в районе снежниц) проходят сквозь всю толщу льда, имея диаметр до нескольких сантиметров.

При стоке талой воды в условиях, благоприятных для перемешивания ее с морской водой, происходит распреснение приледного слоя океана, что при сохраняющейся отрицательной температуре льда приводит к прекращению таяния льда и даже незначительному его нарастанию (см. рис. 5,*в*). При одновременном затоке больших масс талой воды и при слабом ее перемешивании образуется вначале мощный (до нескольких десятков сантиметров) слой ледяных кристаллов. Затем со стороны морской воды начинается нарастание

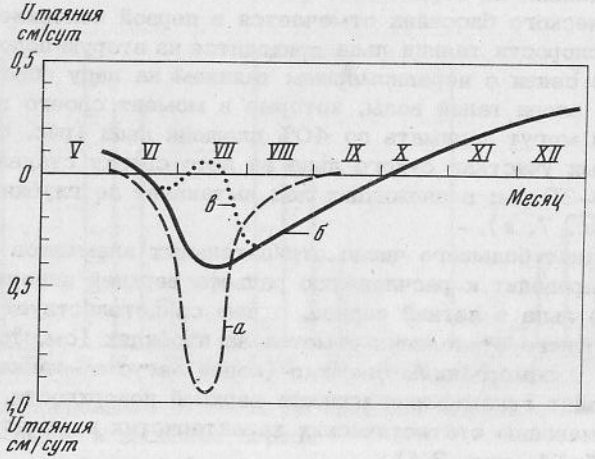


Рис. 5. Скорости таяния и нарастания однолетнего льда
а – на сухих участках верхней поверхности; *б* – на нижней поверхности в обычных условиях; *в* – на нижней поверхности при затоке под лед талой воды

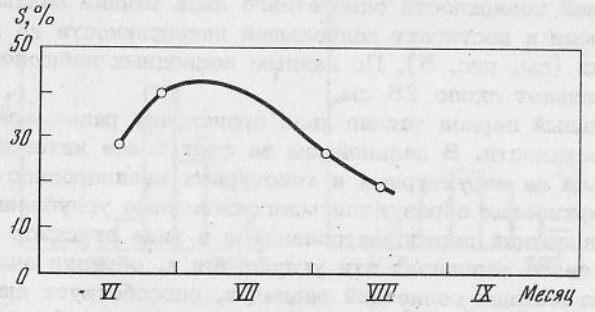


Рис. 6. Относительная площадь снежниц (S, %) на толстом однолетнем льду

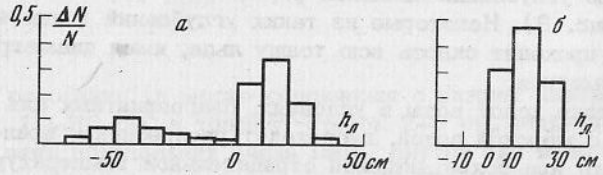


Рис. 7. Распределение отметок на профилях верхней поверхности толстого однолетнего льда
а – август; *б* – сентябрь

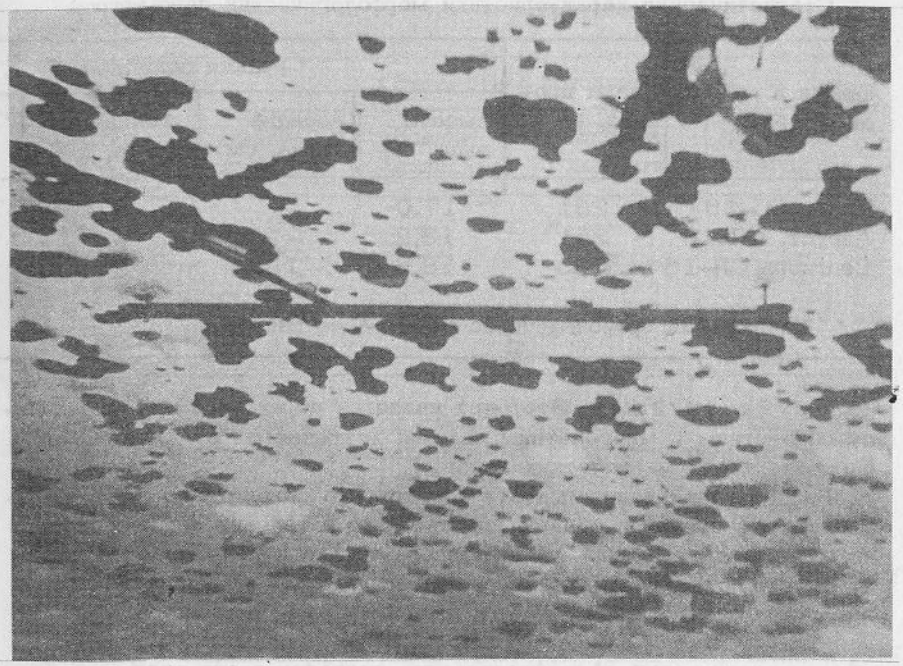


Рис. 8. Нижняя поверхность однолетнего льда летом
Выдыхаемый водолазами воздух заполнил углубления во льду, образовавшиеся в результате неравномерного таяния (на снимке – пятна черного цвета). Длина рейки, закрепленной во льду, 1,5 м. Август, СП-22, 80°42′ с.ш., 190°30′ в.д.

слоя пресноводного льда, отделяемого от основного льда все более сужающимся слоем скопления кристаллов. Новые поступления талой воды приводят к образованию новых слоев пресноводного льда, разделяемых прослойками шуги. После прекращения поступления талой воды (обычно в августе) пресноводный лед начинает таять. К концу периода таяния слои такого льда толщиной 10–15 см вытаивают совсем, а при больших толщинах пресноводный лед остается и в течение последующего зимнего периода монолитно срастается с основным льдом.

Начало нарастания льда (образование каркасного слоя) отмечалось в первой декаде октября (при толщине льда около 1,5 м). Ускоренное нарастание наблюдается в образовавшихся за лето углублениях, защищенных от прямого воздействия потока воды. Это обстоятельство способствует нивелированию ледяной поверхности. Однако на крупных элементах микрорельефа (пологих выемках диаметром в несколько десятков сантиметров) нарастание льда происходит с сохранением существовавших форм.

Таблица 2

Статистические характеристики морфологических параметров двухлетнего льда

Время и место наблюдения	Длина профиля, м	Средняя величина				Стандартное отклонение			
		высота льда, см	осадка льда, см	толщина льда, см	толщина снега, см	высота льда, см	осадка льда, см	толщина льда, см	толщина снега, см
Июнь, СП-18	251	17,0	–	–	11	9,3	–	–	–
Август, СП-18*	251	18,2	–	–	–	16,8	–	–	–
Сентябрь, СП-18	465	19,2	196	215	13	9,2	15,8	17,1	–

*Наблюдения проводились до замерзания снежнин.

Двухлетний лед. Этот лед является переходной стадией между однолетним и многолетним льдами; встречается в Арктическом бассейне среди многолетних льдов.

Рельеф верхней поверхности остаточного однолетнего льда, переходящего с января в стадию двухлетнего, в течение зимнего периода заметных изменений не претерпевает. Это подтверждается сходством статистических характеристик отметок на профилях остаточного однолетнего и двухлетнего льда перед началом второго цикла таяния (см. табл. 1, рис. 3; табл. 2, рис. 9). Однако толщина льда увеличивается, и соответственно возрастает его средняя высота.

Нижняя поверхность двухлетнего льда в зимне-весенний период покрыта каркасным слоем. Скорость нарастания льда снизу достигает 0,3 см/сут.

С началом второго цикла летнего таяния продолжается преобразование рельефа верхней поверхности. На сухом участке льда (по наблюдениям на СП-18) максимальная скорость таяния достигала 0,7 см/сут, а за лето стаяло 25 см. Повышенное вытаивание льда в снежницах, как и на однолетнем льду, приводит к расчленению рельефа и увеличению разброса отметок (см. табл. 2, рис. 9).

Коэффициент корреляции между отметками льда на одном и том же профиле в июне (до начала таяния) и августе (в конце периода таяния) оказался равным 0,7. Это свидетельствует о том, что снежницы на поверхности двухлетнего льда образуются в основном на тех же местах, где были прошлым летом.

Наблюдения показали, что таяние двухлетнего льда снизу начинается на 10–15 суток позже, чем сверху, и продолжается до начала октября, достигая максимума во второй половине июля (рис. 10). За лето снизу стаивает примерно 20–25 см. Образование пресноводного льда при затекании талой воды аналогично описанному выше для однолетнего льда.

Общее стаивание на нижней поверхности сопровождается активным преобразованием микрорельефа. С началом таяния каркасный слой исчезает и лед делается гладким, как бы оплавленным. Затем во льду образуется сеть отрицательных форм микрорельефа. Как и на однолетнем льду, скопления фитопланктона способствуют их развитию. Наиболее выражен этот процесс под снижницами, где выше освещенность.

Осенью с замерзанием снежниц рельеф верхней поверхности двухлетнего льда сглаживается.

Таким образом, развитие рельефа двухлетнего льда в результате летнего таяния выражается в некотором увеличении числа и размеров неровностей, но в целом двухлетний лед продолжает сохранять основные черты, присущие остаточному однолетнему льду (рис. 11).

Многолетний лед. Многолетний лед является преобладающим видом льдов Арктического бассейна. В результате длительного воздействия различных рельефообразующих процессов макрорельеф поверхностей многолетнего льда приобретает наибольшую по сравнению

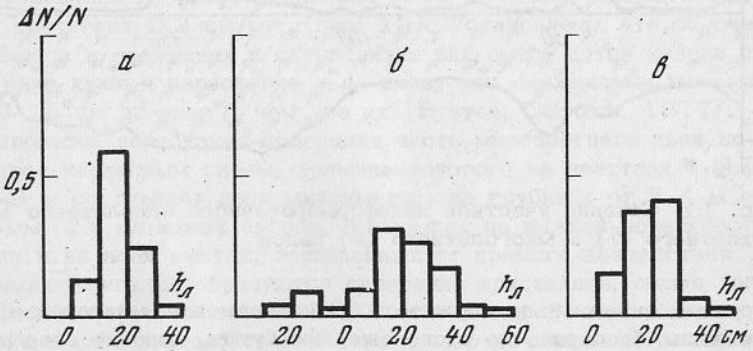


Рис. 9. Распределение отметок на профилях верхней поверхности двухлетнего льда

а – до начала таяния; *б* – летом; *в* – после замерзания снежниц

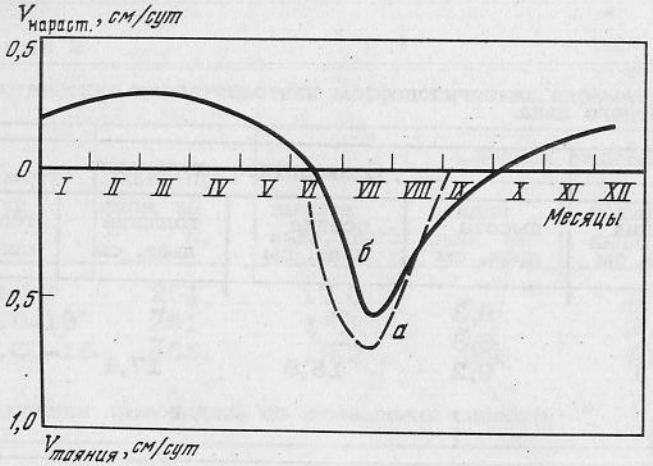


Рис. 10. Скорости таяния и нарастания на верхней (*а*) и нижней (*б*) поверхностях двухлетнего льда

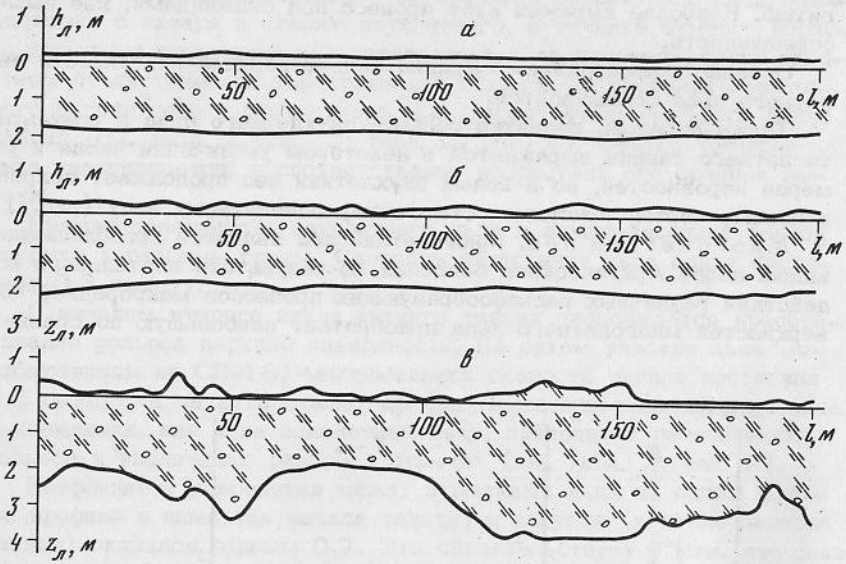


Рис. 11. Сечения участков недеформированного однолетнего (*а*), двухлетнего (*б*) и многолетнего (*в*) льдов

с другими видами льда сложность. Одни элементы макрорельефа (снежницы, беспорядочно расположенные бугры, пологие возвышенности) имеют термическое происхождение, а другие (отдельные холмы, гряды всех видов) представляют собой торосистые образования в разной степени разрушенности. Максимальную высоту неровностей,

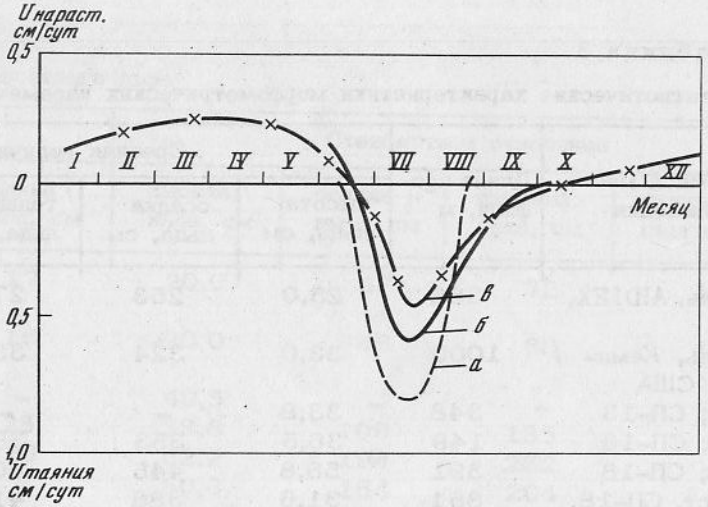


Рис. 12. Скорость таяния и нарастания на верхней (*а*) и нижней (*б, в*) поверхностях многолетнего льда

образовавшихся на верхней поверхности под воздействием термических факторов, большинство исследователей полагают равной 0,7–0,9 м [Назинцев, 1963; Песчанский, 1963; Яковлев, 1963].

Для нижней поверхности многолетнего льда характерны значительная расчлененность рельефа и увеличение размеров его элементов (см. рис. 11). Величины стандартного отклонения значений осадки достигают на недеформированных участках 15–20% ее средней величины (табл. 3).

Нарастание на нижней поверхности многолетнего льда происходит на участках, заглубление которых не превышает 8–9 м, что объясняется большой толщиной льда и влиянием водной эрозии. Скорость ледообразования во второй половине зимы на льдах толщиной 3,5–4,0 м достигает 0,2 см/сут (рис. 12). Установлено, что за счет теплозапаса в снежницах и скопления в них снега поток холода проходит вниз хуже и нарастание льда снизу под снежницами меньше (на 10–15 см за зиму), чем вне их [Бузуев, Спичкин, 1977].

В процессе нарастания подводная часть многолетнего льда покрывается каркасным слоем, толщина которого на участках с осадкой 8–9 м составляет доли миллиметра, на глубинах от 3–4 м до 8–10 мм, а у подножий бугров, в выемках на нижней поверхности снежниц и во всех местах, защищенных от прямого воздействия обтекающего потока, образуются скопления кристаллов, общая толщина слоя которых достигает 8–10 см и более. Весной толщина каркасного слоя уменьшается вплоть до его исчезновения к началу таяния. Происходит это в первую очередь на хорошо обтекаемых участках нижней поверхности многолетнего льда.

Образования внутриводного льда, появление которых обусловлено

Таблица 3

Статистические характеристики морфометрических параметров многолетнего льда

Время и место наблюдения	Длина профиля, м	Средняя величина			Стандартное отлонение			
		высота льда, см	осадка льда, см	толщина льда, см	толщина снега, см	высота льда, см	осадка льда, см	толщина льда, см	толщина снега, см
Апрель, AIDJEX, США	386	25,0	253	278	17	20,0	58	72	10
Апрель, Кемп-200, США	1000	33,0	324	357	16	20,0	46	60	13
Июнь, СП-13	348	33,9	-	-	-	40,5	-	-	-
Июнь, СП-18	149	36,5	353	389	25	33,8	109	135	-
Июнь, СП-18	391	58,8	445	503	16	52,2	194	232	-
Август, СП-18	851	31,6	386	417	-	50,8	164	204	-

наличием очагов переохлажденной морской воды, наблюдались и на нижней поверхности многолетнего льда. Наибольшие из них (длиной до 2-3 м и диаметром 20-30 см) имели форму сталактитов и располагались на участках нижней поверхности, защищенных близко расположенными подводными грядами от размывающего воздействия потока воды (рис. 13).

Наиболее существенные изменения рельефа верхней поверхности многолетнего льда происходят в период летнего таяния, которое, по многолетним данным, длится с середины июня до середины августа [Назинцев, 1971]. Исследования выявили значительную зависимость величин летнего стаивания от района (от 3-5 см в приполюсном районе и Канадском секторе до 40-60 см в районе 75° в Евразийском секторе). Несомненно, что межгодовая изменчивость термобарических условий в отдельных районах может существенно влиять на эту зависимость. Кроме того, существует четко выраженная неравномерность таяния на различных по характеру элементах макрорельефа. Так, например, в снежницах лед тает вдвое интенсивнее, чем на ровных участках сухого льда (табл. 4). В начале таяния талая вода с поверхности многолетнего льда стекает на более низкие участки молодого и однолетнего льда. В конце периода таяния большинство развитых снежниц на многолетнем льду сетью сквозных отверстий сообщается с океаном и имеет практически одинаковый с ним уровень. Площадь снежниц на многолетнем льду в августе (к началу замерзания) составляет 20-25% [Бузуев, Спичкин, 1977]; средние размеры их 8-10 м.

Однако, несмотря на неравномерность, летнее таяние не приводит к заметному изменению местоположения основных элементов макрорельефа верхней поверхности многолетнего льда. Это подтверждается большим значением коэффициента корреляции (0,97) между отметками на одних и тех же профилях в июне и августе.

Таяние на нижней поверхности многолетнего льда начинается примерно на 10-15 дней позже, чем на поверхности. Как показали подводные наблюдения, на разных по характеру участках таяние неравномерно. Так, под снежницами, где толщины льда равны 2-3 м, за лето стаивает до 40 см, на ровных или слегка всхолмленных участках 20-25 см, а в нижней части подводных бугров с осадкой 5 м, где заметно влияние водной эрозии, стаяло около 30 см. Таким образом, эти данные изменяют существовавшее ранее мнение о преобладающем стаивании льда сверху. Так же как и на верхней

Таблица 4

Величины летнего стаивания на различных элементах рельефа верхней поверхности многолетнего льда (по наблюдениям на станциях СП)

Элемент рельефа	Среднее стаивание за лето, см			
	СП-5	СП-13	СП-18, 1969 г.	СП-18, 1970 г.
Снежницы	34	45	88	72
Ровный лед	21	23	39	35
Подножия гряд	-	-	10	17
Склоны гряд и бугров:				
северные	-	-	21	26
южные	-	-	61	41
средние	-	23	41	34
Вершины гряд и бугров	25	35	50	42

Рис. 13. Образования внутриводного льда в форме сталактитов на нижней поверхности старого льда

Водолаз на глубине 5 м. Апрель, СП-22, 83°49′ с.ш., 188°34′ в.д.

поверхности, летнее таяние многолетнего льда под водой не изменяет местоположение основных элементов сформировавшегося рельефа практически в течение, по крайней мере, двух-трех циклов.

С наступлением летнего таяния происходит резкое изменение характера микрорельефа нижней поверхности многолетнего льда, выражающееся в образовании на ледяной поверхности сети углублений размером от нескольких миллиметров до десятков сантиметров. Быстрее всего разрушается ледяная поверхность под обширными

снежницами, где имеют место наибольшее проникновение солнечной радиации и скопление планктона. В конце периода таяния лед в этих местах совсем не имеет ровных участков, а состоит из конусообразных бугорков и углублений. С наступлением осени планктонные скопления, оставаясь в этих углублениях, вмерзают в лед.

При образовании в многолетнем льду трещин в период интенсивного летнего таяния возможно затекание талой воды под нижнюю поверхность. При ее замерзании происходит выравнивание нижней поверхности, но наблюдается это лишь на ограниченных участках (под снежницами и в отдельных куполах с малой осадкой).

Дрейфующий шельфовый лед. Ледяные дрейфующие острова, встречающиеся в Арктическом бассейне, образуются в результате разрушения шельфового припая у северных островов Канадского Арктического архипелага. Их отличают большие размеры (площадь их достигает нескольких десятков квадратных километров) и толщина (от 10-15 до 50-60 м). На некоторых ледяных островах были организованы научные дрейфующие станции (Т-3, СП-6, АРЛИС-II, СП-19, СП-22, СП-24). Выполненные отечественными и зарубежными исследователями наблюдения позволили выявить особенности строения и дрейфа этих уникальных ледовых образований.

Для верхней поверхности ледяных дрейфующих островов характерно наличие регулярных гряд, обычно параллельных большой оси льдины. Расстояние между их гребнями около 200 м, а амплитуда 2-4 м. На кромках ледяных островов почти сплошной цепью расположены торосы морского льда высотой 5-6 м и более. В отдельных случаях при нагромождениях крупных обломков морского льда происходит обламывание выступающих частей ледяных островов.

Сток талой воды во время летнего таяния происходит по ложбинам между грядами (так называемым рекам). Сроки начала наступления максимума и окончания процесса таяния на верхней поверхности ледяных островов такие же, как и на окружающих морских льдах. Стаивание за лето составляет обычно 40-60 см. Однако на поверхности некоторых ледяных островов находится большое количество минеральных и органических наносов и отложений, что резко изменяет альбедо поверхности, и таяние идет интенсивнее. Так, например, на СП-23 за лето 1977 г. сверху стаяло 150-170 см.

Сброс больших масс талой воды с поверхности ледяных дрейфующих островов летом существенно сказывается на гидрохимическом режиме вод вблизи (на расстоянии до нескольких километров) островов. Так, на СП-23 при сплоченности окружающих льдов в 9 баллов слой пресной воды мощностью 2,0-2,5 м наблюдался во всех открытых участках и подо льдами с меньшей осадкой, что привело к массовому образованию пресноводного льда почти под всеми одно- и двухлетними льдами в районе ледяного острова.

Под водой наибольшей изменчивостью обладает рельеф боковой поверхности, подверженный тепловому и эрозионному воздействию воды, солнечной радиации (на открытых участках), динамическому

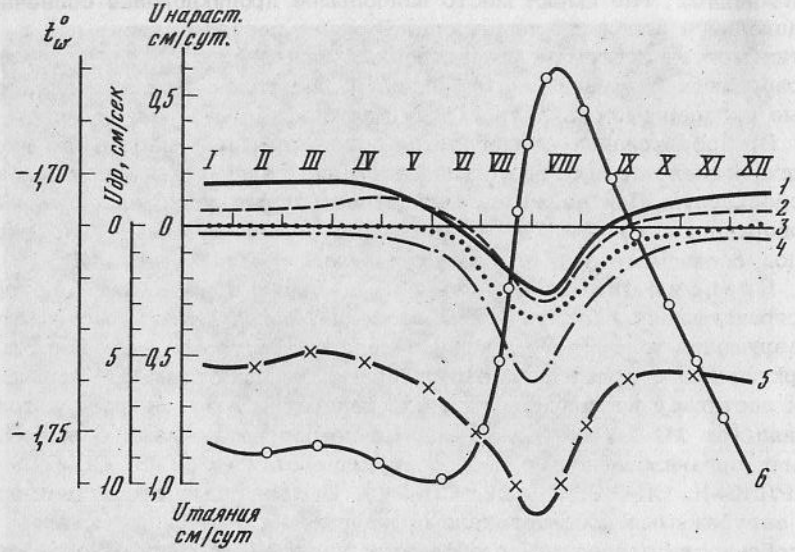


Рис. 14. Скорости таяния и нарастания льда на боковой и нижней поверхностях ледяного дрейфующего острова СП-22

1 – боковая поверхность на глубине 2 м; *2* – боковая поверхность на глубине 5 м; *3* – боковая поверхность на глубине 15 м; *4* – нижняя поверхность; *5* – среднемесячная скорость дрейфа льдин; *6* – среднемесячная температура воды в слое 5–25 м

Таблица 5

Годовые величины стаивания и нарастания льда на боковой и нижней поверхностях ледяного дрейфующего острова "Северный полюс-22"

Исследуемый участок льда	Стаивание за год, см	Нарастание за год, см	Суммарное изменение за год, см
Боковая поверхность на глубине 2 м	13	21	+8
Боковая поверхность на глубине 5 м	14	14	0
Боковая поверхность на глубине 10 м	22	3	–19
Боковая поверхность на глубине 15 м	25	0	–25
Боковая поверхность на глубине 18 м	33	0	–33
Нижняя поверхность	47	0	–47

воздействию со стороны морских льдов. Нарастание на боковой поверхности отмечено лишь до глубины 5 м, а ниже происходит круглогодичная абляция льда (табл. 5, рис. 14). Наибольшее стаивание наблюдается на нижней поверхности, где эрозия действует в течение всего года и при любых направлениях дрейфа льдины. Из этого следует вывод, что, находясь в океаническом дрейфе, ледяные острова ежегодно уменьшаются по толщине на 1–2 м (от 0,5 до 1,5 сверху и около 0,5 снизу).

Микрорельеф боковой и нижней поверхностей ледяных островов отличается своеобразием и устойчивостью форм. Боковая поверхность покрыта регулярными вертикально ориентированными гребнями высотой 10–15 см, расстояние между которыми составляет 0,5–0,8 м. На нижней поверхности на расстоянии друг от друга около 50 см расположены бугорки конусообразной формы со сглаженными вершинами высотой 5–10 см.

МОРФОЛОГИЯ ТОРОСИСТЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Торосы, образование которых обусловлено силовым взаимодействием ледяных полей, являются характерной чертой ледяного покрова Арктического бассейна. По данным различных исследователей, в Арктическом бассейне на милю пути встречается от 10 до 30 гряд торосов [Hibler, Ackley, 1974; Sater et al., 1971; Weeks, 1976].

Ниласы и молодые льды при сжатиях наслаиваются либо образуют навалы на кромках (сверху и снизу) старых толстых льдов.

Для однолетних льдов характерны свежие гряды торосов. В их надводной части преобладают обломки с размерами, равными одной-двум толщинам льда, а в подводной части это соотношение составляет 5–7.

Микрорельеф свежего тороса образован сочетанием поверхностей отдельных обломков: нижней, боковой (на гранях разлома) и верхней (обычно заснеженной).

Стаивание льда в надводной части свежих торосов за лето может достигать 80–100 см [Назинцев, 1971]. В килевой части тороса под действием тепла воды и ее размывающего влияния сглаживание острых кромок и разрушение отдельных выступов идет с момента его образования.

Торошение толстых (4–5 и более метров) многолетних льдов в Арктическом бассейне наблюдается редко. Для таких льдов характерны старые, сглаженные монолитные возвышения, имеющие среднюю высоту 1,5–2,0 м; под водой в таких местах расположены разнообразные по форме, но обладающие наименьшим гидродинамическим сопротивлением, выступы размером до 10–15 м.

Нарастание льда на подводной части торосов наблюдается до глубин 7–9 м; ниже идет процесс постоянного разрушения льда.

Микрорельеф подводной части старых торосов аналогичен описанному выше для ледяных дрейфующих островов.

ВЫВОДЫ

На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы.

1. Существующее многообразие форм рельефа поверхностей льдов Арктического бассейна может быть разделено на две группы: а) макрорельеф, элементы которого формируются главным образом в результате торошения льда, а также таяния и нарастания в течение длительного времени, и б) микрорельеф, который объединяет совокупность более мелких неровностей, покрывающих элементы макрорельефа и возникающих в результате действия термических факторов.

2. Некоторые статистические характеристики параметров макрорельефа (средние значения отметок, их стандартное отклонение и др.) существенно различны для невторошенных участков одно-, двух- и многолетнего льда.

3. На льдах толщиной 3–4 м за лето снизу стаивает 20–25 см, под снежницами эта величина достигает 35–40 см, что примерно в два раза меньше стаивания сверху.

4. В зимний период на участках нижней поверхности с осадкой 8–10 метров и более нарастания льда не происходит, а, напротив, имеет место постоянная абляция, интенсивность которой зависит от скорости относительного движения приледного слоя воды.

5. Процесс трансформации элементов макро- и микрорельефа подводной части торосистых образований идет в направлении придания им форм, оказывающих наименьшее сопротивление обтекающему потоку морской воды.

6. Формы микрорельефа на нижней поверхности невторошенных льдов различного возраста подвержены сезонной изменчивости, а на килевых частях гряд торосов и подводных поверхностях ледяных дрейфующих островов им присущи черты стационарности.

ЛИТЕРАТУРА

Бузуев А.Я., Спичкин В.А. Роль снежниц в формировании пространственной неравномерности толщины многолетних льдов в зимний период. – Проблемы Арктики и Антарктики, 1977, вып. 49.

Волков Н.А., Гудкович З.М. Основные итоги изучения дрейфа льдов в Арктическом бассейне. – Проблемы Арктики и Антарктики, 1967, вып. 27.

Гордиенко П.А., Карелин Д.Б. Проблемы перемещения и распределения льдов в Арктическом бассейне. – Проблемы Арктики, 1945, № 3.

Гудкович З.М. Связь дрейфа льдов в Арктическом бассейне с ледовыми условиями в советских арктических морях: Прогноз и расчет физических явлений в океане. – Тр. Океаногр. комиссии, 1961, т. 11.

Зубов Н.Н. Льды Арктики. М.: Главсевморпуть, 1945.

Купецкий В.Н. Ледяной покров. – В кн.: Советская Арктика. М.: Наука, 1970.

Мельников И.А. Экосистема арктического дрейфующего льда. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.

Морецкий В.Н. Морской внутриводный лед. – Проблемы Арктики и Антарктики, 1965, вып. 19.

Назинцев Ю.Л. О роли тепловых процессов в таянии льда и преобразовании рельефа многолетних ледяных полей. – Проблемы Арктики и Антарктики, 1963, вып. 12.

Назинцев Ю.Л. Стаивание льда в торосах. – Тр. Аркт. и Антаркт. науч.-исслед. ин-та, 1971, т. 300.

Номенклатура морских льдов. Л.: Гидрометеоиздат, 1974.

Песчанский И.С. Ледоведение и ледотехника. Л.: Морской транспорт, 1963.

Цуриков В.Л. Жидкая фаза в морских льдах. М.: Наука, 1976.

Яковлев Г.Н. О формах рельефа поверхности дрейфующих льдов. – Проблемы Арктики и Антарктики, 1963, вып. 12.

Hibler W.D., Ackley S.F. A sea ice terrein model and its application to surface vehicle trafficability. – AIDJEX Bull., 1974, N 25.

Ketchum R.D. Airborne laser profiling of the arctic pack ice. – Remote Sensing of Environment, 1971, N 2.

Sater S. E., Ronhovde A.G., Van Allen L.C. Arctic environment and resources. Washington, 1971.

Wadhams P. A britisch submarine expedition to the North Pole. – Polar Record, 1977, vol. 18, N 116.

Weeks W.F. Sea ice conditions in the Arctic. – AIDJEX Bull., 1976, N 34.

Williams E., Swithinbank C., Robin G. A submarine sonar study of Arctic pack ice. J. Glaciol., 1975, vol. 15, N 73.

ЭКОСИСТЕМА ЛЬДА

УДК 577.472:551.467(268.9)

КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР КРИОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СЕВЕРНОМ ЛЕДОВИТОМ ОКЕАНЕ

И. А. МЕЛЬНИКОВ

Уже в первых экспедициях прошлого века было обнаружено, что снег и лед служат субстратом, на котором развивается ряд криофильных организмов. Так, капитан Джеймс Росс в августе 1818 г. во время своего плавания через море Баффина обратил внимание на огромные поля красного снега, покрывающего прибрежные скалы у мыса Йорк в Гренландии [Ross, 1819]. Наблюдения Росса привлекли всеобщее внимание и интерес естествоиспытателей к этому явлению. В отчетах о более поздних экспедициях в Арктику исследователи неоднократно отмечали встреченные ими поля красного снега, причем особенно много таких наблюдений было сделано на побережьях Шпицбергена, Лапландии и Восточной Сибири [Meyen, 1840; Middendorff, 1867; Berggren, 1871; Wittrock, 1883; De Long, 1883].

Вначале полагали, что окрашенность снега обусловлена неорганическими примесями. К такому выводу пришел Волластон, который обрабатывал пробы, собранные Россом в 1818 г. [Ross,1819]. Позднее считали, что это – споры мха или пыльца цветов.

Первое название снежному организму – *Uredo nivalis* – дал Бауер [Bauer, 1819], который отнес его к грибам. Браун и Агард [Brown, 1825; Agardh, 1825] относили его к водорослям, Врангель [Wrangel, 1823] – к лишайникам, и, наконец, Зоммерфельт [Sommerfelt, 1824] определил его как "*Sphaerella nivalis*". Швейцарский альголог Шода [Chodat,1896], изучая снежную флору in situ, установил ее принадлежность к вольвоксовым водорослям, а норвежский профессор Вилле [Wille, 1912] дал ей современное название *Chlamidomonas nivalis* (хламидомонада снежная).

Среди многочисленных сообщений о красном снеге известно и очень интересное наблюдение Ч. Дарвина, отмеченное им в своем дневнике 19 марта 1835 г. В высоких Андах на многих глыбах снега он обнаружил *Protococcus nivalis*, хорошо известный по отчетам арктических исследователей. При этом Дарвин подчеркнул, что снег был окрашен только там, где он быстро таял или был случайно помят. Более поздние наблюдения над снежной флорой в

различных географических зонах в Северном и Южном полушариях [Nordenskiold, 1871; Gain, 1911; Fritsch, 1912; Wille, 1924; Казанский, 1932; Kol, 1942; Kobayashi, 1967; и др.] также констатировали массовость этого явления и его связь с таянием снежного покрова. В Центральном Арктическом бассейне развитие красного снега неоднократно наблюдал Ф. Нансен во время своего похода к Северному полюсу.

Таким образом, "снежное цветение" является широко распространенным явлением. В настоящее время известно около 100 видов водорослей, обитающих в снегу в различных районах земного шара и относящихся к Chlorophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta, Cyanophyta и Rhodophyta, а также около 70 видов грибов и 30 видов бактерий [Kol, 1968]. Однако в литературе по полярной криобиологии, кроме кратких упоминаний в отчетах экспедиций о нахождении красных пятен на снегу, образующихся в результате вегетации *Chlamidomonas nivalis*, нет работ, посвященных изучению состава снежной флоры дрейфующих арктических льдов.

Изучение ледовой флоры также имеет более чем вековую историю. Первые диатомовые из Арктики описал Эренберг [Ehrenberg, 1841] по пробам, собранным в Канадском Арктическом архипелаге. До конца XIX в. диатомовые находили в основном в арктических морях. Диски [Diskie, 1880] описывает диатомеи, собранные арктической экспедицией Нейрса. Клеве и Грунов [Cleve, Grunov, 1880] дают описание диатомовых из Карского моря, затем Клеве [Cleve, 1883] публикует большой список ледовой диатомовой флоры, собранной экспедицией Норденшельда на "Веге". Появляются сообщения о находках диатомовых во льдах моря Баффина, пролива Дэвиса, из районов Шпицбергена и Ян-Майена, из Берингова пролива. Из многочисленных определений следовало, что ледовое сообщество составлено в основном из планктонных диатомей, среди которых доминируют виды родов *Fragillaris* и *Melosira*. Было выявлено также несколько литоральных видов, таких, как *Pleurosigma stuxbergii* и *Navicula directa*.

Во время дрейфа на "Фраме" Нансен многократно исследовал коричневато-красные льды и находил в них массу диатомовых. Интересными были его наблюдения за развитием снежниц на поверхности тающих льдов, на дне которых он также находил комки диатомовых. Последние протапливали глубокие дыры во льду в результате аккумуляции солнечной радиации. Гран (Gran, 1904), обрабатывая коллекцию ледовой флоры, собранную Нансеном, нашел несколько десятков видов диатомей, среди которых были как морские, так и типично пресноводные формы. Он не объяснил, каким образом диатомовые попадают в лед, но предполагал, что это своеобразное сообщество живет во льду, по крайней мере, некоторое время. Среди диатомового материала, собранного Нансеном во время Северной полярной экспедиции в 1906 г., было обнаружено несколько видов Ciliata и Flagellata [Nansen, 1906]. Это было по существу первое сообщение о недиатомовых организмах, найденных в толще льда.

П.И. Усачев обработал серию ледовых проб из Карского моря и моря Лаптевых, а также пробы, собранные во время дрейфа станции СП-1 П.П. Ширшовым. Хотя многие диатомовые клетки оказались пустыми, в пробах были обнаружены ауксоспоры, которые, вероятно, могли прорасти после таяния льда [Усачев, 1948]. В более позднем обзоре Усачев [1949] приводит список 142 видов диатомовых и нескольких видов динофлагеллят; 34 вида он относит к типичным криофилам, так как они были обнаружены на нижней поверхности льда, как в его пробах, так и в пробах, обработанных другими авторами. Он приводит также описание скоплений *Melosira arctica* на нижней поверхности льда. Эта работа обобщает, по сути дела, более чем вековой этап изучения ледовой флоры, который можно определить как описательный. С начала 60-х годов начался новый этап в изучении ледовых водорослей – экспериментальный.

Японский ученый Мегуро с сотрудниками [Meguro et al., 1966] исследовал лед у мыса Барроу на Аляске и обнаружил 24 вида диатомовых, растущих в межкристаллических пространствах – ячейках льда. Хлорофилла "а" здесь было в сто раз больше, чем в окружающих лед водах. Авторы предположили, что диатомеи зимуют во льду, образуя цисты.

Хорнер и Александер [Horner, Alexander, 1972] описали сообщество ледовой флоры и высказали предположение о гетеротрофном питании одноклеточных водорослей. Ими было обнаружено 25 видов диатомовых. Динофлагелляты и мелкие флагелляты, найденные во льду, не имели хлоропластов. Гетеротрофия предполагается авторами как один из возможных способов питания водорослей, живущих долгое время в темноте. Эксперименты Хорнер [Horner, 1976] и других авторов [Hunt, Lee, 1972; Clasby et al., 1972; Hamilton et al., 1968] показали, что некоторые виды диатомовых способны длительное время оставаться живыми в темноте без дополнительного источника углерода. В связи с этим интересны наблюдения Клэсби с сотрудниками [Clasby et al., 1972] над содержанием биогенных элементов в пробах льда: концентрация минерального азота во льду была более чем на порядок выше его концентраций в воде. Авторы предполагают три возможных источника поступления питательных веществ в лед: во-первых, это их включение в лед при ледообразовании; во-вторых, обмен с водой (осмос) и, в-третьих, регенерация питательных веществ in situ за счет бактериальной деструкции органических веществ, содержащихся во льду.

Аналогичные исследования в Антарктике [Андрияшев, 1967; Буйницкий и др., 1973; Bunt, 1963; Bunt, Wood, 1963; Bunt, Lee, 1972; Burkholder, Mandelli, 1965; и др.] показали, что ледовая флора является существенным фактором первичной продукции. Аккумуляцию ее в толще льда можно рассматривать как создание потенциального запаса органического вещества, который может быть использован организмами после их вытаивания.

В последние годы сначала в Антарктике [Грузов и др., 1967; Андрияшев, Грузов, 1974], а затем и в Арктике, у берегов Земли Франца-Иосифа и Новосибирских о-вов [Голиков, Аверинцев, 1977], была обнаружена особая фауна, трофически связанная с криофильной флорой. В ее составе были отмечены полихеты, амфиподы, веслоногие рачки, мальки рыб и другие животные.

Водолазные наблюдения за развитием криопелагических биоценозов до последнего времени охватывали только литораль и верхнюю сублитораль. Существование криофильной фауны, приуроченной к морской поверхности арктического дрейфующего льда, косвенно подтверждалось наблюдениями за появлением разнообразных организмов (главным образом амфипод) в лунках, трещинах и разводьях, а также прямыми наблюдениями исследователей, проводивших работы подо льдом с применением водолазной техники [English, 1963; Грищенко, 1976]. Для выявления состава и структуры криопелагического биоценоза дрейфующего льда требовались длительные наблюдения за ледовой фауной. Такие наблюдения и были проведены на СП-22 и СП-23 в 1975-1978 гг.

ЛИТЕРАТУРА

Андрияшев А.П. О микрофлоре и фауне, связанной с антарктическим припайным льдом. – Зоол. журн., 1967, т. 44, вып. 10.

Андрияшев А.П., Грузов Е.Н. Биологические сообщества у берегов Антарктиды. – В кн.: Наука и человечество. М.: Знание, 1974.

Буйницкий В.Х., Козыренко Т.Ф., Шамонтьев В.А. Микроскопические водоросли в припайных льдах моря Дейвиса. – Проблемы Арктики и Антарктики, 1973, вып. 45.

Голиков А.Н., Аверинцев В.Г. Биоценозы верхних отделов шельфа архипелага Земли Франца-Иосифа и некоторые закономерности их распределения. – В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1977, т. 14(22).

Грищенко В.Д. О микрорельефе нижней поверхности дрейфующих льдов. – Тр. ААНИИ, 1976, т. 320.

Грузов Е.Н., Пропп М.В., Пушкин А.Ф. Биологические сообщества прибрежных районов моря Дейвиса (по результатам водолазных работ). – Информ. бюл. САЭ, 1967, № 65.

Казанский А.Ф. К микрофлоре Новой Земли. – Тр. Полярной комиссии, 1932, т. 7.

Усачев П.И. Биологический анализ льдов. – Докл. АН СССР, 1948, т. 19, № 8.

Усачев П.И. Микрофлора полярных льдов. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1949, т. 3.

Agardh C.A. Über den in der Polar-Zone gefundenden rothen Schnee. – Nova Acta Phys.-Med. Acad. Gaes. Lepold. Carol Nat. Cur., 1825, Bd. 12.

Bauer F. Uredo nivalis. – Quart. J. Sci. Arts, 1819, Bd. 7.

Berggren S. Alger fran Gronlands inlandis. – Ofvers. Kongl. Vetenskaps akad. förhandl., 1871, bd. 28.

Brown R. Vermischte botanische Schriften. – Schmalkalden, 1825, Bd. 1.

Bunt J.S. Diatoms of antarctic sea-ice as agents of primary production. – Nature, 1963, vol. 199, N 4900.

Bunt J.S., Lee C.C. Data on the composition and dark survival of four sea-ice microalgae. – Limnol. Oceanogr., 1972, vol. 17, N 3.

Bunt J.S., Wood E.J.F. Microalgae and antarctic sea-ice. – Nature, 1963, vol. 199, N 4900.
Burkholder P., Mandelli E. Productivity of microalgae in antarctic sea-ice.– Science, 1965, vol. 149, N 3686.
Clasby R., Horner R., Alexander V. Ecology and metabolism of sea-ice organisms. – In: Rept R 72, Inst. Mar. Sci, (Alaska), 1972.
Chodat R. La flore des Neiges du col des Ecandies (Massif du Mont-Blanc). – Bull. herb. Boiss., 1896, t. 4.
Cleve P.T. Diatoms collected during the expedition of the "Vega". – Vega-Exped. Vetenskapliga Jaktagelser, 1883, Bd. 3.
Cleve P.T., Grunov A. Beitrage zur Kenntniss der arctischen Diatomeen. – Kgl. sven. vetensk. Akad. handl., 1880, Bd. 17.
De Long E. Crimson snow. – In: Ship and Ice, 1883, vol. 2.
Diskie G. On the algae found during the Arctic expedition. – Ebenda, 1880, vol. 17.
Ehrenberg C.G. Einer Nachtrag zu dem Vorträge über Verbreitung und Einfluss des mikroskopischen Lebens in Süd- und Nord Amerika. – Monatsber. Dtsch., Akad. Wiss. Berlin, 1841.
English T.S. Some remarks on Arctic ocean plankton. – In: Proc. Arctic Basin Symp. Oct. 1962, Arctic Inst. N. Amer, 1963.
Fritsch F.E. Freshwater Algae. Nationale Antarctic "Discovery" Expedition 1901–1907. – Brit. Mus. Hist. Publ., 1912, vol. 6.
Gain L. La neige verte et la neige rouge des régions Antarctique. – Bull. Mus. Nat. hist. natur., 1911, t. 6.
Gran H.H. Die Diatomeen der arktischen Meere. – Fauna arctica, 1904, Bd. 3.
Hamilton R.D., Holmes R.D., Holm-Hansen O. Effect on phytoplankton of large storage periods in the dark. Univ. Calif., 1968, Part I.
Horner R.A. Sea-ice organisms. – Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., 1976. vol. 14.
Horner R.A., Alexander V. Algal populations in Arctic sea-ice: an investigation on heterotrophy. – Limnol. Oceanogr., 1972, vol. 17, N 3.
Kobayashi Y. Colored snow with *Chlamidomonas nivalis* in the Alaskan arctic and Spitsbergen. – Bull. Natur. Sci. Mus., 1967. vol. 10, N 2.
Kol E. The snow and ice algae in Alaska. – Smithsonian Misc. Coll., 1942, N 101.
Kol E. Kryobiologie. Biologie und Limnologie des Schnees und Eises. I. Kryivegetation. Stuttgart, 1968.
Meguro H., Ito K., Fukushima H. Diatoms and the ecological conditions of their growth in sea ice in the Arctic ocean. – Science. 1966, vol. 152, N 3725.
Meyen J. Noch einige Mitteilungen über roten und grünen Schnee. Wiegmann's Arch. Naturgesch., 1840, Bd. 6.
Middendorff A.T. Der farbige Schnee. – In: Middenforffs Reise in denaussersten Norden und Osten Sibieriens. – St.-Petersburg, 1867, Bd. 4, Abh. 5.
Nansen F. Protozoa on the Ice-Floes of the North Polar sea. London, 1906, vol. 5, N 16.
Nordenskiöld A.E. Redogörelse för en expedition till Grönland at 1870. – Öfvers. Kgl. vetenskaps akad förh., 1871, Bd. 27.
Ross J. A Voyage of Discovery, Made Under the Order of the Admiralty, in His Majesty's Ships Isabella and Alexander for the Purpose of Exploring Baffin's – Bay, and Inquiring into the Probability of a North West Passage. London, 1819.
Sommerfelt S.C. Om den röde Snee, Eller *Sphaerella nivalis* Som. *Uredo nivalis* Auct. ved S.C. Sommerfelt. – Mag. Nat. videnskab., 1824, Bd. 4.

Wille N. Sur quelques algues des nieges antarctiques, Deuxieme Exp. Antarctique Française. – Soc. Nat. Doc. Sci., 1912.
Wille N. Süswasseralgen von der deutschen Südpolar+Expedition auf dem Schiff "Gauss". – In: Deutsche Sudpolar Expedition 1901–1903, 1924, Bd. 8.
Wittrock V.B. Über die Schnee- und Eisflora, besonders in den arktischen Gegenden. – In: A.E. Nordenskiöld, Studier och Forskningar Föranledda af Mina Resor i Höga Norden. Stockholm, 1883.
Wrangel F.A. Förklaring i afseende pa de ag Herrar Agardh och Fries. rörande Afhandlingen om Byssus Jolithus L. – anförde Anmarkningar. – Kgl. vetensk. Akad. handl. (Stockholm). 1823. Bd. 1

УДК 577.472:577.4:551.467

ЭКОСИСТЕМА АРКТИЧЕСКОГО ДРЕЙФУЮЩЕГО ЛЬДА

И. А. МЕЛЬНИКОВ

Снежно-ледяной покров Центрального Арктического бассейна представляет собой сложный физико-химический и биологический комплекс. Для него характерна пространственно-временная изменчивость его толщи, а также верхней и нижней (морской) поверхностей, которая обусловливается постоянно меняющимися условиями среды, в первую очередь температурой воздуха. Даже в одном и том же месте, но в разное время он настолько различен по своим физико-химическим характеристикам, что представляет собой совершенно различные физические тела [Гайцхоки, Спицын, 1970]. При этом на всех стадиях сукцессии снежно-ледяного покрова сохраняется неизмененным состав населяющих его организмов.

На все изменения температуры воздуха лед реагирует изменением своей толщины: с понижением температуры возрастает скорость ее нарастания, с повышением – растет скорость ледотаяния [Грищенко, 1980]. Благодаря этому поддерживается постоянство температуры поверхностных арктических вод [Русанов, 1980]. Таким образом, снежно-ледяной покров в Арктическом бассейне можно рассматривать как термоизолирующий слой, предохраняющий океан от вымораживания. Сезонный температурный градиент поверхностных арктических вод не превышает 0,2°С, в то время как в толще многолетнего льда он достигает значительных величин – 30–40°С [Гайцхоки, Спицын, 1970].

По мере роста льда в его кристаллическую структуру включаются все органические и минеральные компоненты, растворенные и взвешенные в морской воде, из которой он образуется. Перенос этих веществ в результате дрейфа льда из одного района в другой в пределах бассейна создает при ледотаянии дополнительный источник питания для пелагических организмов [Мельников, Павлов,

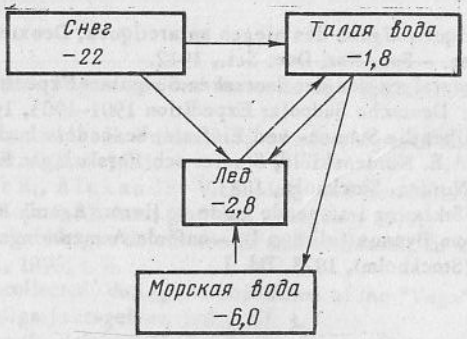


Рис. 1. Содержание D_2O в жидкой и твердой фазах снежно-ледяного покрова в Центральном Арктическом бассейне

Средние значения концентраций (в % smow по O^{18}) в пробах, собранных на СП-23 в 1977-1978 гг. [по Лобышеву и др., 1978]

1978], а перенос включенных в ледовую толщу клеток водорослей и криофауны, обитающей на морской поверхности льда, можно рассматривать как фактор расселения криобионтов в Арктике.

В Центральном Арктическом бассейне существуют три зоны дрейфа льда: 1 – замкнутая циркуляция в Амеразийском суббассейне, 2 – трансполярный транзит между полюсом и Шпицбергеном и 3 – переходная зона между двумя первыми [Трешников, Баранов, 1972]. В пределах этих зон 73-81% акватории покрыты многолетним льдом, 9-10% – торосами, 8-17% – однолетним недеформированным льдом и только 0,2-1% приходится на долю чистой воды [Koerner, 1973]. Поскольку почти вся рассматриваемая акватория занята многолетними льдами, изучение биологии именно этого типа представляется наиболее важным для понимания роли и места льдов в структуре экосистемы пелагиали Арктического бассейна. Вода в Северном Ледовитом океане постоянно представлена в виде двух фаз: жидкой и твердой. На рис. 1 показана принципиальная схема этих фаз и даны средние значения величин концентрации D_2O в каждой из них. Каждая из фаз представляет собой субстрат, в котором обитают специфическая флора и фауна. Описание этих биотопов, их физико-химических особенностей, условий развития в них организмов составляет предмет настоящей статьи.

При описании экосистемы арктического дрейфующего льда, следуя Коль [Kol, 1968], давшей подробный анализ криовегетации на снегу и ледниках в горных районах, мы считаем уместным и правильным употребление слога "крио" (от греческого κριο 5 – холод) вместе с терминами, характеризующими некоторые элементы экосистемы снежно-ледяной поверхности Арктического бассейна.

В основу работы положен материал, собранный автором во время гидробиологических исследований на дрейфующих станциях СП-22 и СП-23 в 1975-1978 гг. [Мельников, 1976а,б, 1978; Мельников, Шиновский, 1978], а также литературные данные.

СНЕЖНО-ЛЕДЯНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ КАК КРИОБИОТОП

Снежный покров формируется на ледяном, в основном в зимнее время, и определяется метеоусловиями и рельефом верхней поверхности последнего. Средняя толщина его в разных районах Арктики меняется год от года незначительно и составляет в мае 15-20 см [Лощилов, 1964].

Таяние снега на дрейфующих льдах начинается уже в конце апреля – начале мая, еще при отрицательных температурах воздуха порядка минус 10-15°С, и в начальный период происходит исключительно под действием солнечной радиации [Лощилов, 1964]. Устойчивое таяние начинается с повышением температуры воздуха. Летом 1975 г. на СП-22 активное таяние снежного покрова началось в конце июня, а летом 1977 г. на СП-23 – в начале июня. В обоих случаях в понижениях рельефа сначала появлялся слой мокрого снега, а затем вода. В июле процесс таяния охватывает полностью всю поверхность. Это время максимального развития снежниц, поверхность которых занимает до 40% всей площади [Грищенко, 1980]. В этот период начинается интенсивный сток талой пресной воды под лед. Таким образом, в развитии снежно-ледяной поверхности наблюдаются следующие периоды: 1 – предтаяние: сухой снег и лед; 2 – тающий снег: мокрый снег, развитие "луж" под снегом; 3 – образование снежниц, обнажение ледовой поверхности; 4 – образование дыр во льду и каналов стока, начало дренирования талой воды под лед; 5 – замерзание снежниц.

Продолжительность каждого из периодов не всегда постоянна, а их сроки меняются в зависимости от местоположения льдов в бассейне и температуры воздуха в тот или иной сезон. На примере метеоусловий на СП-22 в светлый период 1975 г. показана средняя продолжительность этих периодов на фоне изменения альбедо снежно-ледяного покрова в зависимости от высоты солнца и температуры воздуха (рис. 2). Лето 1975 г. было холодное (температура не поднималась выше 0°С), поэтому таяние затянулось. В некоторых местах снег не стаял полностью. Снежницы развивались не интенсивно, и их площадь составляла не более 10% всей площади снежно-ледяного покрова. Лето 1977 г. на СП-23 было значительно теплее (температура воздуха достигала 2°С), что способствовало более активному таянию. За два месяца сверху стаял весь снег и около 120 см льда [Мельников, 1979]. На поверхности льда образовались многочисленные глубокие снежницы, температура талой воды в которых не превышала 0,5°С.

Вегетация снежной флоры начинается уже в первый период, когда температура воздуха составляет минус 10-15°С. В пробах снега в этот период были обнаружены клетки *Chlamidomonas nivalis*, развитие которого, видимо, способствует первоначальному процессу таяния снега. Дело в том, что пигменты этих клеток, главным образом каротиноиды [Chodat, цит. по: Kol, 1968], абсорбируют солнечную радиацию, трансформируют ее в тепло, которое, помимо

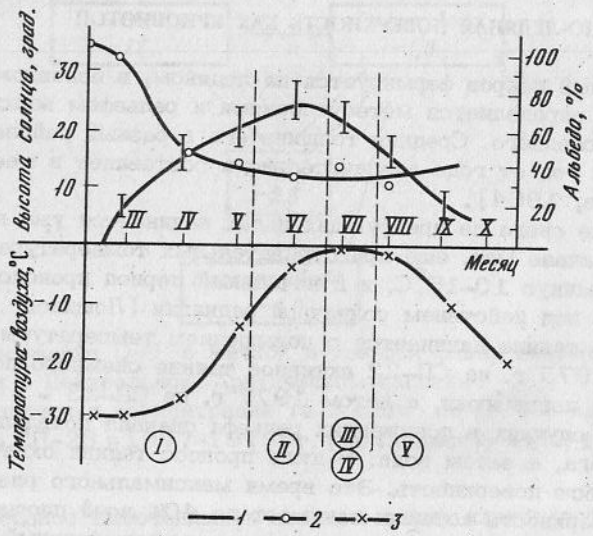


Рис. 2. Метеоусловия летом 1975 г. в районе дрейфа СП-22
1 – высота солнца; *2* – альбедо; *3* – температура воздуха. Пунктирные линии – условные границы между периодами развития снежно-ледяного покрова

расходов на обмен, частично расходуется и на нагрев окружающей среды, способствуя образованию талой воды. Вероятно, именно этот процесс является причиной того, что уже во втором периоде, когда температура воздуха еще отрицательная, под коркой снежного пласта можно встретить мокрый снег.

Количественно оценить мощность процесса вегетации снежной флоры пока не представлялось возможным. Удалось лишь установить, что численность клеток *Ch. nivalis* в период снеготаяния составляет около 400 на один литр талой воды. Максимальное развитие этой водоросли наблюдается в талой воде снежниц, где численность ее клеток достигала 2–3 тыс/л.

Интересно отметить, что температура талой воды 0°С является оптимальной для этого вида водорослей [Huber-Pestalozzi, 1926]. В Арктике жизненный оптимум у *Ch. nivalis* совпадает с максимальной температурой среды (температура в талой воде снежниц не превышает 0,5°С). С увеличением температуры клетки этого вида погибают. Таким образом, температурный интервал, в котором вегетируют клетки *Ch. nivalis*, очень узок (не более 1°С), и этот вид можно определить как стенотермный. (Следует при этом помнить, что зимой, когда температурный градиент на поверхности снежно-ледяного покрова достигает максимальных значений 30–40°С, клетки находятся в анабиотическом состоянии).

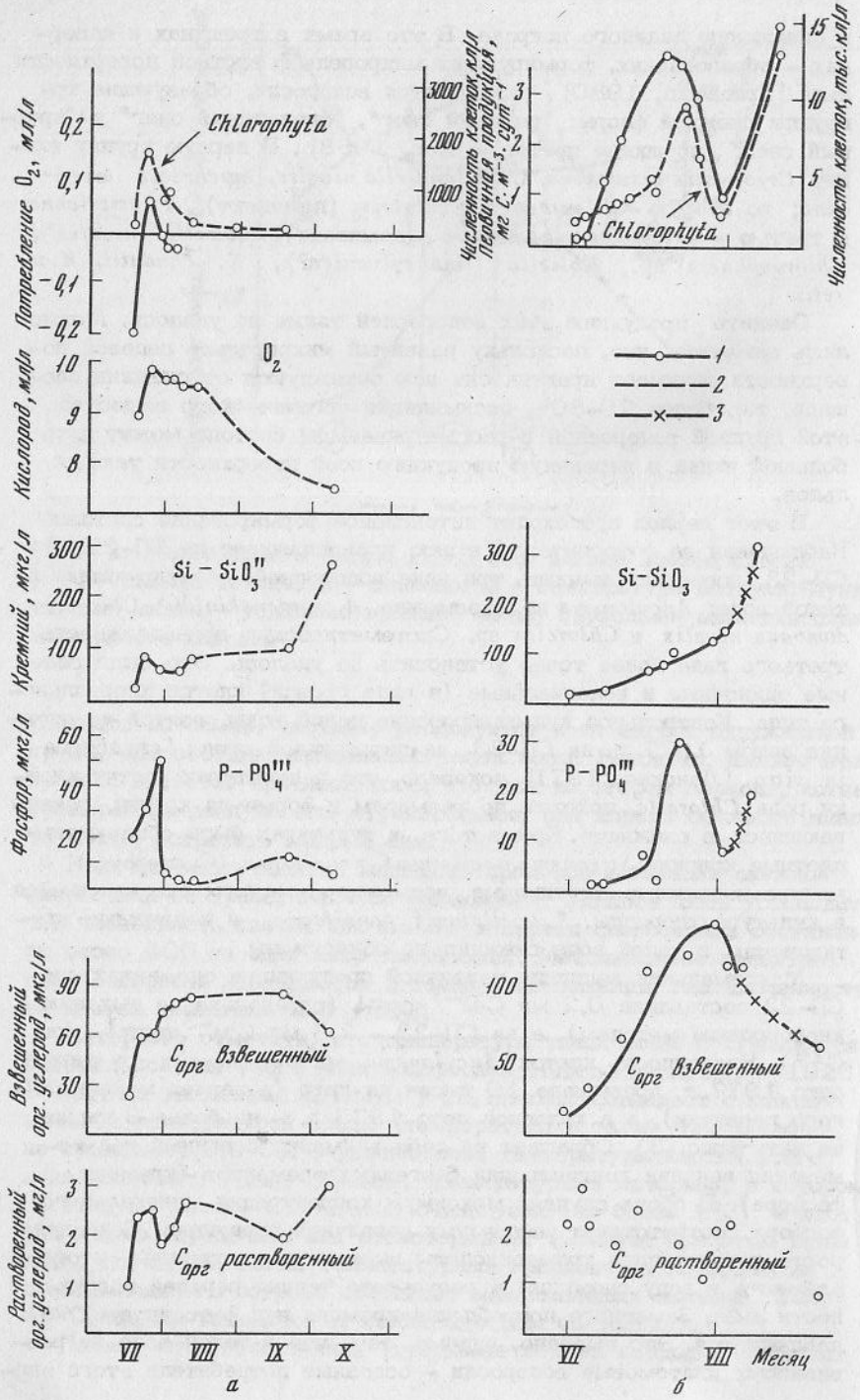
Начало активного таяния (третий-четвертый периоды) приводит

к обнажению ледяного покрова. В это время в трещинах и кавернах – образованиях, формирующих микрорельеф верхней поверхности льда [Грищенко, 1980], развиваются водоросли, образующие три группы снежной флоры: "розовый снег", "фиолетовый снег" и "красный снег" [по шкале цветов – Kol, 1968]. В первую группу входят *Cryocystis brevispina*, *Groenlandiella nivalis*, *Trochiscia americana*; во вторую – *Pleurococcus vulgaris* (доминант), *T. americana*; в третью – *Chlamidomonas nivalis* (доминант), *Scotiella* (*nivalis?*), *Chlorosphaera* sp., *Koliella* (*transsylvanica?*), *K. chodatii*, *K. viretii*.

Оценить продукцию этих водорослей также не удалось. Можно лишь заметить, что, поскольку развитый микрорельеф ледовой поверхности занимает практически всю оставшуюся от снежниц площадь, т.е. более 70–80%, ассимиляция органического вещества этой группой водорослей в рассматриваемом биотопе может дать большой вклад в первичную продукцию всей поверхности тающих льдов.

В этот период происходит интенсивное формирование снежниц. Наблюдения за фотосинтезом в них, проводившиеся на СП-22 и СП-23, позволили выявить три вида водорослей, вегетирующих в талой воде: *Ancylonema* sp. (возможно, *A. nordenskioldii*), *Chlamidomonas nivalis* и *Chlorella* sp. Систематическую принадлежность третьего вида более точно установить не удалось. Это были зеленые одиночные и колониальные (в виде грозди) клетки хлорелльного типа. Контрольное культивирование талой воды, взятой из снежниц летом 1977 г. на СП-23, на питательной среде Гольдберга in vitro [Ланская, 1971] показало, что в культурах растут клетки рода *Chlorella*, похожие по размерам и форме на клетки, развивающиеся в снежнице. Кроме того, в культурах были обнаружены плотные колонии *Stigonema ocellatum* f. *panniforme* (Cyanophyta) и мелкие подвижные жгутиковые, возможно, зооспоры развивающейся в культуре хлореллы. *S. ocellatum* f. *panniforme* и подвижные жгутиконосцы в талой воде снежниц не обнаружены.

Максимальная величина первичной продукции в снежницах на СП-22 составляла 0,2 мг С·м$^{-3}$·сут$^{-1}$ (определена по дыханию кислородным методом), а на СП-23 – 2,8 мг С·м$^{-3}$·сут$^{-1}$ (по C^{14}). Численность клеток *Ancylonema* sp. и *Ch. nivalis* в теплое лето 1977 г. превышало 10 тысяч на литр (в период максимального развития), а в холодное лето 1975 г. – не более 3 тысяч на литр (рис. 3). Обращает на себя внимание сезонный ход изменения величин концентрации биогенных элементов (кремния и фосфора). В обоих случаях максимум концентрации минерального фосфора соответствует максимуму первичной продукции. Тенденция роста концентрации кремнекислоты вызвана поступлением этого элемента в воду снежницы в результате таяния верхней поверхности льда. Заметного потребления кремния при фотосинтезе не наблюдается. Это вызвано, видимо, тем, что в талой воде не развиваются диатомовые водоросли – основные потребители этого эле-



мента. Некоторые авторы высказывали предположение о возможном развитии вытаивающих изо льда диатомей (по-видимому, пресноводных или солоновато-водных форм) в талой воде снежниц на поверхности льда [Nansen, 1902; Gran, 1904]. В проводившихся нами исследованиях не удалось наблюдать развитие этой группы водорослей. При микроскопировании проб, взятых из снежниц, неоднократно отмечали пустые створки пеннат и центриц, но ни разу не встречали клеток диатомовых с плазмой. В культурах водорослей, выращивавшихся в талой воде снежниц, в которую добавляли питательную среду Гольдберга, диатомовые не развивались. Вероятно, специфические особенности формирования и развития льда в Арктическом бассейне создают условия, при которых стенотермный фитопланктон поверхностных вод, попадающий в толщу льда при его образовании, погибает из-за резких перепадов температуры. Эти особенности развития дрейфующего льда в Арктике являются причиной того, что клетки, включенные в его кристаллическую структуру, уже не возвращаются в воду, а постепенно, по мере роста льда, поднимаются кверху и в сезон таяния "выходят" на поверхность уже мертвыми. Вот почему часто среди льдов можно встретить серовато-коричневые сгустки диатомовых водорослей. Их микроскопический анализ показал, что в составе водорослей живых диатомовых нет.

Перечисленные факты составляют основу различий между сообществами арктического дрейфующего льда и пагона Зернова [Зернов, 1928]. Свойством первых является специфический состав организмов, приспособленных к постоянному обитанию в толще при условиях окружающей среды (см. следующий раздел этой статьи). Для второго характерно временное пребывание разнообразных организмов в анабиотическом состоянии в толще льда; весеннее таяние обеспечивает возвращение этих организмов в воду.

Развитие снежно-ледяной поверхности в четвертый и пятый периоды проходило следующим образом.

В холодное лето 1975 г. таяние протекало неактивно и сток пресной воды под лед был слабым. Уже в первую декаду августа началось похолодание и снежницы покрылись льдом. С этого момента численность *Ancylonema* sp. и *Ch. nivalis* в воде подо льдом (в снежнице) стала резко уменьшаться (см. рис. 3, *а*). Видимо, эти водоросли образуют ко времени наступления темнового периода и низких температур покоящиеся споры, которые опускаются на дно (лед) снежниц, а после замерзания последних зимуют во льду под слоем снежного покрова. Хотя снежница в это время

Рис. 3. Динамика процессов в снежнице летом 1975 г. на СП-22 (*а*) и летом 1977 г. на СП-23 (*б*)

1 – процессы в талой воде; *2* – процессы в талой воде снежницы после ее замерзания; *3* – то же, после ее сквозного протаивания (образование майны)

покрывается тонким слоем льда и снега, солнечная радиация еще проникает сквозь него и процессы жизнедеятельности водорослей сохраняются некоторое время (см. рис. 3,*а*).

В теплое лето 1977 г. (см. рис. 3,*б*), напротив, таяние проходило так интенсивно, что в первую декаду августа снежница, в которой проводили наблюдения, стала проточной, лед под ней протаял, и она стала сообщаться с океаном. В этот период интенсивного таяния снежно-ледяной поверхности (третий и четвертый периоды) происходит сток талых вод под лед. С экологической точки зрения это явление примечательно тем, что вместе с талой водой под лед поступают органические вещества, синтезированные на поверхности снежной флорой, а также клетки последней. Наблюдениями установлено [Мельников, 1979], что в распресненном слое у льда в этот период встречаются клетки *Ancylonema* sp. и *Ch. nivalis*. После замерзания пресной воды подо льдом клетки оказывались включенными в его структуру. Молодой пресный лед затем частично разрушался, но часть его сохранялась на поверхности старого и при дальнейшем зимнем ледообразовании оказывалась в виде тонкой прослойки, включенной в структуру старого льда. Этот факт указывает на один из возможных путей расселения снежной флоры в пределах ледяной поверхности в Центральном Арктическом бассейне. Действительно, с ростом льда этот слой с клетками (спорами?) постепенно будет "подниматься", и время его выхода наверх будет зависеть как от толщины самого льда, так и от интенсивности процессов таяния его верхней поверхности. Выход этого слоя на поверхность может дать начало новой генерации клеток в следующие сезоны.

Таким образом, вегетация на снежно-ледяной поверхности начинается задолго до начала таяния снега при отрицательных температурах воздуха (минус 10-15°С). В этот период вегетирует только *Ch. nivalis*, развитие которого способствует более интенсивному таянию снега. Во втором периоде фотосинтез проходит на всей поверхности - в мокром снегу, кавернах и трещинах на льду. Вегетируют главным образом зеленые водоросли. В талой воде снежниц (третий период) фотосинтез идет с участием трех видов: *Ancylonema* sp., *Ch. nivalis* и *Chlorella* sp. Первичная продукция составляет 0,2-3 мг С·м$^{-3}$·сут$^{-1}$ и зависит от погодных особенностей сезона. Вегетация проходит до наступления похолодания (четвертый и пятый периоды) и с понижением температуры воздуха прекращается. Вегетационный период в этом криобиотопе длится около четырех месяцев.

БИОТОП ТОЛЩИ ЛЬДА

Лед, образовавшийся из морской воды, представляет собой трехфазную систему и содержит твердую фазу (кристаллы льда), жидкую (солевую) и газообразную (воздушные включения). В зависимости от условий образования во льду проявляются слои и прослойки, определяющие в совокупности свойства ледяного покрова. Постоянно меняющиеся факторы среды отражаются на изменчивости состава и свойств льда. Его свойства неоднородны в пространстве и времени. Даже в одном и том же месте характеристики льда дискретны как по вертикальной, так и по горизонтальной составляющей. На рис. 4 приведены данные по распределению температуры и солености в толще многолетнего льда, полученные в апреле 1978 г. на СП-23 в точках, отстоящих друг от друга на расстоянии 2 м. Проба 2 взята через 10 дней после первой.

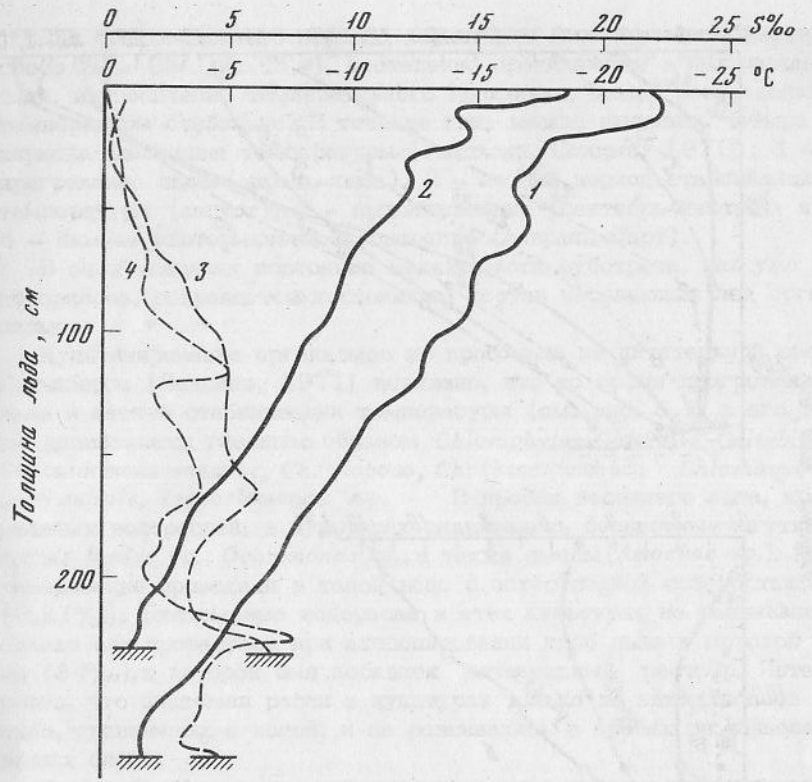


Рис. 4. Распределение температуры и солености в толще многолетнего льда (весна 1978 г., СП-23)

Сплошная линия - температура; пунктирная - соленость. Кривые *1* и *4* соответствуют пробе, взятой 19.04.78 г.; *2* и *3* - 27.04.78 г.; расстояние между взятыми пробами - 2 м

Изменчивость свойств льда особенно заметна во время его роста и таяния. В период зимнего нарастания происходит постепенное перераспределение солей (стеканию рассола препятствуют непрерывное намерзание льда снизу и закупоривание канальцев, содержащих

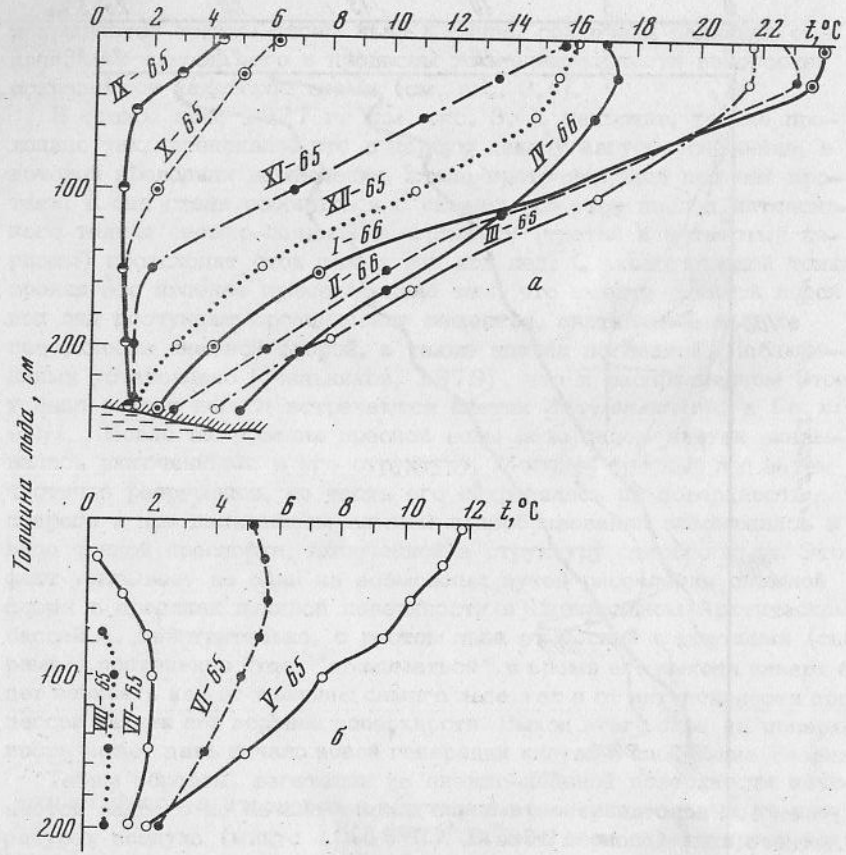


Рис. 5. Распределение температуры в толще ледяного покрова [по Гайцхоки, Спицыну, 1970]

а – осенне-зимний период; *б* – весенне-летний период

рассол). С началом таяния ускоряется перемещение рассола из верхних горизонтов в нижние из-за увеличения пористости, возникающей в результате объемного таяния, что приводит к образованию более соленых нижних слоев [Гайцхоки, Спицын, 1970].

Одним из факторов, регулирующих процессы в толще льда, является температура воздуха: с ее изменением в течение года меняется и распределение температуры по вертикальной составляющей льда (рис. 5). Весенне-летний период характеризуется минимальным температурным градиентом между верхней и нижней поверхностями льда. В результате прогрева (поток тепла направлен сверху вниз) происходит перемещение минимума температуры с поверхности в глубь льда. Сток пресных вод, с одной стороны, и миграция рассола, с другой, обусловливают в этот период нестабильность температуры у нижней границы льда.

Для осенне-зимнего периода характерно выхолаживание верхних слоев льда (см. рис. 5,*а*), постепенно проникающее в нижележащие слои, и увеличение температурного градиента. Зимой распределение температуры стабильно. В течение года можно выделить четыре периода изменения температуры [Гайцхоки, Спицын, 1970] : 1 – прогревание льда (апрель-июль), 2 – летний период стабилизации температуры (август), 3 – выхолаживание (сентябрь-январь) и 4 – зимнее изотермическое состояние (февраль-март).

В этих условиях постоянно меняющегося субстрата, как уже говорилось, сохраняется постоянным состав населяющих лед организмов.

Культивирование организмов из проб льда на питательной среде Гольдберга [Ланская, 1971] показало, что во время прогревания льда и летней стабилизации температуры (см. рис. 5,*б*) в его толще развиваются главным образом *Chlorophyta*: *Chlorella* (*mirabilis*?), *Chlamidomons snowiae*, *Ch. slobosa*, *Ch.* (*atactogama*?), *Chlorhormidium subtile*, *Trachelomonas* sp. В пробах весеннего льда, кроме зеленых водорослей, в культурах развивались бесцветные жгутиконосцы *Monas* sp., *Ochromonas* sp., а также амебы (*Amoebae* sp.). Культивирование проводили в талой воде с естественной соленостью (0,21‰). Диатомовые водоросли в этих культурах не развивались, однако они прорастали при экспонировании проб льда в морской воде (34‰), к которой был добавлен питательный раствор. Интересно, что диатомеи росли в культурах только из нижних слоев льда, граничащих с водой, и не развивались в пробах из вышележащих слоев.

Эти данные позволяют предполагать, что диатомовый планктон, попадая в кристаллическую структуру льда, сохраняет еще некоторое время способность к делению. При дальнейшем нарастании льда, а следовательно, и "подъеме" диатомовых слоев вверх, где наблюдается более высокий сезонный температурный градиент, клетки диатомовых погибают в условиях низких отрицательных температур. Микроскопический анализ сестона, выделенного фильтрацией талой воды, полученной после растапливания проб, взятых с различных горизонтов многолетнего льда, подтверждает это предположение. Клетки диатомовых из нижних (морских) слоев содержали плазму; тогда как в средних и верхних горизонтах ледовой толщи наблюдались только их пустые бесплазменные панцыри.

В литературе по вегетации ледовых арктических и антарктических диатомовых [Усачев, 1949; Apollonio, 1961; Meguro, 1962; Bunt, 1963; Burkholder, Mandelli, 1965; Meguro et al., 1967; Horher, 1976; Буйницкий, 1973; и др.] приводятся данные по составу и фотосинтезу этих водорослей. Было показано, что максимальное развитие диатомовых наблюдается не на самой поверхности льда, а в слоях, близких к границе раздела фаз вода-лед. Это своего рода бентосная флора ["bottom type flora" – Meguro et al., 1966]. Здесь образуется массовое скопление клеток, придающее слоям темно-коричневый цвет. Численность клеток в таких слоях превышает

их численность в воде [Буйницкий, 1973]. Концентрация хлорофилла здесь также значительно выше – 120 мкг/л, что на три порядка больше, чем в воде подо льдом [Meguro et al., 1967]. На основании анализа многочисленных литературных данных Цуриков и Ведерников [1978] придают большое значение продукции ледовых диатомей в первичной продукции арктических и антарктических бассейнов.

Цитированные литературные данные были получены на материале, собранном в основном на мелководье в условиях неподвижного ледяного субстрата, развитие водорослей в котором отличается от их развития в дрейфующем льду.

В районах образования припайного льда (шельф северных морей, антарктический шельф) лето значительно теплее, чем в высоких полярных широтах, поэтому здесь первый и второй периоды развития льда проходят более интенсивно, что способствует более активному размножению ледовых диатомовых. Интенсивная вегетация водорослей в толще льда приводит к ослаблению физических связей в его кристаллической структуре. Эта особенность развития диатомовых, приводящая к разрушению льда и "выходу" клеток в воду, была отмечена в Арктике [Палибин, 1925; Ширшов, 1935; Богоров, 1939] и в Антарктике [Буйницкий, 1968]. Мегуро на основе своих наблюдений за ледовой флорой на антарктическом [Meguro, 1962] и арктическом [Meguro et al., 1966] шельфах предположил, что вегетация в толще льда определяется теми же видами водорослей, которые вегетируют в воде подо льдом. Это дало ему основание называть лед, содержащий клетки диатомовых, "планктонным льдом".

Таким образом, пребывание водорослей в толще льда в прибрежных зонах циклично и их развитие имеет ту же особенность, что и развитие пресноводного планктона [Зернов, 1928]: для обоих ледовых сообществ характерна зависимость их состава от состава бентосных и планктонных фитоценозов. Для арктического дрейфующего льда характерно одновременное существование автохтонной и аллохтонной флоры. Первая представлена обитающими во льду клетками Chlorophyta, вторая – планктонными диатомеями. В их распределении в толще льда наблюдается вертикальная зональность. Особенности распределения зависят от действия различных факторов и условий образования льда, но в общих чертах сводятся к следующему.

Фитопланктон и флора, развивающаяся на ледовой поверхности, при образовании и дальнейшем нарастании льда попадают в его кристаллическую структуру. Это самый обычный механизм включения клеток аллохтонной флоры в арктический лед [Цуриков, 1980]. Поскольку максимальная скорость ледообразования наблюдается зимой, а минимальная летом [Грищенко, 1980], флора, оказавшаяся включенной в толщу льда полярной ночью, будет располагаться выше от границы раздела вода–лед, чем флора, вмерзающая весной или ранним летом. Положение зимнего слоя диатомовых будет зависеть

от того, где и как происходит процесс ледообразования: на открытой воде или подо льдом, прошедшим одну или несколько стадий развития. В первом случае скорость формирования льда максимальна (за зиму образуется лед толщиной 1,5–2 м), и слой диатомовых, включенный в кристаллическую структуру осенью или в начале зимы, окажется у самой поверхности. Во втором – скорость нарастания льда ниже: под 2-метровым льдом за зиму нарастает 69 см льда [Мельников, 1979], и диатомовый пласт будет находиться значительно глубже, в слоях, где температура существенно выше, чем у поверхности льда (см. рис. 5). В обоих случаях те клетки, которые оказываются в слоях, расположенных близко к морской поверхности, сохраняют способность к делению, что подтверждается вышеприведенными результатами культивирования водорослей, и, наоборот, диатомовая флора, попадающая в зону действия низких температур, погибает.

Автохтонная флора – зеленые водоросли – постоянные обитатели льда. Их расселение по вертикали происходит сверху вниз. Механизм этого процесса пока не совсем ясен, однако, вероятнее всего, он проходит таким образом.

С повышением температуры (первый период) таяние постепенно охватывает верхние горизонты. Анализ текстур летнего льда позволил выявить множество каверн и мелких пор, заполненных талой водой. В этой внутрикристаллической воде развиваются зеленые водоросли, которые вместе с рассоловыми ячейками [Цуриков, 1976] при интенсификации процесса ледотаяния мигрируют вниз и заселяют, таким образом, нижние горизонты. Такой механизм расселения этой группы водорослей по вертикали характерен для летнего периода; зимой (третий и четвертый периоды) этот процесс прекращается.

Здесь уместно сказать об адаптации этой группы водорослей к низким температурам. Известно, что многие Chlorophyta образуют покоящиеся стадии при наступлении неблагоприятных условий, а улотриксовые водоросли с понижением температуры начинают накапливать запасные вещества (жиры, крахмал). Вполне возможно, что с наступлением похолодания выявленные нами виды зеленых водорослей образуют покоящиеся споры или накапливают запасные вещества и таким образом переносят условия полярной ночи. Контрольное культивирование этой группы водорослей из проб весеннего льда [Мельников, 1978] показало, что все виды Chlorophyta, развивавшиеся в летнем льду, сохранили способность к делению после того, как лед прошел зимнюю стадию развития.

Пути расселения автохтонной и аллохтонной флоры в толще льда направлены навстречу друг другу. Так, если диатомовый слой, включенный в структуру льда, будет постепенно подниматься снизу вверх, то слой зеленых водорослей будет двигаться ему навстречу, сверху вниз. Зная направление переноса льда в Арктическом бассейне и скорости процессов его таяния и образования, можно рассчитать время выхода диатомового слоя на поверхность в соответствующей географической зоне.

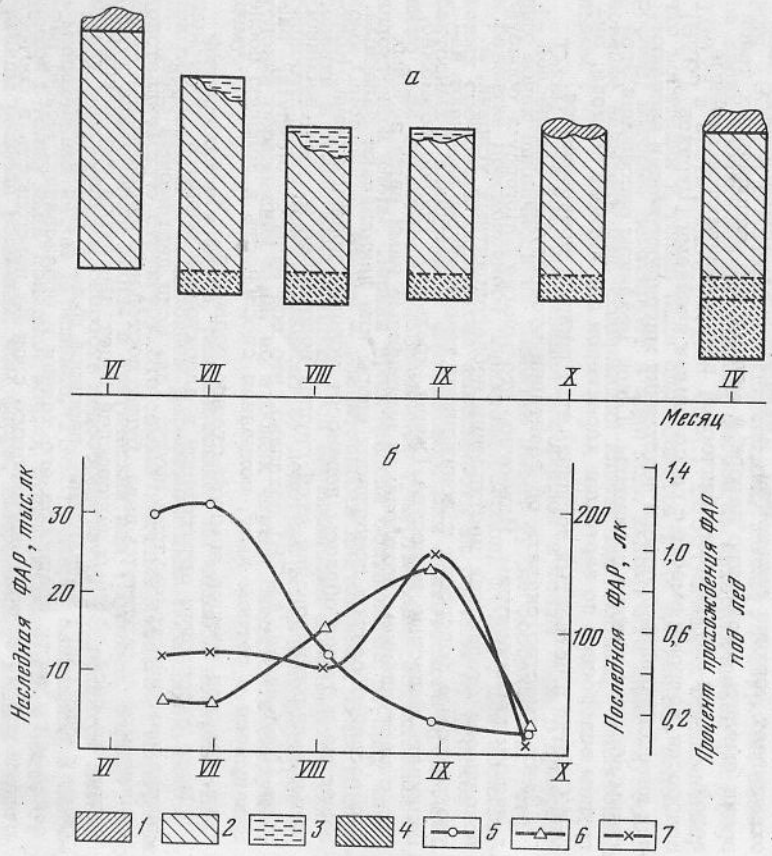


Рис. 6. Изменение толщины льда (*а*) и его влияние на прохождение фотосинтетически активной радиации (ФАР) (*б*). СП-23, лето 1977 г.

1 – снег; *2* – многолетний лед; *3* – талая вода снежниц; *4* – молодой лед; *5* – падающая ФАР; *6* – проходящая сквозь лед ФАР; *7* – прохождение ФАР под лед, в % к падающей

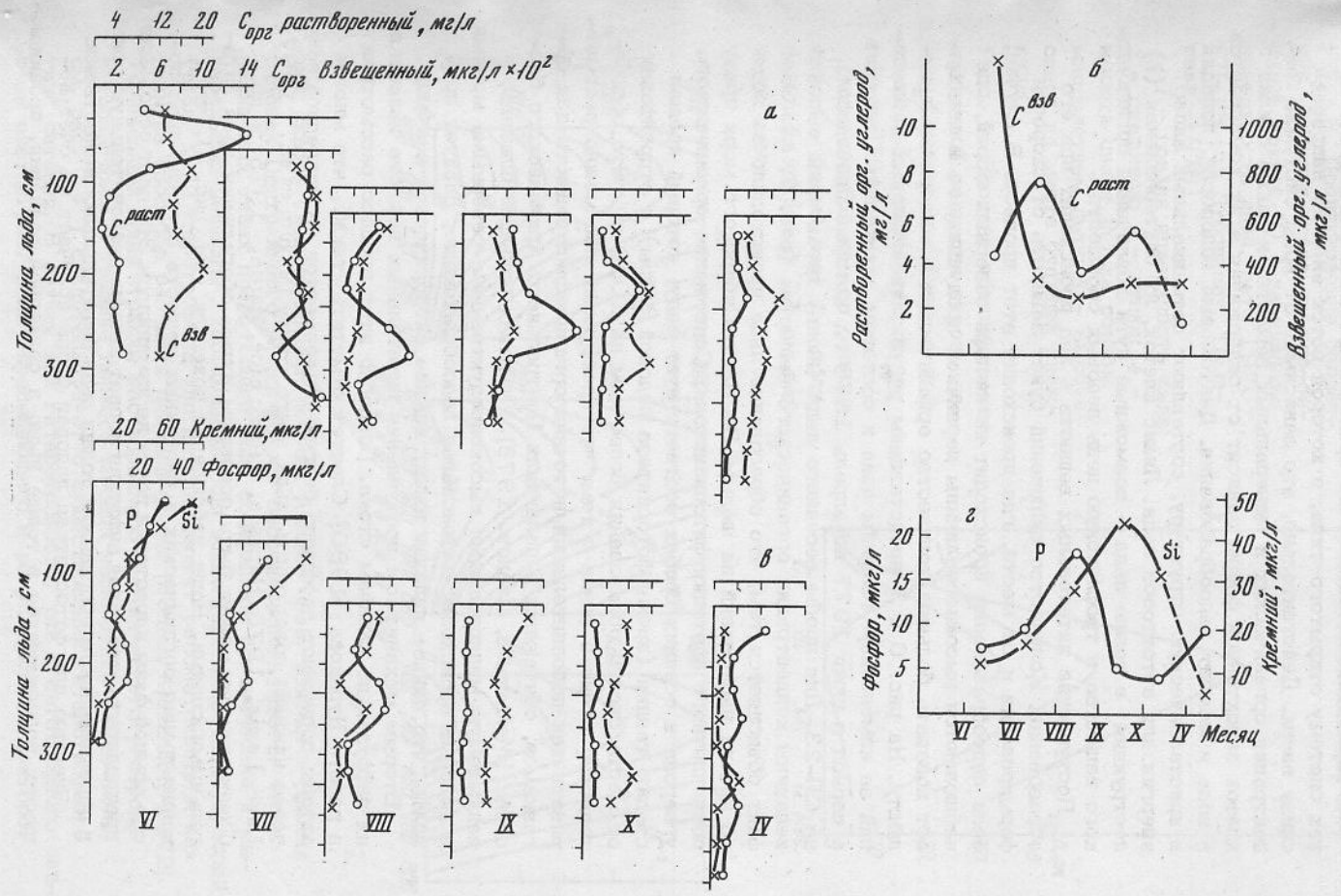


Рис. 7. Распределение растворенного и взвешенного органического углерода (*а*, *б*) и минеральных форм кремния и фосфора (*в*, *г*) в толще многолетнего льда, СП-23, 1977-78 гг. все значения для каждого горизонта приведены к одному уровню в соответствии с изменением толщины льда при его таянии и образовании. На рис. *б* и *г* даны средние значения каждой из концентраций во времени для всей толщи льда

С термодинамической точки зрения лед можно рассматривать как систему открытого типа, в которой поток энергии направлен снизу вверх. Действительно, это зависимая от воды система: концентрация органических и минеральных веществ, а также обилие клеток аллохтонной флоры зависят от содержания этих компонентов в воде в момент ледообразования. Диатомовые водоросли, попадая в кристаллическую структуру, составляют потенциальный запас энергии для автохтонов льда. Лизис клеток, их бактериальная (?) деструкция в толще льда – возможные пути вовлечения органического вещества в трофическую цепь ледовых сообществ.

Поступление питательных веществ в лед происходит при его образовании. Количество включений будет зависеть от скорости формирования и от места, где происходит этот процесс. В случае, если ледообразование происходит на шельфе северных морей, где наблюдаются высокие величины первичной продукции, то в лед будет попадать большое количество органических и минеральных веществ. На рис. 6 и 7 представлены результаты сезонных наблюдений за изменением толщины льда и составом питательных веществ в период с июня 1977 по апрель 1978 г., которые проводились на СП-23. Для пробы весеннего льда (июнь) характерны высокие величины концентрации органического вещества (рис. 7, *а*). Этот факт объясняется тем, что образование льда происходило за год до начала наблюдений на шельфе Восточно-Сибирского моря сразу после летнего цветения фитопланктона. Содержание органического углерода в осенних пробах соответствует льду, который прошел стадию таяния (время фотосинтеза ледовой флоры) и отдрейфовал от места своего образования более чем на 1000 км. Это обстоятельство важно в связи с тем, что дрейфующий лед можно рассматривать как дополнительный источник органических веществ для организмов, обитающих в пелагиали Центрального Арктического бассейна [Мельников, Павлов, 1978]. Учитывая большую площадь, занимаемую мелководными высокопродуктивными северными морями, в которых происходит интенсивное ледообразование, следует признать, что данное явление имеет важное экологическое значение.

Вторым механизмом поступления питательных веществ является их диффузия по каналам стока. Подробно этот процесс рассмотрен в работе Цурикова [1980]. Следует отметить также, что многие авторы допускают диффузию биогенных элементов из подледной воды через нижнюю поверхность льда в его толщу [Meguro et al., 1967; Lake, Lewis, 1970; Harrison, 1965; Eide, Martin, 1975; и др.]. Однако она не может быть основным путем обогащения льда питательными солями. Наши наблюдения показали (см. рис. 7), что концентрация органических и биогенных веществ в толще льда после зимней фазы нарастания почти не изменилась. Это дает основание предполагать, что такая диффузия играет весьма незначительную роль в дополнительном обогащении толщи льда питательными веществами.

Энергию для фотосинтеза ледовая флора получает за счет веществ, содержащихся в толще льда, и солнечной радиации, проникающей сквозь снежно-ледяной покров. Анализ проб, взятых в разных районах Центрального Арктического бассейна, показывает, что в различных типах дрейфующего льда содержатся органические и минеральные вещества, необходимые для жизнедеятельности водорослей (табл. 1). Гетеротрофный тип питания может рассматриваться как один из способов развития ледовой флоры [Horner, Alexandet, 1972]. Уменьшение концентрации растворенного органического углерода в толще льда в течение первого месяца наблюдений (июнь–июль, см. рис. 7,*а*)) свидетельствует о существовании гетеротрофного типа питания. В случае как гетеротрофного, так и автотрофного синтеза свет играет роль определяющего и регулирующего фактора.

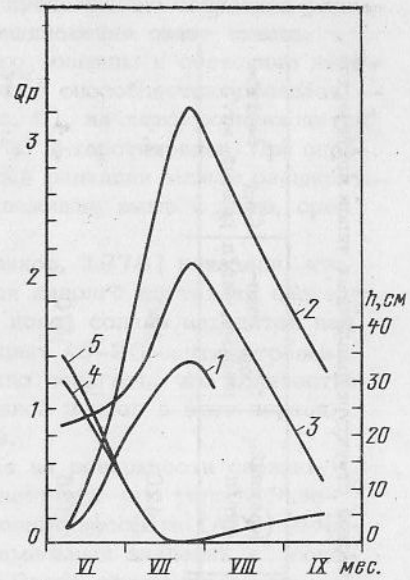


Рис. 8. Проникновение солнечной радиации через снежно-ледяной покров (Q_p) на нижнюю поверхность льда, лето 1970 г., СП-18 [по Дубовцеву, Тимереву, 1976].

1 – ровная поверхность льда; *2* – снежница; *3* – лунка; *4* – высота снега (h) на ровном многолетнем льду; *5* – высота снега на месте будущей снежницы

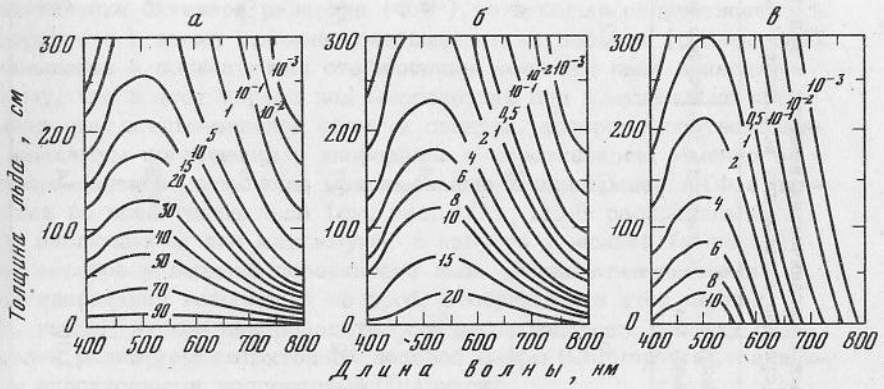


Рис. 9. Процент проникновения солнечной радиации сквозь ледовый покров как функция толщины льда [по Maykut, Greenfell, 1975]

а – голубой лед со снежницей; *б* – белый лед; *в* – голубой лед, покрытый 25 см тающего снега

Таблица 1

Содержание минеральных и органических веществ в кристаллической структуре различных типов арктического дрейфующего льда (средние данные для всей толщи льда)

Координаты, дата отбора пробы	Мощность льда, см	Соленость, ‰	Фосфор, мкг/л	Кремний, мкг/л	$C_{орг}$ взвешенный, мкг/л	$C_{орг}$ растворенный, мг/л
13.04.76 84°15′ с.ш., 119°00′ з.д	68	11	21	420	100	2,4
13.04.76 84°28′ с.ш., 95°18′ з.д	202	6	3	25	70	2,4
23.04.76 81°10′ с.ш., 1°20′ в.д.	40	4	4	18	90	2,1
24.04.76 83°33′ с.ш., 140°59′ з.д.	120	27	50	13	120	2,1
24.04.76 83°33′ с.ш., 141°05′ з.д.	20	9	22	115	51	2,8
24.04.76 84°07′ с.ш. 30°00 в.д.	130	3	4	10	35	1,9
27.04.76 83°30′ с.ш., 53°00′ в.д.	130	4	2	3	180	2,4

На рис. 9 представлены данные по прохождению солнечной радиации сквозь льды различных типов. Проникновение света сквозь одно- и многолетний лед зависит от его толщины и состояния ледовой поверхности. Наибольшей проникающей способностью обладает излучение в области 430–550 нм (рис. 9), на которую приходится и максимум поглощения у хлорофилла "а" и каротиноидов. При определенных условиях диапазон проникающей радиации может расширяться до 400–800 нм; области спектра, лежащие выше и ниже, срезаются тонким слоем льда.

Наши наблюдения на СП-23 [Мельников, 1978] показали, что проникновение света под лед начинается задолго до таяния снега (в апреле) и продолжается еще тогда, когда солнце находится над горизонтом на высоте 0–5°, а лед покрыт 15–20-сантиметровым слоем снега (середина сентября). Можно полагать, что количество света, проходящего сквозь снежно-ледяной покров в этот период, достаточно, чтобы проходил фотосинтез.

Вегетация ледовой флоры начинается на поверхности снежно-ледяного покрова и постепенно охватывает всю его толщу. Эквивалентная биомассе концентрация аденозинтрифосфата (АТФ) [Holm-Hansen, Booth, 1966] достигает максимальных значений в июне-июле в верхних горизонтах (рис. 10). После стаивания сверху более 1 м льда (осень) наблюдается высокое прохождение фотосинтетически активной радиации (ФАР), хотя общая облученность поверхности к этому времени уменьшается на порядок (см. рис. 6,*б*). Уменьшение и последующая стабилизация толщины льда приводят к тому, что в этот период под многолетний лед максимально проникает свет желто-зеленой области спектра, которому соответствует максимум поглощения у хлорофилла и каротиноидов. Именно в августе-сентябре отмечены максимальные концентрации АТФ и пигментов во всей толще льда (см. рис. 10,*в*, *г*). В распределении АТФ наблюдаются два максимума: в августе у нижней (морской) и в сентябре у верхней поверхности льда. Располагая данными культивирования водорослей из проб, отобранных в этот период (см. выше), можно предполагать, что рост биомассы наверху обусловлен развитием автохтонной ледовой флоры (Chlorophyta), а внизу – аллохтонными водорослями (Diatomea).

Анализ распределения средних значений концентрации АТФ и пигментов по всей толще льда (среднее из определений концентрации на 7–9 горизонтах) показал, что высокое содержание АТФ и пигментов, наблюдавшееся в июне, несколько уменьшается в июле. Так как наблюдения были начаты в середине июня (максимальная высота солнца, прохождение ФАР под лед составляет 0,28% падающей на поверхность радиации; рис. 6, *б*), возможно, что высокие концентрации в это время были вызваны летней вспышкой развития ледовой флоры в верхних горизонтах. Последующее стаивание сверху уничтожило эти слои, и наблюдавшееся в августе-сентябре увеличение концентрации АТФ и пигментов во льду было следствием осеннего "цветения" флоры.

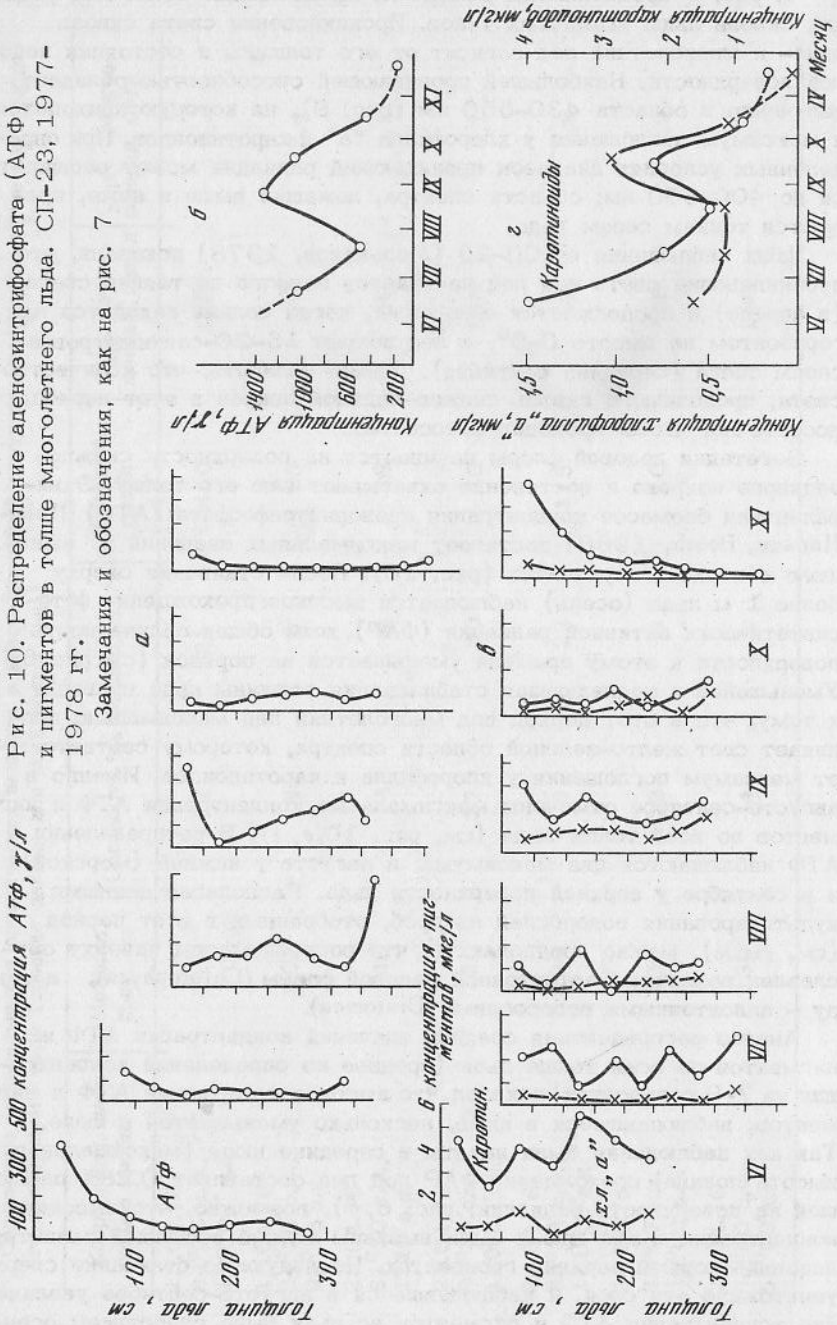


Рис. 10. Распределение аденозинтрифосфата (АТФ) и пигментов в толще многолетнего льда. СП-23, 1977-1978 гг.

Замечания и обозначения, как на рис. 7

С наступлением похолодания в октябре (четвертый период – полярная ночь) фотосинтез заканчивается; по всей толще льда наблюдается уменьшение концентрации АТФ и пигментов, и их содержание остается стабильным до весны (см. рис. 10).

БИОТОП МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛЬДА

Лед с момента формирования до выноса его в Северную Атлантику контактирует с поверхностной арктической водой. С ней связаны все фазы ледотаяния и ледообразования. В разных районах эти процессы подвержены воздействию как метеорологических факторов, так и особенностей гидрологического и гидрохимического режима поверхностных вод. Поэтому знание физико-химических свойств последних важно для понимания особенностей условий обитания различных организмов у морской поверхности льда и на ней. Основные сведения по гидрохимической и гидрологической характеристике поверхностных и подповерхностных арктических вод даны в работе Русанова [1980]. Здесь мы остановимся на некоторых из них.

В Амеразийском суббассейне поверхностные воды формируются под влиянием водообмена с Беринговым морем и речного стока, а также процессов таяния и образования льда. Постоянное вертикальное конвективное перемешивание, усиливающееся зимой, способствует поступлению в этот слой питательных веществ и из подстилающей поверхностные воды промежуточной (тихоокеанской) прослойки, содержащей высокие концентрации биогенных элементов [Русанов, 1980]. Мощность поверхностного слоя меняется с трансформацией вод от побережья Восточно-Сибирского моря к географическому полюсу и побережью Канадской Арктики и составляет 0–50 (75) м. Средние значения некоторых его характеристик, по данным многолетних наблюдений [Русанов, 1980] таковы: S, ‰ – 30,58 ÷ 30,87; T, °C – –1,68; Si, мкг/л – 290–340; P, мкг/л – 26 ÷ 33; O_2, мкг-ат/л – 0,82 ÷ 0,79; O_2, % насыщения – 100 ÷ ÷ 104; pH – 8,19 ÷ 8,21.

Гидрохимические характеристики этих вод и особенно верхнего подстилающего лед слоя подвержены значительной сезонной изменчивости [Русанов, 1980; Мельников, Павлов, 1978]. В табл. 2 даны результаты наблюдений за контактным слоем вода-лед (0–20 см), проводившихся на СП-23 в 1977 г. во время водолазных работ. Особенно заметны флуктуации характеристик в период ледотаяния, когда талые воды дренируют под лед. Их распространение и смешение с поверхностными арктическими водами продолжается все лето и определяется главным образом формой ледовой поверхности. Как показал Грищенко [1976], макрорельеф накладывает существенный отпечаток на распределение талых пресных вод. Они скапливаются там, где лед более тонкий, а рельеф более ровный.

Здесь уместно отметить одну интересную особенность условий обитания криобионтов морской поверхности льда.

Таблица 2

Сезонная изменчивость гидрохимических характеристик подстилающего лед контактного слоя вод. СП-23, 1977 г.

Характеристика	Дата наблюдений									
	7.07	20.07	23.07	26.07	26.07	27.07	4.08	28.08	24.09	9.10
Соленость, ‰	28,55	30,01	28,60	15,44	29,23	28,69	29,76	22,45	30,27	29,67
Фосфор, мкг/л	28	37	35	52	54	15	26	16	8	19
Кремний, мкг/л	410	570	390	460	450	480	420	310	310	250

Как видно из табл. 2, диапазон солености у поверхности льда очень широк (15,44–30,73 ‰), поэтому, видимо, большинство обитающих здесь организмов должны быть эвригалинными. Наши водолазные наблюдения подтверждают это. Так, например, 26 июля у льда соленость составляла 15,44‰. В пробе планктона, собранной у самой ледовой поверхности, были обнаружены несколько десятков копепод (*Calanus glacialis*, *Pseudocalanus* sp.) и амфипод (*Apherusa glacialis*). Спустя сутки, 27 июля, после начала сильного дрейфа, когда произошла резкая смена гидрологической обстановки (соленость 29,23‰), все выявленные ранее виды были вновь встречены у льда. Это касается и рыб. Во время погружений неоднократно удавалось наблюдать одиночные экземпляры и стайки полярной тресочки *Boreogadus saida* в распресненном слое и переходы особей этого вида из пресных в более соленые слои. Особенно показательно наблюдение за собственно криофильной фауной, основные доминирующие виды которой *Gammarus wilkitzkii* и *Mysis polaris* постоянно встречались на морской поверхности льда во всем диапазоне солености, наблюдавшейся в летний период.

В равной мере это относится и к криофитам, вегетирующим на морской поверхности льда и в первую очередь к скоплениям диатомовых водорослей, которые обитают вдоль кромки трещин и разводий в условиях максимальной опресненности (рис. 11). Это главным образом *Melosira arctica*, образующая плотные колонии в виде длинных (до 1,5 м) шлейфов, и сгустки планктонных диатомей (*Fragilaria* sp., *Nitzschia* sp., *Gomphonema* spp. и др.) диаметром до 15–20 см, которые часто можно было наблюдать в кавернах и трещинках, формирующих микрорельеф нижней поверхности льда. Распреснение тонкого контактного слоя не сказывалось на фотосинтезе. Содержание пигментов оставалось высоким в клетках обоих жизненных форм водорослей при всех изменениях солености (в обрастаниях на льду содержание хлорофилла "а" в расчете на 1 мл суспензии водорослей – 6400 мкг, каротиноидов – 380 мкг, а в планктонных сгустках – 717 и 944 мкг соответственно).

Очевидно, таким образом, что эвригалинность – одно из характерных свойств криобионтов, обитающих на морской поверхности льда. Вторым таким свойством является стенотермность.

Как отмечалось выше, лед "термостатирует" поверхностные арктические воды. Изотермия – одно из характерных особенностей этих вод. Сезонный температурный градиент, отмеченный летом 1975 г. на СП-22, составлял всего 0,2°С [Мельников, 1976]. В другие годы его величина также была незначительной [Русанов, 1980]. Вероятно, температурный диапазон, в котором развиваются криобионты на морской поверхности льда, не превышает 1°С.

Концентрация биогенных элементов в поверхностных водах остается все время высокой (см. табл. 2). Подток питательных веществ, как уже говорилось, происходит постоянно из нижележащих тихоокеанских промежуточных вод, богатых фосфором и кремнием. Поступление этих веществ осуществляется либо в результате конвективного перемешивания, либо в результате возникновения локальной дивергенции [Clarke, 1978], вызываемой частой, а иногда и резкой сменой направления дрейфа льдов. Наблюдения, проводившиеся на СП-22 в 1975 г., показали, что в июне–августе происходит активное перераспределение биогенов между поверхностными и подповерхностными арктическими водами [Мельников, Павлов, 1978].

Таким образом, можно заключить, что наблюдаемые изменения солености, температуры, а также величин концентрации биогенных элементов в пределах контактного слоя вода–лед существенно не лимитируют развитие криобионтов. Основные фактором, лимитирующим вегетацию в данном криобиотопе, является свет.

Как уже говорилось, проникновение потока лучистой энергии через снежно-ледяной покров – один из самых сложных и неравномерных процессов в Арктическом бассейне. Общая солнечная радиация, проходящая сквозь лед, зависит от его толщины, состояния поверхностей и высоты солнца [Дубовцев, Тимерев, 1976]. Показано, что снег сильно влияет на прохождение света: по подсчетам Смита [Smith, 1973], количество падающей солнечной радиации, проходящей сквозь лед, покрытый 30-сантиметровым слоем снега, уменьшается в $5 \cdot 10^3$ раз, а без снега – в $3 \cdot 10^3$ раз.

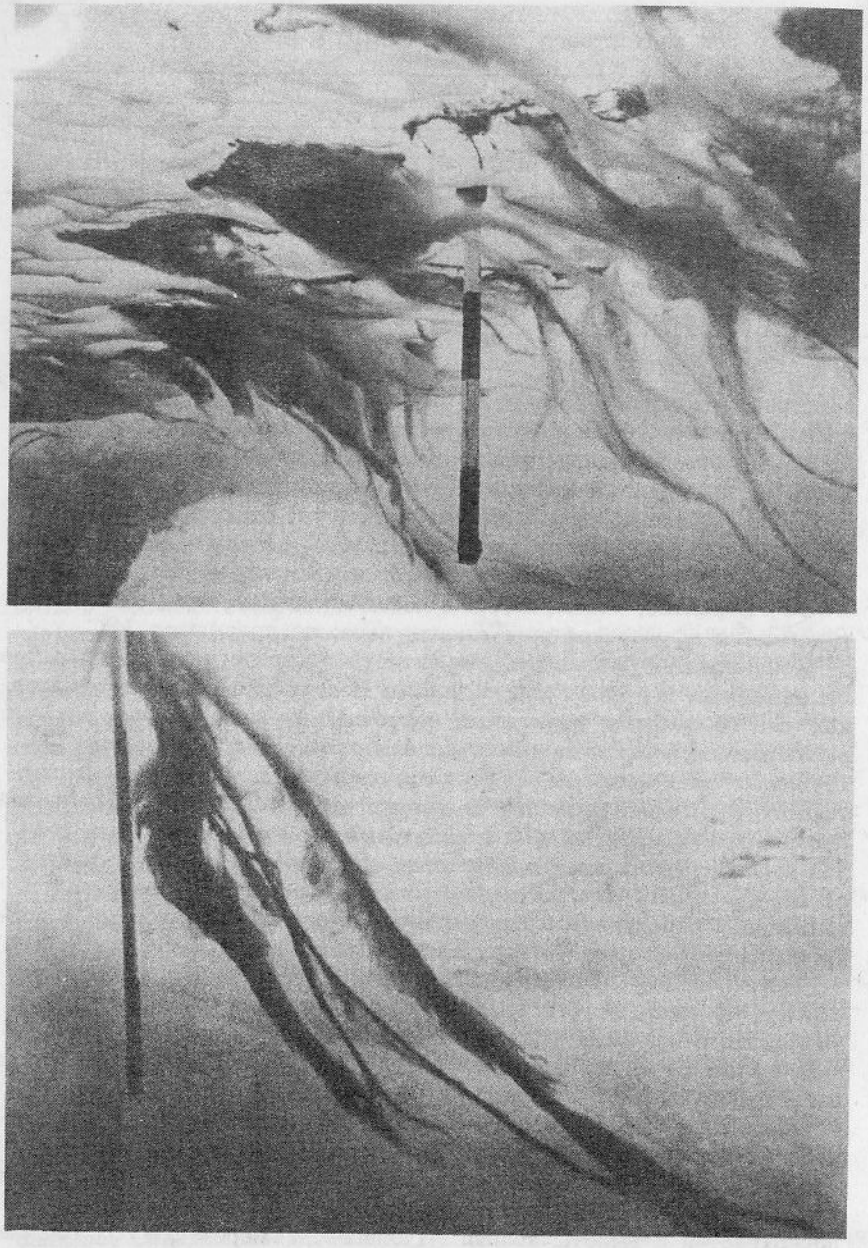


Рис. 11. Скопление колониальных диатомовых (*Melosira arctica*) на нижней поверхности дрейфующего арктического льда. Цена деления на масштабной рейке 1 дм

а – СП-22, июнь 1974 г., 79° с.ш., 179° в.д., однолетний лед (2 м). Фото В.Д. Грищенко; *б* – СП-23, август 1977 г., 82° с.ш., 156° в.д., однолетний лед (1,5 м). Фото автора

Проникновение лучистой энергии под лед начинается уже при минимальных высотах солнца (середина апреля) и продолжается до конца сентября [Мельников, Циновский, 1978; Мельников, 1978], причем вначале ее проникновение не везде равномерно: наиболее освещенные участки – места, где лед покрыт тонким слоем снега и его толщина минимальна. Показательно, что даже при небольших высотах солнца в апреле и сентябре свет проходит сквозь многолетний лед. Это дает нам основание предполагать, что продолжительность светового периода (и, вероятно, фотосинтеза) подо льдом составляет около пяти месяцев.

В табл. 3 приведены данные измерений ФАР, проходящей сквозь многолетний лед, полученные при водолазных наблюдениях на профиле длиной 50 м в десяти точках, соответствующих различным формам рельефа и толщинам льда (лето 1977 г., СП-23). Все измерения проведены на одном и том же месте и в одних и тех же точках профиля. В надводном и подводном (у самой поверхности льда) положениях лучистую энергию измеряли датчиком с селеновым фотоэлементом с корректирующим фильтром под область спектра 400–800 нм. Из данных следует, что сквозь лед проходит менее 1% радиации, падающей на поверхность снежно-ледяного покрова, что соответствует результатам, полученным в Антарктике (0,1–1%) для льда толщиной 3 м [Bunt, Lee, 1970]. Максимум проникновения радиации приходится на август, когда сверху стаивает весь снежный покров и около 120 см льда. Интересно отметить, что в конце сентября, когда солнце находилось у самого горизонта, прохождение ФАР было лишь вдвое меньшим, чем в конце июня, при максимальной высоте солнца. Это один из характерных примеров регуляции системы льда по отношению к действию факторов окружающей среды: с уменьшением высоты солнца количество солнечной радиации, проходящей под лед, возрастает за счет уменьшения его толщины. Обращает на себя внимание низкий уровень освещенности подо льдом: 160 лк в период максимального прохождения ФАР и 3,5 лк в период минимального (конец сентября).

По мере прохождения солнечного излучения сквозь снежно-ледяной покров меняется не только количество света (см. табл. 3), но и его спектральный состав (см. рис. 9) и, вероятно, световой оптимум у криофильной флоры следует за всеми изменениями потока лучистой энергии в течение всего сезона.

Считается [Steemann-Nielsen, Jorgensen, 1969], что световая адаптация фитопланктона состоит в изменении в клетках количества ферментов и хлорофилла "а". Кобленц-Мишке с соавторами [1975] показала, что с увеличением глубины, а следовательно, и с уменьшением облученности, с одной стороны, идет перестройка пигментной системы у одних и тех же видов водорослей, с другой – смена состава фитопланктеров на виды, имеющие другой набор пигментов. При этом в пигментном аппарате клеток уменьшается доля хлорофилла "а" и возрастает роль каротиноидов, у которых область поглощения сдвинута в зеленую часть спектра. Как видно из рис. 9,

Таблица 3

Прохождение фотосинтетически активной радиации (лк) сквозь многолетний лед (лето 1977 г., СП-23). Пояснения в тексте

Отметка на горизонтальном профиле (через 5 м)	Дата измерений					
	19.06		29.06			
	НД*	ПД**	НД*	ПД**		
5	29 000	2	23 400	71		
10	25 500	76	23 400	21		
15	27 000	65	23 400	31		
20	26 600	52	27 800	30		
25	27 000	24	31 200	40		
30	29 500	28	31 600	154		
35	28 000	203	47 000	140		
40	-	-	35 600	155		
45	28 000	215	24 000	156		
50	28 800	45	42 000	34		
Среднее	2 800	79	30 800	84		
Прохождение, %	0,28		0,27			

Дата измерений					
04.08		28.08		24.09	
НД*	ПД**	НД*	ПД**	НД*	ПД**
13 000	93	1700	22	2800	5
12 000	5	1700	4	2800	5
12 300	16	1700	8	2800	4
12 300	90	1700	21	2800	6
12 300	117	1600	18	2700	4
12 300	60	1600	353	2700	2
12 300	98	1600	353	2700	2
11 100	130	1700	447	2600	2
12 300	70	1700	411	2600	2
12 300	78	1700	18	-	-
12 100	75	1700	160	2800	3,5
0,62		0,94		0,13	

* – надводное положение фотопиронометра, ** – подводное положение фотопиронометра подо льдом на отметках профиля через каждые 5 м.

это та часть спектра, которая наиболее свободно проходит через лед.

Наблюдения за фотосинтезом фитопланктона на СП-23 летом 1977 г. в слое 0–50 м позволили выявить характерные особенности развития пигментной системы водорослей на всех стадиях сукцессии криофитоценоза. Оказалось, что в течение всего сезона в контактном слое вода-лед (в слое максимальной облученности) доля хлорофилла "а" выше, чем каротиноидов, и что относительное количество последних возрастает с глубиной. Таким образом, адаптация криофитов к низкому уровню освещенности позволяет им более эффективно использовать лучистую энергию, проходящую сквозь ледяной покров.

Как известно, для фотосинтеза важна не интенсивность падающей радиации, а количество света. Для диатомовых водорослей установлена закономерность постоянства количества энергии, требующейся для фотосинтеза, независимо от продолжительности фотопериода [30–50 кал·см$^{-2}$·сек$^{-1}$; Финенко, 1978]. Начало светового насыщения поверхностного фитопланктона в высоких широтах

достигается в среднем при 5·10^{-4} кал·см$^{-2}$·сек$^{-1}$. Исходя из данных о суммарной падающей радиации на поверхность снежно-ледяного покрова, а также о степени ее проникновения сквозь многолетний лед в течение полярного дня, можно подсчитать количество ФАР, проходящей под дрейфующий лед на единицу поверхности и времени в Центральном Арктическом бассейне. Расчет проведен на основании результатов, полученных на СП-22 в 1975 г. и на СП-23 в 1977 г. (табл. 4). Из этих данных следует, что фотонасыщение диатомовой флоры, вегетирующей у морской поверхности льда, начинается уже в апреле и сохраняется до октября, т.е. фотосинтез длится не менее 5 месяцев. Максимум ФАР приходится на июль-сентябрь. В этот период наблюдается максимум первичной продукции в поверхностных арктических водах (рис. 12). Несмотря на отсутствие темновой стадии в период развития водорослей в течение полярного дня, величина первичной продукции здесь в целом оказывается значительно меньшей, чем в прибрежных бореальных водах (табл. 5).

Как отмечалось выше, флора на морской поверхности льда имеет

Таблица 4

Количество фотосинтетически активной радиации (ФАР), приходящееся на единицу поверхности льда в разное время года. Пояснения в тексте

Показатель	Месяц							
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Падающая радиация, кал·см$^{-2}$·сек$^{-1}$	0,59	0,87	1,22	1,13	4,0	6,0	2,5	0,7
Прохождение ФАР под лед, %	0,01	0,05	0,10	0,28	0,27	0,62	0,94	0,13
Количество ФАР, проходящее под лед, кал·см$^{-2}$×сек$^{-1}$·10^{-4}	0,59	8,7	12,2	31,0	108,0	372,0	232,0	9,1

Таблица 5

Первичная продукция под 1 м^2 в зонах Центральной Арктики и северных морей (по C^{14})

Район	Первичная продукция, мг С·м$^{-2}$·день$^{-1}$	Автор
Центральный Арктический бассейн, Т-3, лето 1957 г. (вода в разводьях)	5 ÷ 6	English, 1961
Беринговo море (вода подо льдом)	15-21	McRoy, Goering, 1974
Чукотское море		
зима	6	Matheke, Horner, 1974
лето	684	
Море Бофорта, м. Барроу, лето	55-180	Alexander, 1974
Центральный Арктический бассейн, СП-23, лето 1977 г. (вода подо льдом)	0,3-0,5	Мельников, 1979.

Рис. 12. Первичная продукция (по C^{14}) в поверхностных арктических водах, лето 1977 г., СП-23 (май – октябрь)

две жизненные формы: 1 – скопления колониальных диатомовых (главным образом *Melosira arctica*) в виде длинных шлейфов, достигающих в длину нескольких десятков сантиметров (см. рис. 11), и 2 – сгустки планктонных диатомовых, среди которых доминируют виды родов *Fragilaria*, *Nitzschia* и *Gomphonema*.

Для обоих образований характерна мозаичность распределения. Развитие колониальных диатомей приурочено в основном к трещинам и разводьям, т.е. к наиболее освещенным местам. Известно, что у края шельфового и, вероятно, дрейфующего льда образуются зоны подъема вод, возникающие в результате флуктуаций течений [Clarke, 1978]. Вполне возможно, что именно высокая освещенность и активное поступление питательных веществ у края льда обусловливают образование таких мощных колоний. Распределение планктонных диатомей определяется в основном особенностями микрорельефа льда и подледными течениями. Сгустки планктонных форм скапливаются обычно в трещинах и кавернах, причем их образование происходит наиболее интенсивно в период таяния [Грищенко, 1976]. Развитие флоры в таких углублениях прекращается осенью с наступлением темнового периода и времени интенсивного нарастания льда. Интенсификация процесса ледообразования приводит к "захвату" комочков диатомовых в кристаллическую структуру. Появление коричневых комков этих водорослей (причем мертвых клеток) на поверхности тающих льдов – факт, неоднократно отмечавшийся в литературе, – есть следствие этого процесса.

Обе жизненные формы криофитов, несомненно, играют важную роль в создании первичной продукции в этом биотопе, на что указывает высокое содержание пигментов в их скоплениях.

С морской поверхностью льда экологически связана криопелагическая фауна, в состав которой входит около 50 видов животных, относящихся к Foraminifera, Rotatoria, Nematoda, Polychaeta, Chaetognatha, Copepoda, Mysida, Isopoda, Amphipoda, Decapoda, Pteropoda и Appendicularia [Мельников, Куликов, 1980].

Эта фауна может быть подразделена на две экологические группировки: 1 – автохтонная криопелагическая фауна, весь жизненный цикл которой связан с поверхностью льда (*Gammarus wilkitzkii*,

Mysis polaris, Derjuginia af. *tolli, Harpacticus superflexus, Tisbe furcata*), и 2 – аллохтонная криофауна, у которой со льдом связана только часть жизненного цикла (*Apherusa glacialis, Metopa longirama, Neupleustes* sp., *Pseudalibrotus nanseni, P. glacialis, Gammaracanthus loricatus*).

Помимо ракообразных, в криопелагическом биоценозе постоянно встречаются по крайней мере два вида рыб на всех возрастных стадиях [*Boreogadus saida* и *Arctogadus glacialis*; Андрияшев и др., 1980]. Поимка двух экземпляров *Liparis koefoedi* в непосредственной близости у льда над глубинами 2 км [Циновский, Мельников, 1979] позволяет полагать, что и этот вид связан с морской поверхностью дрейфующих льдов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Арктическом бассейне дрейфующий лед представляет собой систему, которая реагирует на любые изменения температуры воздуха изменением толщины. Чем ниже температура, тем с большей скоростью идет нарастание, а следовательно, увеличение мощности льда, и наоборот, с повышением температуры скорость ледообразования уменьшается и постепенно за счет таяния сверху уменьшается его толщина. Такое изменение толщины льда способствует сохранению температуры поверхностных вод постоянной. Это одно из самых характерных свойств льда в Арктическом бассейне, которое в определенном смысле можно сравнить с ролью кожи у теплокровных животных.

Несмотря на то, что для толщи льда и его снежно-ледяной поверхности характерны высокие перепады температуры (сезонный градиент достигает 30–40° у верхней и 5–10°С у нижней поверхности), криофилы – узкостенотермные организмы. Как снежная, так и ледовая флора переживает холодный период полярной ночи, образуя споры и цисты. Образование вегетативных клеток происходит в светлый период, когда температура воздуха заметно повышается. Деление клеток организмов снежной флоры (например, *Chlamidomonas nivalis*) происходит при температуре не выше плюс 0,5°, т.е. при максимальной температуре талой воды на поверхности льда, а образование спор, вероятно, – при температуре ее замерзания, т.е. около 0°С. Это в полной мере касается и ледовой флоры, у которой вегетация также проходит в диапазоне около 1°С.

Все криобионты снега и льда существуют за счет энергии, аккумулированной в питательных веществах, поступающих в систему из морской воды и ФАР. Действительно, в периоды образования и роста льда в его кристаллическую структуру включаются все имеющиеся в данный момент в морской воде растворенные органические и минеральные компоненты, а также частицы взвеси и микроорганизмы. Количество включений зависит от времени и места формирования льда: в случае его образования на шельфе северных морей,

воды которых отличаются высоким содержанием органических и биогенных веществ, он будет носителем высоких концентраций этих компонентов. И, напротив, лед, образующийся в течение полярной ночи в открытых водах Центральной Арктики, когда фотосинтез отсутствует и происходит активная деструкция органики, будет содержать низкие концентрации органического вещества. С термодинамической точки зрения арктический лед – система открытого типа, в которой основной поток энергии направлен снизу вверх (рис. 13).

Как для самого льда, так и для граничного слоя лед–вода характерен специфический состав криобионтов. Несмотря на подвижность и сезонную физико-химическую изменчивость льда, он сохраняет постоянство населяющих его организмов в пространстве и времени. Эта особенность позволяет рассматривать лед как целостную экологическую систему, в которой между криобионтами и криобиотопом существует обратная связь. Ее проявление можно видеть в следующем.

С одной стороны, экстремальные условия существования во льду определяют развитие только наиболее резистентных к резким перепадам температуры и освещенности криофитов (Chlorophyta и Cyanophyta). С другой – в результате развития криофитов изменяется лед, он становится более мокрым, рыхлым, вязким и менее прозрачным, а в его кристаллической структуре образуются поры и каверны, заполненные талой водой (очаги скопления водорослей, детрита, рассола).

В распределении организмов, биотопически связанных со льдом, наблюдается вертикальная зональность. Для его толщи и обеих граничных поверхностей характерен специфический состав фауны и флоры, развитие которых определяется действием факторов внешней среды. При переходе от снежно-ледяного покрова через толщу льда к его морской поверхности меняется качественный состав криобионтов. На поверхности развивается снежная флора, в которой доминирующую роль играют *Chlamidomonas nivalis* и *Ancylonema* sp. В толще льда обитают Chlorophyta (главным образом представители рода *Chlorella* и нитчатые улотриксовые *Chlorhormidium subtile*). В слоях, пограничных с морской водой, развиваются диатомовые водоросли, которые затем при переходе в вышележащие слои (по мере роста льда) погибают. Морская граница льда – зона обитания планктонных и эпонтических [по терминологии Банта и Вуда; Bunt, Wood, 1963] водорослей и криопелагической фауны, в состав которой входит около 50 видов животных.

Первичная продукция, создаваемая этими водорослями, составляет первый трофический уровень экосистемы арктического дрейфующего льда. Потребители ледовой флоры – организмы криопелагической фауны – составляют второй трофический уровень. Основные его компоненты – представители двух экологических группировок: автохтоны – *Gammarus wilkitzkii, Mysis polaris, Derjuginia* af. *tolli, Tisbe furcata, Harpacticus superflexus* и аллохтоны – *Apherusa glacialis, Metopa longirama, Neopleustes* sp., *Pseudalibrotus nanseni,*

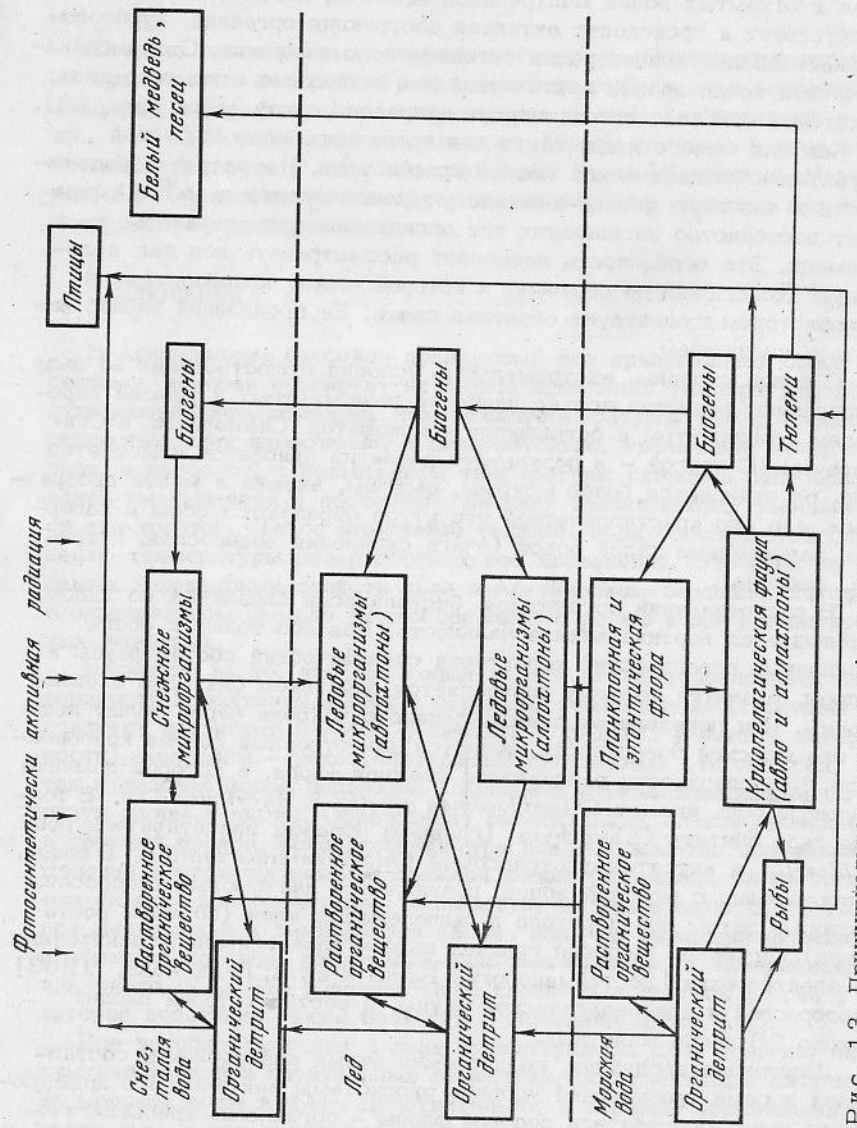


Рис. 13. Принципиальная схема трофических связей в экосистеме дрейфующего арктического льда

P. glacialis, *Gammaracanthus loricatus*. Виды третьей группировки, хотя и достигают в некоторых случаях высокой численности, видимо, играют незначительную роль в пищевой цепи криобиоценоза вследствие непродолжительного пребывания у поверхности льда.

Третий трофический уровень занимают рыбы, птицы и ластоногие.

Тресковые – *Boreogadus saida* и *Arctogadus glacialis* – основные потребители криофауны. Анализ содержимого желудков этих рыб, пойманных в районе Северного Полюса (Андрияшев и др., 1980), показал, что в их рацион входят различные ракообразные (главным образом амфиподы), большинство из которых было выявлено в составе криопелагической фауны. Третий вид, *Liparis koefoedi*, 2 экземпляра которого были обнаружены в непосредственной близости ото льда [Мельников, Циновский, 1978], видимо, трофически не связан с криофауной. В их желудках были обнаружены типичные планктонные виды *Heterorhabdus norvegicus*, *Augaptilus* spp. (Copepoda) и *Conchoecia* sp. (Ostracoda) [Цинковский, Мельников, 1980].

Авифауна центральной части Арктического бассейна насчитывает около 10 видов [Юдин, 1964]. В отчетах полярников наиболее часто отмечаются подорожник снежный, или пуночка (*Plectrophenax nivalis*), люрик (*Plautus alle*) и бургомистр или большая полярная чайка (*Larus hyperboreus*). Их появление в высоких широтах определяется наличием пространств чистой воды – полыней, разводий, трещин во льдах, – а следовательно, и кормов. По данным Белопольского [1957], люрики кормятся в открытом море, о чем свидетельствует нахождение в их зобах мизид и гаммарид. Пищевой спектр люриков насчитывает 16 видов ракообразных (в основном Copepoda, Mysidacea, Amphipoda, Hyperiidea, Decapoda, Euphausiacea) и несколько видов рыб [Головкин и др., 1972].

Кольчатый тюлень или нерпа (*Phoca hispida*) – самый массовый и обычный вид ластоногих среди дрейфующих льдов центральной части Северного Ледовитого океана. По данным Чапского (1940), нерпы кормятся главным образом ракообразными и рыбой. Из последних первое место принадлежит полярной тресочке, или сайке (*Boreogadus saida*), а из ракообразных чаще всего встречаются Amphipoda, Schizopoda, Decapoda, Cumacea, Mysidacea.

Наряду с нерпой среди дрейфующих льдов Центральной Арктики (вплоть до полюса) встречается морской заяц, или лахтак (*Erignathus barbatus*). О его питании известно главным образом по наблюдениям на мелководье, где лахтак питается моллюсками и ракообразными. Чапский [1938] сообщает о большой роли сайки в питании морского зайца. Можно полагать, что этот вид трофически связан также и с криопелагической фауной дрейфующего льда.

В зависимости от места и времени состав пищи у представителей третьего трофического уровня – тюленей и птиц – меняется и определяется в основном ее обилием. Так, весной в окраинных северных морях нерпа питается сайкой, которая в это время и составляет основную долю в ее рационе [Виноградов, 1949]. Данбар [Dunbar, 1941], исследуя содержимое желудков 57 нерп, установи-

ла, что летом их пища состоит преимущественно из ракообразных. У большинства обследованных особей в желудках были найдены *Themisto libellula*, *Mysis polaris* ?, *Pseudalibrotus nanseni*, *P. glacialis*, *Gammaracanthus loricatus* и другие виды, которые были обнаружены у льда [Мельников, Куликов, 1980]. Среди дрейфующих льдов Центральной Арктики, где стайные скопления тресковых редки, в рационе ластоногих, вероятно, преобладают ракообразные. В желудке нерпы, добытой в июле 1977 г. на СП-23 на 86° с.ш., удалось идентифицировать ракообразных – представителей криопелагической фауны – *Gammarus wilkitzkii*, *Mysis polaris*, *Apherusa glacialis*. Рыбы в желудке отсутствовали.

Четвертый трофический уровень в экосистеме дрейфующего арктического льда занимают белый медведь (*Thalassarctos maritimus*) и песец (*Alopex lagopus*), основной пищей которых служит нерпа.

Экологическая система дрейфующего льда стабильна лишь в пределах Центрального Арктического бассейна, т.е. в пределах антициклонального круговорота и трансарктического выноса льда. Продолжительность "жизни" льда, а следовательно, и экосистемы лежит в пределах от 3 лет (время выноса дрейфующих станций СП в трансарктической зоне) до нескольких десятков лет (данные наблюдений за дрейфом станции Т-3 в зоне антициклонального круговорота). В Северной Атлантике и частично в Беринговом море, куда выносятся дрейфующие льды, происходит их таяние. Все органические и минеральные компоненты, а также ледовые организмы попадают в воду и в ней включаются в трофическую сеть биоценозов. Принимая во внимание крупный масштаб этого явления – ежегодный вынос льда в Северную Атлантику составляет 1,25 млн. км^2, т.е. около 14% площади Северного Ледовитого океана [Зубов, 1945], можно предполагать, что тающие льды оказывают большое влияние на биологическую продуктивность бореальных атлантических и беринговоморских вод. Для оценки этого влияния требуются дополнительные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

Андрияшев А.П., Мухамедияров Б.В., Павштикс Е.А. О массовых нахождениях криопелагических тресковых рыб (*Boreogadus saida* и *Arctogadus glacialis*) в околополюсных районах Арктики. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.

Белопольский Л.О. Кормовые биотопы и состав пищи морских колониальных птиц Баренцева моря. – В кн.: Позвоночные Арктики. Л.: Морской транспорт, 1957.

Богоров В.Г. Местные ледовые прогнозы по биологическим признакам. – Проблемы Арктики, 1939, № 1.

Буйницкий В.Х. Влияние микроскопических водорослей на строение и прочность морских антарктических льдов. – Океанология, 1968, т. 8, вып. 6.

Буйницкий В.Х. Микроскопические организмы и их влияние на строение и прочность морских антарктических льдов. – В кн.: Морские льды и айсберги Антарктики. Л.: Изд-во ЛГУ, 1973.

Виноградов М.П. Морские млекопитающие Арктики. – Тр. Аркт. ин-та, 1949, т. 202.

Гайцхоки Б.Я., Спицын В.А. Некоторые результаты измерения температуры льда на дрейфующей станции СП-18. – Тр. ААНИИ, 1970, т. 295.

Головкин А.И., Зеликман Э.А., Георгиев А.А. Биология и пищевые связи люриков (*Plautus alle*) с пелагическим сообществом на Новой Земле. – В кн.: Особенности биологической продуктивности вод близ птичьих базаров севера Новой Земли. Л.: Наука, 1972.

Грищенко В.Д. О микрорельефе нижней поверхности морского дрейфующего льда. – Тр. ААНИИ, 1976, т. 320.

Грищенко В.Д. О морфологии поверхностей льдов Арктического бассейна. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.

Дубовцев В.Ф., Тимерев А.А. Проникновение тепла солнечной радиации через снежно-ледяной покров Северного Ледовитого океана (по материалам наблюдений на станции СП-18 в 1970 г.) – Тр. ААНИИ, 1976, т. 319.

Зернов С.А. О зимовке водных организмов во льду и мерзлой земле, по материалам Н.В. Болдыревой, М.М. Шарлиной и Ю.Д. Шмелевой. О "пагоне" – новой термин. – Рус. гидробиол. журн., 1928, т. 7, № 1/2.

Зубов Н.Н. Льды Арктики. М.: ГУСМП, 1945.

Кобленц-Мишке О.И., Пелевин В.И., Семенова М.А. Пигменты фитопланктона и использование солнечной энергии в процессе фотосинтеза. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1975, т. 102.

Ланская Л.А. Культивирование водорослей. – В кн.: Экологическая физиология морских планктонных водорослей. Киев: Наук. думка, 1971.

Лобышев В.И., Мельников И.А., Есиков А.Д., Нечаев В.В. Исследование изотопного состава кислорода арктического дрейфующего льда в связи с проблемой биологической продуктивности. – В кн.: Тез. докл. 7-го Всесоюз. симпоз. по стабильным изотопам в геохимии, Москва, 20-23 октября 1978 г.

Лощилов В.С. Снежный покров на льдах Центральной Арктики. – Проблемы Арктики и Антарктики, 1964, вып. 17.

Мельников И.А. Гидробиологические исследования в центральной части Северного Ледовитого океана. – Океанология, 1976а, т. 16, вып. 3.

Мельников И.А. Гидробиологические исследования в центральной части Северного Ледовитого океана (весна 1976 г.). – Океанология, 1976б, т. 16, вып. 6.

Мельников И.А. Гидробиологические исследования в Северном Ледовитом океане (весна 1978 г.) – Океанология, 1978, т. 18, вып. 6.

Мельников И.А. Криобиологические наблюдения в Центральном Арктическом бассейне (метод и некоторые результаты исследований). – Океанология, 1979, т. 19, вып. 1.

Мельников И.А., Куликов А.С. Криопелагическая фауна Центрального Арктического бассейна. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.

Мельников И.А., Павлов Г.Л. Особенности распределения органического углерода в водах и льдах Арктического бассейна. – Океанология, 1978, т. 18, вып. 2.

Мельников И.А., Циновский В.Д. Гидробиологические исследования в Северном Ледовитом океане на СП-23 (май-октябрь 1977). – Океанология, 1978, т. 18, вып. 2.
Палибин И.В. Микроорганизмы как разрушители полярных льдов. – Изв. Центр. гидромет. бюро, 1925, т. 5.
Русанов В.П. Гидрохимическая характеристика поверхностных вод Арктического бассейна. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.
Трешников А.Ф., Баранов Г.И. Структура циркуляции вод Арктического бассейна. Л.: Гидрометеоиздат, 1972.
Усачев П.И. Микрофлора полярных льдов. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1949, т. 3.
Финенко З.З. Адаптации планктонных водорослей к основным факторам океанической воды. – В кн.: Биологическая структура океана. М.: Наука, 1977. (Океанология; Биология океана, т. 1).
Циновский В.Д., Мельников И.А. О нахождении *Liparis koefoedi* (Liparidae, Osteichtyes) в водах Центрального Арктического бассейна. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.
Цуриков В.Л. Жидкая фаза в морских льдах. М.: Наука, 1976.
Цуриков В.Л. Механизм заселения морского льда и возможности развития в нем микрофлоры. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.
Цуриков В.Л., Ведерников В.И. Фотосинтез водорослей в ледовых условиях. – Биология моря, 1978, т. 3.
Чапский К.К. Морской заяц Карского и Баренцева морей (биология и промысел). – Тр. Аркт. ин-та, 1938, т. 123.
Чапский К.К. Нерпа западных морей Советской Арктики. – Тр. Аркт. ин-та, 1940, т. 145.
Ширшов П.П. Планктон как индикатор ледового режима моря. – Бюл. Аркт. ин-та, 1935, № 11.
Юдин К.А. К фауне центральной части Арктического бассейна. – Тр. ААНИИ, 1964, т. 259.
Alexander V. Primary productivity regimes of the nearshore Beaufort sea with reference to potential roles of ice biota. – In: The Coast and Shelf of the Beaufort Sea. Arlington: Inst. N. America, 1974.
Apollonio S. The chlorophyll content of Arctic sea ice. – Arctic, 1961, vol. 14, N 3.
Bunt J.S. Microbiology of Antarctic sea ice. – Nature, 1963, vol. 199, N 1254.
Bunt J.S., Wood E.J.F. Microalgae and antarctic sea ice. – Nature, 1963, vol. 199, N 4900.
Bunt J.S., Lee C.C. Seasonal primary production in antarctic sea ice at McMurdo Sound in 1967. – J. Mar. Res., 1970, vol. 28, N 3.
Burkholder P.R., Mandelli E.F. Productivity of microalgae in Antarctic sea ice. – Science, 1965, vol. 149, N 3686.
Clarke A.J. On wind-driven quasi-geostrophic water movements near fast-ice edges. – Deep-Sea Res., 1978, vol. 25, N 1.
Dunbar M.J. On the food of seals in the Canadian eastern Arctic. – Canad. J. Res., 1941, vol. 19.
Eide I., Martin S. The formation of brine drainage features in young sea ice. – J. Glaciol., 1975, vol. 14, N 70.
English T.S. Some biological oceanographic observations in the central North Polar sea. Drift Station Alpha, 1957–1958. – Arct. Inst. N. Amer. Sci. Rept., 1961, N 15.

Gran H.H. Diatomaceae from the ice-floeas and plankton of the Arctic ocean. – Norw. North Polar Exped. 1893–1896, Sci. Results, 1904, vol. 4.
Harrison J.D. Measurement of brine droplet migration in ice. – J. Appl. Phys., 1965, vol. 36, N 12.
Holm-Hansen O., Booth C.R. The measurement of adenosine-triphosphate in the ocean and its ecological significance. – Limnol. Oceanogr., 1966, vol. 11, N 3.
Horner R.A. Sea ice organisms. – Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 1976, v. 14.
Horner R.A., Alexander V. Algal populations in Arctic sea-ice: an investigation on heterotrophy. – Limnol. Oceanogr., 1972, vol. 17, N 3.
Huber-Pestalozzi G. Die Flora von Schnee und Eis. – In: Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich, 1926, Bd. 2.
Koerner R.M. The mass balance of the sea ice of the Arctic ocean. – Glacial., 1973, vol. 12, N 65.
Kol E. Kryobiologie (Biologie und Limnologie des Schnees und Eises). 1. Kryovegetation. Stuttgart, 1968.
Lake R.A., Lewis E.L. Salt rejection by sea ice during growth. – J. Geophys. Res., 1970, vol. 75, N 3.
Matheke G.E.M., Horner R.A. Primary productivity of the benthic microalgae in the Chukchi sea near Barrow, Alaska. – J. Fish Res. Bd. Canada, 1974, vol. 31, N 11.
Maykut G.A., Grenfell T.C. The spectral distribution of light baneath first-year sea ice in the Arctic ocean. – Limnol. Oceanogr., 1975, vol. 20, N 4.
McRoy C.P., Goering J.J. The influence of ice on the primary productivity of the Bering sea. – In: Oceanography of the Bering Sea./Ed. D.V. Hood, E.J. Kelley. Fairbanks, 1974.
Meguro H. Plankton ice in the Antarctic ocean. – Antarct. Rec., 1962, N 14.
Meguro H., Ito K., Fukushima H. Ice flora (bottom type): a mechanism of primary production in Polar Seas and the growth of diatoms in sea ice. – Arctic, 1967, vol. 20, N 2.
Nansen F. The oceanography of the North Polar basin. – In: Norwegian North Polar Expedition 1893–1896, 1902, vol. 3, N 9.
Smith R.C. Optical properties of the Arctic upper waters. – Arctic, 1973, vol. 26, N 4.
Steemann-Nielsen E., Jørgensen E.J. The adaptation of plankton algae. 1. General part. – Physiol. plant., 1968, vol. 21, N 2.

УДК 577.475(268.9)

КРИОПЕЛАГИЧЕСКАЯ ФАУНА ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

И. А. МЕЛЬНИКОВ, А. С. КУЛИКОВ

Описание ледовых водорослей высоких арктических широт [Ehrenberg, 1841; Diskie, 1880; Cleve, Grunov, 1880; Gran, 1904; Палибин, 1925; Усачев, 1949; и др.] привело исследователей к мысли о существовании фауны, обитающей у морской поверхности льда и трофически связанной с ледовой флорой. Сначала в Арктике [Mohr,

1959; Barnard, 1959; Apollonio, 1961; и др.], а затем в Антарктике [Peckham, 1964; Ray, 1966; Грузов и др., 1967] неоднократно наблюдали такую фауну, в состав которой наряду с ракообразными входили также и рыбы. Как в арктической, так и в антарктической зонах экологические ниши всегда были заняты одними и теми же "исполнителями" (термин Л.А.Зенкевича), в основном амфиподами.

Изучение видового состава ледового сообщества имеет, несомненно, важное экологическое значение, что послужило причиной разнообразных исследований криофауны в Арктическом бассейне [Shoemaker, 1955; Mohr, 1959; Mohr, Tibbs, 1963; Barnard, 1959; George, Allen, 1970; Horner, 1976; Голиков, Аверинцев, 1977]. На основании проведенных исследований было установлено, что два вида криофильной фауны – *Gammarus wilkitzkii* и *Apherusa glacialis* встречаются как в пелагиали, так и на шельфе [Barnard, 1959; George, Allen, 1970; Голиков, Аверинцев, 1977; Павштикс, 1980]. Кроме этих основных компонентов биоценоза, в центральной части Арктического бассейна встречаются *Pseudalibrotus nanseni* и *Gammaracanthus loricatus* [Barnard, 1959; George, Allen, 1970], а на шельфе (мыс Барроу, Аляска) – *Pseudalibrotus litoralis, P. birulai* и *Gammarus setosus* [Mohr, Tibbs, 1963]. Последний вид был выделен [Голиков, Аверинцев, 1977] как руководящая форма в ледовом биоценозе на шельфе у о-ва Рудольфа (Земля Франца-Иосифа). В своих пробах, взятых также на мелководье, у мыса Барроу, Хорнер [Horner, 1976], кроме амфипод (видовой состав не указан), находила личинки полихет и турбеллярий.

Выявленное видовое различие в составе ледовых сообществ в пределах одного региона можно объяснить, во-первых, тем, что авторами не учитывалось влияние зоопланктона на их формирование. Действительно, без учета влияния, оказываемого онтогенетическими вертикальными миграциями отдельных видов планктона, трудно правильно оценить пространственно-временную структуру ледового сообщества. Во-вторых, применение разных орудий сбора фауны также могло сказаться на качественном составе материала. Как признают сами авторы [Barnard, 1959], использование ловушек с приманкой для привлечения животных из-подо льда дает возможность ловить только хищников, фильтраторы же в такие ловушки не идут.

Постоянный дрейф ледового покрова Арктического бассейна приводит к тому, что лед в известном смысле "объединяет" пелагиаль и шельф, поскольку планктонные организмы, обитающие в этих зонах, постоянно или временно включаются в состав биоценоза дрейфующего льда. Поэтому весьма существенно выявление собственно ледовых видов, т.е. постоянных обитателей (аборигенов) экосистемы дрейфующего льда, и временных обитателей (иммигрантов), появление которых у морской поверхности льда обусловливается действием ряда экологических факторов.

Для выявления видового состава криопелагической фауны, биотопически связанной с морской поверхностью арктического дрейфующего льда, необходимо исследование, требующее, во-первых, непосредственных наблюдений и сборов фауны под ненарушенным ледовым покровом и, во-вторых, контрольных вертикальных ловов планктона для учета его влияния на состав этого биоценоза. Такое исследование было выполнено на дрейфующей станции СП-23 в 1977 гг. [Мельников, Циновский, 1978; Мельников, 1978]. Наблюдения охватили район от шельфа Восточно-Сибирского моря до восточного склона хребта Ломоносова вблизи Северного полюса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследования послужили пробы, собранные во время водолазных погружений под многолетним дрейфующим льдом. Работы были начаты в мае 1977 г., когда станция находилась на 79° с.ш. и 162° в.д. над глубинами 180 м, и продолжались все лето до наступления полярной ночи. Последнее погружение под лед осенью 1977 г. было проведено 20 октября на 83° с.ш. и 150° в.д. После этого наблюдения были прекращены и возобновились в апреле 1978 г. на 88° с.ш. и 144° в.д. Основные данные наблюдений сведены в табл. 1-3.

Для сбора криофауны было выбрано ровное ледовое поле – полигон 100×100 м, – удаленное от лагеря станции на 350-400 м для исключения влияния загрязнений. Погружение под лед проводилось через специально оборудованную для водолазных работ лунку, расположенную на краю полигона. Все спуски под воду осуществлялись в аквалангах АВМ-1 и костюмах СВУ, для связи с поверхностью использовалась легководолазная телефонная станция ЛВТС-1.

Сбор ледовой фауны проводили с помощью планктонного сачка с входным отверстием 40×20 см и фильтрующим конусом из шелкового сита № 38. Лов осуществлялся по нижней поверхности льда так, чтобы выдыхаемый воздух не попадал на облавливаемую поверхность. Для этих целей сачок максимально удалялся от водолаза в момент лова. После окончания лова под водой перекрывали входное отверстие сачка (во избежание попадания планктона), пробу поднимали на поверхность и переводили в полиэтиленовые банки.

Сборы ледовой фауны в течение всего сезона сопровождались горизонтальными ловами планктонным сачком с входным отверстием 40×20 см на глубине 5 м от поверхности льда и протяженностью до 50 м; вертикальными ловами планктона сетью Джеди с входным отверстием 37×50 см и фильтрующим конусом из шелкового сита № 38 по слоям 0-25, 25-50, 50-100, 100-200, 200-300, 300-500, 500-1000 и 1000 м – дно, а также ловами фауны на приманку с помощью ловушек, установленных подо льдом. Основные сведения об этих сборах приведены в табл. 1.

Всю планктонную и ледовую фауну фиксировали 5%-ным формалином. Подсчет организмов проводили в камере Богорова. Проба

Таблица 1

Некоторые данные подледных сборов криопелагической фауны СП-23, 1977-1978 гг.

№ пробы	Глубина отбора пробы, м	Длина лова, м	Дата	Координаты		Глубина места, м
				с.ш.	в.д.	
			1977 г.			
1	0 5	40 40	3. VI	78°32′8	161°34′9	180
2	0	40	16. VI	79 01 4	161 22 1	260
3	0	2	19. VI	78 59 0	162 03 3	285
4	0 5	4 40	29. VI	79 49 7	160 05 6	1800
5	0	20	3. VII	80 06 1	159 01 9	2000
6	0 5	20 20	4. VII	80 09 8	157 46 1	2016
7	0	20	7. VII	80 18 9	157 45 1	2333
8	0	15	10. VII	80 28 9	158 16 8	2565
9	0 * 0 **	15 15	17. VII	81 10 0	157 57 8	2800
10	0	15	20. VII	81 17 7	158 29 7	2800
11	0	15	23. VII	81 27 3	158 45 8	2800
12***	0 5	10 15	26. VII	81 34 3	150 11 6	2800
13***	0 5	10 20	26. VII	81 34 3	159 11 6	2800
14	0 5	20 40	27. VII	81 36 3	158 57 9	2800
15	0 5	50 50	4. VIII	81 50 8	159 19 6	2810
16	0 5	30 30	12. VIII	82 05 3	156 09 7	2800
17	0 5	40 40	28. VIII	82 38 2	152 22 1	2770
18	0 5	50 50	6. IX	82 52 5	154 19 1	2600
19	0 5	40 40	24. IX	83 28 0	151 37 6	2480
20	0 5	50 50	9. X	83 30 2	150 42 1	2467
21	0 5	40 40	20. X	83 35 0	150 21 0	2430
			1978 г.			
22	0	10	20. IV	88 38 9	146 36 8	2520

* Проба взята с поверхности молодого льда, образовавшегося в результате замерзания талой воды, дренирующей сверху под многолетний лед.

** Проба взята с поверхности старого многолетнего льда.

*** Пробы взяты в один день с поверхности многолетнего льда, время между наблюдениями – 8 час.

Таблица 2

Некоторые данные сетных вертикальных ловов планктона СП-23, 1977-1978 гг.

№ станции	Дата	Координаты		Глубина места, м	Слой облова, м
		с.ш.	в.д.		
			1977 г.		
1	4. VI	78°35′3	161°17′5	177	25-0, 50-27, 100-49, 150-99, 172-151
2	1. VII	79 56 5	158 56 7	1833	25-0, 50-24, 100-50, 150-97, 142-200, 145-300, 293-500, 1000-487, 1800-997
4	1. VIII	81 45 9	158 43 5	2821	25-0, 50-24, 100-49, 150-94, 200-144, 300-196, 500-285, 1000-499
6	1. IX	82 40 7	153 04 1	2775	25-0, 50-25, 100-49, 200-100, 300-197, 500-297, 1000-499, 2700-1003
8	13. X	83 38 2	149 38 5	2403	25-0, 50-25, 100-50, 200-99, 500-203, 1000-501, 2350-1009
			1978 г.		
9	18. IV	88 19 3	144 02 9	2550	25-0, 50-25, 100-50, 200-97, 500-218, 1000-503, 2500-989

концентрировалась до 5-10 мл и просчитывалась тотально, параллельно велись измерения длины тела организмов. В пробах, собранных сетью Джеди, отмечались только те виды, которые были встречены в горизонтальных ловах у поверхности льда. Количество организмов пересчитывали на 1 м^3. Во время подледных сборов фауны было замечено, что крупные организмы (мизиды, амфиподы и декаподы) активно избегают попадания в сачок, поэтому было решено используемый метод лова считать полуколичественным и от подсчета биомассы отказаться.

Ввиду малочисленности организмов криопелагической фауны, встречающихся под 1 м^2 дрейфующего льда, численность особей в данном исследовании во всех случаях выражена в экземплярах

Таблица 3

Некоторые данные подледных ловов криопелагической фауны ловушками на приманку, СП-23, 1977-1978 гг.

№ станции	Дата	Координаты		Глубина, места, м
		с.ш.	в.д.	
		1977 г.		
1	3. VI	78°32′8	160°34′9	180
2	4. VI	78 35 3	161 17 5	177
3	6. VI	78 40 7	160 54 9	160
4	7. VII	80 18 9	157 45 1	2333
5	4. VIII	81 50 8	159 19 6	2810
6	20. X	83 35 0	150 21 0	2430
		1978 г.		
7	18. IV	88 19 3	144 02 9	2550

на площадь, соответствующую длине лова 40 м при ширине планктонного сачка 0,4 м, т.е. на 16 м^2. Это позволило выражать численности организмов в целых числах. Численность особей каждого из указанных в табл. 4 видов дана в экз./16 м^2.

Собранный материал был обработан в Институте океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР. При работе над материалом авторы пользовались консультациями специалистов Зоологического института АН СССР, биологического факультета Московского государственного университета и Института океанологии АН СССР Н.Л. Цветковой, Е.А. Павштикс, Е.Л. Морхасевой, Л.Л. Численко, Е.Л. Колосовой, О.Е. Каменской, которым они выражают свою искреннюю благодарность за помощь в определении фауны.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Систематический анализ проб, собранных у поверхности многолетнего дрейфующего льда, позволил выявить 47 видов животных, относящихся к следующим группам: Foraminifera, Rotatoria, Nematoda, Polychaeta, Chaetognatha, Copepoda, Mysidacea, Isopoda, Amphipoda, Decapoda, Pteropoda, Appendicularia (табл. 4). Список планктонной фауны (отмечены только те виды, которые были встречены и у поверхности льда) представлен в табл. 5.

Постоянная встречаемость некоторых видов только в пробах, собранных на поверхности льда, и их отсутствие в пробах, полученных при горизонтальных и вертикальных сетных ловах планктона, дают основание разделить криофильную фауну на две экологические

группировки: автохтонную, постоянно обитающую у поверхности льда, и аллохтонную, обитающую у поверхности льда временно.

При выделении первой экологической группировки принимались во внимание следующие критерии: 1 – постоянная встречаемость животных обоих полов и всех возрастных стадий на поверхности льда на протяжении всего года, 2 – отсутствие видов в планктоне и 3 – постоянная связь со льдом при его дрейфе через различные районы бассейна. Критериями для выделения второй экологической группировки служили: 1 – временное пребывание видов у поверхности льда, связанное с размножением или откормом особей в разные периоды года и 2 – встречаемость видов на глубине.

Помимо видов, составляющих две указанные группировки, у поверхности льда в разное время года неоднократно отмечалось появление единичных типичных зоопланктеров. Мы рассматриваем эту третью группу как группу случайных видов, появление которых у льда вызвано действием одного или совокупности нескольких факторов (гидродинамического, географического и т.д.).

Автохтонная криофильная фауна

К этой экологической группе нами отнесены *Gammarus wilkitzkii*, *Mysis polaris*, *Derjuginia* af. *tolli*, *Tisbe furcata*, *Harpacticus superflexus*. *G. wilkitzkii* обитает на морской поверхности льда практически круглый год. Здесь встречаются все его возрастные стадии: молодь, неполовозрелые особи и половозрелые экземпляры, достигающие длины 46 мм. Самки вынашивают молодь в марсупиуме всю зиму, и выход ее в воду происходит, вероятно, в июле–августе. В апреле встречаются самки, в марсупиальной сумке которых насчитывали до 180–200 экз. молоди (размер 2–4 мм). Из 25 экз. этого вида, встреченных в горизонтальных ловах на 9 станциях, 23 экз. поймано у поверхности льда. Хотя *G. wilkitzkii* в остальных ловах отсутствовал, мы его включили в число автохтонов, так как, во-первых, его постоянно наблюдали в это время на и у поверхности льда и, во-вторых, его отсутствие в некоторых пробах вызвано высокой подвижностью рачков, в результате чего они избегали сачка. Водолазные наблюдения показали, что особи этого вида не встречались в воде глубже 1–2 м от поверхности льда.

Аналогичные замечания можно сделать и в отношении *M. polaris*. Из 94 особей, найденных в пробах на 13 станциях из 21, 86 обнаружено у поверхности льда, среди них были рачки обоих полов и всех возрастных стадий. В вертикальных ловах этот вид не обнаружен.

Как *G. wilkitzkii*, так и *M. polaris* ведут, строго говоря, эпибентический образ жизни и представляют "анакатобентос" [Mohr, 1959] – "бентос, ходящий кверху ногами". При погружениях удалось наблюдать некоторые особенности поведения этих животных.

Поиск пищи или другие причины заставляют особь покидать на время поверхность льда. Смена места происходит либо за счет

Таблица 4

Качественный и количественный (число экземпляров в пробе) состав криопелагической фауны (под

Вид		1		2	3	4		5	6		7	8	
		0	5	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Globigerina sp.		–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–
Radiolaria gen. sp.		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Nematoda gen. sp.		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Antinoella sarsi		–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–
Synchaeta sp.		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Parasagitta arctica		–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	5	–
Euarohnia hamata		–	–	–	–	–	3	–	2	–	2	–	–
Conchoecia sp.		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Calanus glacialis	cop. II–IV	–	1	–	+	–	1	–	4	–	2	–	–
	cop. V	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
C. hyperboreus	cop. IV	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Derjuginia af. *tolli*	cop. III–V	–	–	39	+	–	–	–	8	2	12	–	–
	♀	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	♂	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pseudocalanus minutus	♀	–	–	–	–	–	14	–	38	2	24	–	3
	♂	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–
P. elongatus	♀	1	2	6	+	+	3	2	26	–	22	–	3
	♂	–	–	–	+	–	–	–	–	–	4	–	–
Pseudocalanus sp.	cop. III–V	2	7	14	+	–	9	2	34	4	6	–	8
Microcalanus pygmaeus	♀	–	–	–	–	–	–	4	–	–	–	–	–
Drepanopus bungei	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Spinocalanus magnus	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Lucicutia polaris	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Metridia longa	cop. IV–V	–	–	–	–	–	–	4	–	–	–	–	–
	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Mormonilla polaris	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Acartia sp.	cop. V	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–
Oithona similis	cop. III–V	–	2	–	+	+	–	12	–	–	24	3	3
	♀	–	2	–	–	–	2	–	2	2	–	–	–
	♂	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Cyclopina schneideri	cop. III–V	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Oncaea borealis	cop. III–V	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Tisbe furcata	cop. III–V	–	–	–	+	–	1	–	2	–	2	–	8
	♀	–	–	3	+	–	–	–	6	–	2	–	13
	♂	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	5
Harpacticus superflexus	cop. III–V	–	–	–	–	–	–	2	12	–	2	5	–
	♀	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–
	♂	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	–
Microsetella norvegica	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Copepoda (naupl.)		–	–	–	+	–	1	2	2	–	2	–	8
Mysis polaris	juv.	–	–	10	–	–	–	–	8	2	14	–	11
	♀	1	–	3	–	–	–	–	–	2	–	–	13
	♂	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	3
Dayus mysidis		–	–	3	–	–	–	–	–	–	–	–	24
Parathemisto abyssorum		–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	3	8
P. libellula		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pseudalibrotus glacialis	juv.	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–
	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
P. nanseni	juv.	1	–	1	+	–	–	–	–	–	2	–	–
	♀	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
	♂	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Gammarus wilkitzkii	juv.	–	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3
	♂	–	–	–	+	–	–	2	–	–	–	–	3
Gammaracanthus loricatus	juv.	1	–	–	+	–	–	–	–	–	–	–	–
	♀	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 4

Качественный и количественный (число экземпляров в пробе) состав криопелагической фауны (подледные сборы СП-23, 1977-1978 гг.)

Вид		№ пробы и горизонт лова, м																								
		1		2	3	4		5	6		7	8	9		10	11	12		13		14		15		
		0	5	0	0	0	5	0	0	5	0	0	1	2	0	0	0	5	0	5	0	5	0	6	0
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Globigerina sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Radiolaria gen. sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nematoda gen. sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antinoella sarsi		-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Synchaeta sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parasagitta arctica		-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	4	5	-	2	-	-	-	-	-
Euarohnia hamata		-	-	-	-	-	3	-	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	1	-
Conchoecia sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calanus glacialis	cop. II–IV	-	1	-	+	-	1	-	4	-	2	-	-	-	-	-	36	61	80	138	8	4	-	2	4
	cop. V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	150	76	500	4	-	-	-	2
	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	15	96	-	-	-	-	-
C. hyperboreus	cop. IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Derjuginia af. tolli	cop. III–V	-	-	39	+	-	-	-	8	2	12	-	-	-	5	4	-	-	-	-	4	-	-	-	8
	♀	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudocalanus minutus	♀	-	-	-	-	-	14	-	38	2	24	-	3	-	3	-	-	-	8	-	-	-	-	3	3
	♂	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P. elongatus	♀	1	2	6	+	+	3	2	26	-	22	-	3	-	3	3	-	10	20	16	-	1	-	2	-
	♂	-	-	-	+	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudocalanus sp.	cop. III–V	2	7	14	+	-	9	2	34	4	6	-	8	-	6	-	4	9	29	-	-	-	-	1	-
Microcalanus pygmaeus	♀	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Drepanopus bungei	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spinocalanus magnus	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucicutia polaris	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Metridia longa	cop. IV–V	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mormonilla polaris	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Acartia sp.	cop. V	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oithona similis	cop. III–V	-	2	-	+	+	-	12	-	-	24	3	3	3	3	-	-	5	-	-	-	-	2	-	-
	♀	-	2	-	-	-	2	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-
	♂	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyclopina schneideri	cop. III–V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-
Oncaea borealis	cop. III–V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Tisbe furcata	cop. III–V	-	-	-	+	-	1	-	2	-	2	-	8	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
	♀	-	-	3	+	-	-	-	6	-	2	-	13	-	-	12	-	2	4	-	4	2	-	-	-
	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	5	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticus superflexus	cop. III–V	-	-	-	-	-	-	2	12	-	2	5	-	-	-	-	-	-	8	-	-	1	-	-	-
	♀	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	4	-	2	64	4	8	1	-	1	-
	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-
Microsetella norvegica	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Copepoda (naupl.)		-	-	-	+	-	1	2	2	-	2	-	8	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	1	15
Mysis polaris	juv.	-	-	10	-	-	-	-	8	2	14	-	11	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	♀	1	-	3	-	-	-	-	-	2	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	♂	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dayus mysidis		-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	243	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Parathemisto abyssorum		-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	3	8	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-
P. libellula		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	1	-	-	2
Pseudalibrotus glacialis	juv.	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
P. nanseni	juv.	1	-	1	+	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♀	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Gammarus wilkitzkii	juv.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	-	-
	♂	-	-	-	+	-	-	2	-	-	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Gammaracanthus loricatus	juv.	1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Weyprechtia pinguis	juv.	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eusirus holmi	juv.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neopleustes sp.	juv.	1	1	10	+	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♀	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metopa longirama	juv.	2	1	3	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♀	-	-	2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♂	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	19
Apherusa glacialis	juv.	1	-	2	+	-	-	-	12	-	8	5	8	-	8	1	16	-	32	10	26	2	2	-	13
	♀	2	-	16	+	-	-	2	2	-	-	-	11	-	3	-	28	-	68	4	2	-	-	-	-
	♂	-	-	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eualus gaimardi belcheri	♀	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hymenodora glacialis		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
Clione limacina		-	-	-	-	-	-	-	4	-	6	-	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Limacina helinica		-	-	-	-	-	5	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oikopleura sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fritillaria borealis		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

криопелагической фауны (подледные сборы СП-23, 1977-1978 гг.)

	№ пробы и горизонт лова, м																													
5	6		7	8	9		10	11	12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22
0	0	5	0	0	1	2	0	0	0	5	0	5	0	5	0	6	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	7	-	-	-	-	-	-
-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	5	-	-	-	-	4	5	-	2	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	5	1	4	-
-	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
-	4	-	2	-	-	-	-	-	36	61	80	138	8	4	-	2	4	16	-	26	-	-	1	-	6	142	-	1	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	150	76	500	4	-	-	-	2	20	1	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	15	96	-	-	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	8	2	12	-	-	-	5	4	-	-	-	-	4	-	-	-	8	2	9	7	11	-	32	-	28	-	1	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	4	-	15	-	4	-	2
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	1	-	-
-	38	2	24	-	3	-	3	-	-	-	8	-	-	-	-	3	3	10	1	6	-	-	1	1	3	4	-	1	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	26	-	22	-	3	-	3	3	-	10	20	16	-	1	-	2	-	3	-	5	-	-	-	-	-	1	-	-	-
-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	34	4	6	-	8	-	6	-	4	9	29	-	-	-	-	1	-	5	18	98	-	3	14	21	888	542	30	184	9
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	24	3	3	3	3	-	-	5	-	-	-	-	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-	14
-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	3	1	-	2	2	2	1	-	1	-	1	10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	10
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
-	2	-	2	-	8	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	4	-	-	-	-	2	2
-	6	-	2	-	13	-	-	12	-	2	4	-	4	2	-	-	-	5	2	-	9	-	6	-	8	1	-	-	17
-	-	-	2	-	5	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	12	-	2	5	-	-	-	-	-	-	8	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	2	-	-	-	-	-	-	4	-	2	64	4	8	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2	-	5	39	-	12	-	-	-	-	-	-
2	2	-	2	-	8	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	1	15	2	15	-	9	2	4	-	3	-	-	-	-
-	8	2	14	-	11	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	1	-	-	1	-	2	-	-	1	-
-	-	2	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	243	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-
-	2	-	-	3	8	-	-	1	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	1	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	126
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
-	-	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-
2	-	-	-	-	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	2	-	1	-	14
-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	-	7	-	1	-	12
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	19	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-
-	12	-	8	5	8	-	8	1	16	-	32	10	26	2	2	-	13	-	-	-	3	-	-	-	2	-	2	-	-
2	2	-	-	-	11	-	3	-	28	-	68	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
-	4	-	6	-	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица 5

Качественный и количественный (число экземпляров в пробе) состав зоопланктона (сетные вертикальные ловы, СП-23, 1977-1978 гг.)

Вид		Слой облова, м и № станции																			
		25-0						50-25						100-50						150-10	
		1	2	4	6	8	9	1	2	4	6	8	9	1	2	4	6	8	9	1	2
Globigerina sp.		-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Radiolaria gen. sp.		-	-	-	+	-	1	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
Parasagitta arctica		1	7	2	1	1	-	2	4	2	-	1	+	1	+	+	-	1	-	+	-
Eucrohnia hamata		-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	5	10	-	10	9	-	8	8	-	5
Calanus glacialis	cop. III	1	13	1	-	4	-	7	2	-	-	1	-	4	-	-	-	1	-	2	-
	cop. IV	+	20	1	-	-	-	1	18	-	1	2	+	-	+	+	3	3	1	2	+
	cop. V	-	3	-	2	1	-	-	7	+	8	28	+	-	1	+	4	13	7	-	1
	♀	-	+	+	1	-	-	-	9	2	17	23	2	-	2	2	9	7	13	-	1
	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C. hyperboreus	cop. III	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	cop. IV	-	-	6	4	-	-	-	4	2	4	-	-	-	1	-	1	+	-	1	-
	cop. V	-	-	+	3	-	-	-	10	1	4	-	-	-	2	+	1	-	-	-	-
	♀	-	-	-	2	-	-	-	1	-	1	-	-	-	+	+	1	1	-	-	+
Pseudocalanus minutus	♀	-	-	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
P. elongatus	♀	15	49	1	-	1	-	10	18	+	+	-	-	4	+	-	+	-	-	1	+
	♂	5	6	-	-	-	-	5	+	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-
Pseudocalanus sp.	cop. II-III	33	6	-	-	298	1	20	-	-	-	19	-	8	-	-	-	2	-	1	-
	cop. IV-V	73	18	2	1	269	2	56	-	-	-	59	-	21	-	+	-	7	-	3	-
Microcalanus pygmaeus	cop. II-III	-	-	17	-	29	+	-	-	4	20	37	2	-	-	11	20	12	2	-	-
	cop. IV-V	6	-	11	3	38	6	3	5	12	53	106	16	1	8	45	54	56	18	+	-
	♀	2	6	-	-	1	2	1	10	6	2	2	20	1	26	7	5	4	12	+	9
		-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	+	2	1	+	-	+	+	1
Spinocalanus magnus	cop. V	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Metridia longa	cop. II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	43	+	-	-	1	-	29	-	-	-
	cop. III	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	3	3	-	-	1	+	4	3	-	-
	cop. IV	-	+	1	-	-	+	-	1	+	+	2	+	-	+	2	2	1	1	-	-
	cop. V	-	-	+	2	2	-	-	+	1	15	13	4	-	+	2	3	2	6	-	-
	♀	-	-	-	-	-	+	-	3	-	5	17	1	-	2	2	2	3	4	-	1
		-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1	-	-	+	+	-	+	-	-	+
Lucicutia polaris	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mormonilla polaris	♀	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-
	♂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	cop. III-V	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
Oithona similis	cop. III-V	16	27	372	152	1248	46	18	32	179	52	350	69	12	8	96	94	38	8	1	17
	♀	47	78	84	214	102	16	43	121	105	136	72	45	34	27	97	37	41	34	27	8
	♂	-	+	8	8	-	-	+	1	-	6	2	-	+	1	1	1	5	-	+	-
Cyclopina schneideri	cop. III-V	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oncaea borealis	♀	+	29	20	2	1	1	-	29	5	3	6	4	-	16	51	10	11	6	1	10
Tisbe furcata	cop. III-V	1	2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♀	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	♂	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harpacticus superflexus	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Microsetella norvegica	♀	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parathemisto abyssorum		-	+	2	1	-	-	-	1	+	+	-	-	-	1	+	-	+	-	-	+
P. libellula		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyclocaris guilelmi	juv.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eusinus holmi	♀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hymenodora glacialis		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Limacina helicina		-	11	-	-	-	-	+	11	-	-	-	-	1	+	-	-	-	-	2	+
Clione limacina larv.		-	2	-	1	-	+	-	1	2	1	-	1	-	+	1	1	2	5	-	+

23, 1977-1978 гг.)

	Слой облова, м и № станции																															
	100-50						150-100			200-100			300-200			500-200		500-300			1000-500					дно-1000			
9	1	2	4	6	8	9	1	2	4	6	8	9	2	4	6	8	9	2	4	6	2	4	6	8	9	2	6	8	9
-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	1	1	4	-	-	+	+	+	-	2	+	-	-	-	+	-	-	+	1	-
+	1	+	+	-	1	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	10	9	-	8	8	-	5	4	2	3	14	1	3	1	3	10	2	+	+	+	-	-	1	+	-	-	-	+
-	4	-	-	-	1	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+	-	+	+	3	3	1	2	+	1	+	1	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
+	-	1	+	4	13	7	-	1	1	+	1	2	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-
2	-	2	2	9	7	13	-	1	+	+	1	2	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-
-	-	1	-	1	+	-	1	-	-	+	1	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+
-	-	2	+	1	-	-	-	-	-	1	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	+	+	1	1	-	-	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	4	+	-	+	-	-	1	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	8	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	21	-	+	-	7	-	3	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
2	-	-	11	20	12	2	-	-	7	11	6	5	-	5	6	2	1	-	1	1	-	+	-	1	1	-	-	-	+
16	1	8	45	54	56	18	+	-	29	24	25	18	-	16	9	7	6	-	4	3	+	+	+	4	5	+	+	-	2
20	1	26	7	5	4	12	+	9	6	6	4	3	-	3	3	3	1	1	3	1	1	1	2	5	2	1	+	-	2
-	+	2	1	+	-	+	+	1	+	1	1	1	-	1	1	1	+	-	+	+	+	+	+	1	+	+	-	-	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
+	-	-	1	-	29	-	-	-	+	-	8	+	-	+	-	1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
3	-	-	1	+	4	3	-	-	1	+	3	2	3	3	+	+	-	1	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-
+	-	+	2	2	1	1	-	-	1	1	-	2	3	2	+	+	+	2	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+
4	-	+	2	3	2	6	-	-	1	1	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+
1	-	2	2	2	3	4	-	1	+	1	+	2	+	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+
-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	1	+	-	+	+	1	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	3	2	1	1	+	1	1	+	+	+	1	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	1	2	1	1	1	1	1	+	1	1	1	1	+	+	+	+
+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
69	12	8	96	94	38	8	1	17	24	11	22	10	-	1	1	1	+	-	+	+	-	+	+	1	+	-	+	-	+
45	34	27	97	37	41	34	27	8	6	3	6	20	-	1	+	1	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+
-	+	1	1	1	5	-	+	-	1	2	+	-	-	+	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	16	51	10	11	6	1	10	3	11	5	6	7	1	2	2	1	1	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	1	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
-	1	+	-	-	-	-	2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
1	-	+	1	1	2	5	-	+	3	1	1	+	2	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

0–200		500–200		500–300			1000–500					дно–1000			
4	6	8	9	2	4	6	2	4	6	8	9	2	6	8	9
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	+	+	+	-	2	+	-	-	-	+	-	-	+	1	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1	3	10	2	+	+	+	-	-	1	+	-	-	-	+
-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-
+	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-
+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+
-	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
5	6	2	1	-	1	1	-	+	-	1	1	-	-	-	+
16	9	7	6	-	4	3	+	+	+	4	5	+	+	-	2
3	3	3	1	1	3	1	1	1	2	5	2	1	+	-	2
1	1	1	+	-	+	+	+	+	+	1	+	+	-	-	+
1	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+
+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
+	-	1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
3	+	+	-	1	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-
2	+	+	+	2	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	+
+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+
+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+
+	-	+	+	1	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
3	2	1	1	+	1	1	+	+	+	1	+	+	+	+	+
1	2	1	1	1	1	1	+	1	1	1	1	+	+	+	+
-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
1	1	1	+	-	+	+	-	+	+	1	+	-	+	-	+
1	+	1	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	+
+	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	2	1	1	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-
-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Поиск пищи или другие причины заставляют особь покидать на время поверхность льда. Смена места происходит либо за счет

передвижения по льду, либо за счет активного плавания, либо пассивного переноса подледным течением. Последнее происходит следующим образом: особь отрывается от "субстрата" на 15–20 см и в этот момент подхватывается течением, которое переносит ее на некоторое расстояние, затем она вновь прикрепляется к поверхности льда. Если новое место уже занято или "не подходит", животное повторяет "прыжок" еще раз. Такая скачкообразная смена места характерна для *M. polaris*. *G. wilkitzkii* – более активный пловец, хотя такая форма передвижения свойственна и ему.

Derjuginia af. *tolli*[1] обнаружена на 13 станциях из 21. Из 242 экз., пойманных при горизонтальных ловах по поверхности льда и на глубине 5 м, 232 экз. обнаружено на льду. В вертикальных сетных ловах не встречено ни одного экземпляра. Вероятно, *D.* af. *tolli* обитает в узком пограничном слое вода–лед и является эпибентической формой. Максимальная численность этого вида отмечена в сентябре–октябре, когда были обнаружены как копеподиты, так и половозрелые самцы и самки.

H. superflexus обнаружен в горизонтальных ловах на 9 из 21 станции, 39 из 45 особей поймано у поверхности льда. В вертикальных сетных сборах встречен однажды в слое 0–25 м, вероятно, у самой границы слоя вода–лед.

T. furcata обнаружен на 16 станциях из 21, 86 экз. из 95 поймано у льда. Встречены как копеподиты, так и половозрелые особи. В вертикальных ловах иногда встречался в слое 0–25 м.

Итак, на и у поверхности льда на протяжении года встречались все возрастные стадии, самцы и самки перечисленных выше видов. Здесь происходит спаривание и выведение молоди. Можно предполагать, что жизненный цикл этих видов полностью связан с нижней поверхностью дрейфующего льда и их популяции – постоянный компонент криопелагического биоценоза льдов Центрального Арктического бассейна.

Аллохтонная криофильная фауна

В эту группировку входят амфиподы *Apherusa glacialis*, *Metopa longirama*, *Neupleustes* sp., *Pseudalibrotus nanseni*, *P. glacialis* и *Gammaracanthus loricatus*.

A. glacialis является самым массовым и наиболее часто встречающимся видом на поверхности льда летом. Из 21 наблюдения аферуза была встречена в 18 случаях, а из 182 экземпляров 172 были пойманы у льда. Лишь 10 экз. были обнаружены в горизонтальных ловах на глубине 5 м и ни одного – в вертикальных сетных ловах. Несмотря на постоянное присутствие только у поверхно-

---

[1] В настоящее время в Зоологическом институте АН СССР проводится ревизия рода *Derjuginia*, в результате которой *Derjuginia* af. *tolli* (Linko, 1913) будет описана как новый вид (личное сообщение Е.Л. Мархасевой).

сти льда, мы относим этот вид ко второй группировке, поскольку среди просмотренных 172 экз. в течение лета не обнаружено ни одной половозрелой особи. Видимо, летом аферузы откармливаются и растут, а с наступлением темнового периода опускаются на глубину, где и происходит их размножение. Зимой в поверхностном планктоне появляется молодь аферузы [Павштикс, 1980], но у поверхности льда ни зимой [Barnard, 1959; George, Allen, 1970], ни весной [Мельников, 1978] ее взрослых особей не обнаружено. В планктонных ловах, проводившихся зимой, *A. glacialis* была обнаружена в промежуточных арктических водах (175-300 м). *M. longirama* и *Neupleustes* sp. ведут себя противоположным образом. Оба вида присутствовали в горизонтальных ловах в июне, затем исчезли и вновь появились у льда лишь в сентябре и, видимо, оставались здесь всю полярную ночь (в пробах, собранных после окончания полярной ночи, оба вида были встречены у льда). Анализируя приведенные факты, можно предположить, что *A. glacialis, M. longirama* и *Neupleustes* sp. составляют специфическую группу мелких амфипод, сменяющих друг друга в летне-осенний и зимне-весенний сезоны на поверхности льда.

Появление *P. nanseni, P. glacialis, G. loricatus* у поверхности льда также имеет цикличный характер: они чаще встречаются здесь весной и осенью и реже летом. В пробах обнаружены как неполовозрелые особи, так и взрослые самцы и самки. Примером может служить *P. nanseni*. Установлено [Barnard, 1959; George, Allen, 1970], что нерест у него проходит зимой. Половозрелые особи появляются у льда с наступлением полярной ночи. Нам удалось наблюдать массовое скопление этого вида в середине ноября подо льдом на СП-22 в 1975 г. (неопубликованные данные). Вполне возможно, что гемипопуляции *P. nanseni, P. glacialis* и *G. loricatus* зимой занимают экологическую нишу *A. glacialis*, которая в этот период года проходит свое развитие на глубине.

Группировка случайных видов криобиоценоза

К этой экологической группировке относятся те виды, которые были встречены у поверхности льда один-два раза за год. Их появление у льда определяют следующие факторы.

Географический. Во время дрейфа станции СП-23 в Восточно-Сибирском море над глубинами 150-200 м в лунке были пойманы амфиподы *Anonyx nugax, Weyprechtia pinguis* и декапода *Eualus gaimardi belcheri* (табл. 6). Это массовые аркто-бореальные формы [Бушуева, 1977], видимо, попадающие на лед с мелководий. После выноса льдины с шельфа в Центральный Арктический бассейн эти виды больше не встречались.

Гидродинамический. Единичные появления у поверхности льда фораминифер, радиолярий, хетогнат, крылоногих моллюсков и остракод, не имеющие никакой цикличности, вызваны вертикальной конвекцией вод. Это особенно заметно после резкой смены

Таблица 6

Видовой состав криопелагической фауны, собранной ловушками на приманку*. СП-23, 1977-1978 гг.

Вид		№ лова						
		1	2	3	4	5	6	7
Mysis polaris	♀	-	-	3	-	-	-	-
	♂	-	-	1	-	-	-	-
Phryxus abdominalis	♀	1	-	-	-	-	-	-
Parathemisto libellula		-	-	-	-	24	-	-
Cyclocaris guilelmi juv.		-	-	-	-	-	14	-
	♀	-	-	-	-	-	6	-
Anonyx nugax	♀	-	3	-	-	-	-	-
Gammarus wilkitzkii juv.		-	-	-	43	-	-	6
	♀	-	1	3	1	-	-	28
	♂	-	-	5	1	-	-	6
Eualus gaimardi belcheri juv.	♂	17	7	7	-	-	-	-
	♀	-	3	2	-	-	-	-

*Численность видов дана в экз./лов при экспозиции ловушек подо льдом в течение 4 час.

направления дрейфа ледового поля, когда происходит интенсивное перемешивание поверхностных арктических вод подо льдом.

Сезонные вертикальные миграции планктона. Появления у льда массовых представителей арктического зоопланктона – *Calanus glacialis, C. hyperboreus, Pseudocalanus* spp., *Oithona similis, Spinocalanus magnus, Lucicutia polaris, Metridia longa, Mormonilla polaris* – вызываются онтогенетическими миграциями этих видов. Так, популяции *C. glacialis* и *C. hyperboreus*, зимующие в промежуточных арктических и атлантических водах, летом начинают подъем к поверхности, где проходит их нерест и откорм [Павштикс, 1980]. В июне-июле *C. glacialis* присутствовал в горизонтальных ловах в единичных количествах, но в пробе 26 июня было обнаружено несколько десятков экземпляров. Такое массовое скопление особей *C. glacialis* у льда наблюдалось одни сутки. На следующий день, 27 июня, его численность резко уменьшилась и на протяжении августа-октября измерялась единицами на 1 м^3. Аналогично поведение популяции *C. hyperboreus*.

Значительное увеличение численности *P. elongatus* и *P. minutus* у поверхности льда наблюдалось в октябре, когда плотность их популяций достигла 278 экз./м^3 (копеподиты II и III стадий). В это же время была отмечена высокая численность копеподитов в слое 0–25 м (298 экз./м^3).

ОБСУЖДЕНИЕ

Андрияшев [1967], рассматривая ледовую фауну антарктического припая, выделяет две экологические группировки животных: 1 – собственно ледовую фауну, существующую, хотя бы временно, в нижней толще льда, и 2 – подледную фауну, организмы которой не заходят непосредственно в рыхлый лед, но трофически связаны в большей или меньшей степени с ледовой группировкой. В первую группировку входят Polychaeta (2 вида), Calanoida (молодь), Cyclopoida (1 вид), Harpacticoida (3 вида), Amphipoda (2 вида) и один вид рыб (*Trematomus borchgrevinki*); во вторую – планктонные ракообразные Euphausiidae, Hyperiidae, Gammaridea, Calanoida и несколько видов рыб.

Андрияшев [1967] считает, что критерии для выявления видов подледной группы менее определенны, чем для собственно ледовой фауны. Четкой границы между этими двумя экологическими группировками нет, и вполне возможно, что некоторые из животных (главным образом ракообразные), отнесенных ко второй из них, в действительности входят в состав первой. Отсутствие четкой границы объясняется строением льда: рыхлая неплотная структура его нижних горизонтов проницаема для всех представителей растительного и животного планктона. Для характеристики этого типа льда Мегуро [Meguro, 1962] ввел понятие "планктонный лед". С наступлением похолодания происходит смерзание рыхлой структуры льда в плотный монолит, и в этот момент фауна, входящая в состав первой экологической группировки, покидает ячейки планктонного льда или частично остается в его толще. Наблюдения за составом криофильной фауны, вмерзающей в припайный лед [Андрияшев, Грузов, 1974], показали, что наряду с планктонными ракообразными в него входят и такие донные беспозвоночные, как актинии, морские ежи и звезды. Эти животные после весеннего таяния льда выпадали в воду или на дно и продолжали развиваться.

В Арктике наблюдается совершенно иная картина: криофильная фауна развивается в условиях подвижного и постоянно обновляющегося субстрата [Мельников, 1980]. Дрейфующий лед постоянно растет снизу вверх со скоростью, зависящей от его толщины. Так, нарастание снизу зимой на льдах толщиной 3–4 м происходит со скоростью 0,10–0,15 см/сут и за зиму составляет 30–70 см [Грищенко, 1977; Мельников, 1978]. Для более тонких льдов скорость нарастания, а следовательно, и мощность образующегося за зиму льда выше. Летнее таяние снизу, напротив, незначительно и

охватывает главным образом молодой лед, сформировавшийся на поверхности старого после стока талых пресных вод. Порядок величин стаивания молодого льда снизу составляет 5–25 см [Makut, Greenfell, 1975; Грищенко, 1977; Мельников, 1979]. Таким образом, в условиях постоянно растущего субстрата вероятность возврата в воду животных, которые по тем или иным причинам оказались бы вмерзшими в лед, в Арктике мала. Микроскопический анализ сестона, выделенного из проб, взятых в районе полигона наблюдений за фауной, показал, что в ледовую толщу не попадают не только взрослые особи крипелагической фауны, но и ее молодь.

Самое характерное свойство криопелагической фауны дрейфующего льда состоит в том, что все представители ее трех экологических группировок – активно двигающиеся животные, у которых, в отличие от животных пагона, отсутствует стадия анабиоза. Последние "переживают" зиму, вмерзая в лед в состоянии депрессии и после весеннего таяния вновь возвращаются в воду. Эта экологическая особенность развития некоторых беспозвоночных характерна как для пресноводных [Зернов, 1928], так и для морских водоемов [Андрияшев, Грузов, 1974]. Зернов [1928] приводит список 117 видов планктонных животных, вмерзающих зимой в лед и "оживающих" весной после возвращения в воду.

Отсутствие покоящейся стадии у организмов, переживающих полярную ночь – период, когда отсутствует фотосинтетическая ассимиляция органического вещества, – невыгодно с точки зрения энергетических затрат в биотопе. Можно поэтому предполагать, что у видов криофауны в это время должно иметь место снижение двигательной активности (особенно у животных, относящихся к первой экологической группировке). Эксперименты с *Gammarus wilkitzkii* [George, Allen, 1970], проводившиеся in situ при температуре минус 1,8±0,1°С, показали, что у особей этого вида действительно существуют периоды покоя после активного плавания.

В пределах ареала *G. wilkitzkii* в направлении с юга на север наблюдается увеличение средних размеров особей от 30–36 мм на шельфе окраинных морей [Цветкова, 1977] до 40–46 мм в Центральном Арктическом бассейне [Куликов, 1980], что соответствует правилу Бергмана [Гептнер, 1936].

Увеличение размеров и уменьшение активности животных можно рассматривать как следствие снижения уровня физиологического обмена в условиях ограниченного запаса питательных веществ, т.е. как одну из форм адаптации видов к экстремальным условиям существования в Центральном Арктическом бассейне.

ЛИТЕРАТУРА

Андрияшев А.П. О микрофлоре и фауне, связанной с антарктическим припайным льдом. – Зоол. журн., 1977, т. 44, вып. 10.

Андрияшев А.П., Грузов Е.Н. Биологические сообщества у берегов Антарктиды. – В кн.: Наука и человечество. М.: Знание, 1974.

Бушуева И.В. К вопросу об экологии и распределении Amphipoda, Gammaridea на мелководьях Новой Земли и Земли Франца-Иосифа. - В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1977, т. 14(22).
Гептнер В.Г. Общая зоогеография. М.: Биомедгиз, 1936.
Голиков А.Н., Аверинцев В.Г. Биоценозы верхних отделов шельфа архипелага Земли Франца-Иосифа и некоторые закономерности их распределения. - В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1977, т. 14(22).
Грищенко В.Д. Исследование рельефа верхней и нижней поверхности дрейфующих льдов Арктического бассейна: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Л.: ААНИИ, 1977.
Грузов Е.Н., Пропп М.В., Пушкин А.Ф. Биологические сообщества прибрежных районов моря Дейвиса (по результатам водолазных наблюдений).- Информ. бюл. САЭ, 1967, № 65.
Зернов С.А. О зимовке водных организмов во льду и мерзлой земле, по материалам Н.В. Болдыревой, П.П. Шарлиной и Ю.Д. Шмелевой. О "пагоне" - новый термин. - Рус. гидробиол. журн., 1928, т. 7, № 1/2.
Куликов А.С. К экологии двух видов гаммарид и мизиды в криопелагическом биоценозе Центрального Арктического бассейна. - В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.
Мельников И.А. Гидробиологические исследования в Северном Ледовитом океане (весна 1978 г.). - Океанология, 1978, т. 18, вып. 6.
Мельников И.А., Циновский В.Д. Гидробиологические исследования в Северном Ледовитом океане на СП-23 (май-октябрь 1977 г.). - Океанология, 1978, т. 18, вып. 2.
Мельников И.А. Криобиологические наблюдения в Центральном Арктическом бассейне (метод и некоторые результаты исследований). - Океанология, т. 19, вып. 1, 1979.
Павштикс Е.А. О некоторых закономерностях в жизни планктона Центральной части Арктического бассейна. - В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.
Паллбин М.В. Микроорганизмы как разрушители полярных льдов. - Изв. Центр. гидромет. бюро, 1925, т. 5.
Цветкова Н.Л. Некоторые вопросы экологии, роста и продукции двух видов гаммарид (Amphipoda, Gammaridae) в высоких широтах Арктики. - В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1977, т. 14(22).
Усачев П.И. Микрофлора полярных льдов. - Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1949, т. 3.
Apollonio S. The chlorophyll content of Arctic sea-ice. - Arctic, 1961, vol. 14, N 3.
Barnard J.L. Epipelagic and under-ice amphipoda of the Central Arctic basin. - Geophys. Res. Pap., N 63: Sci. Stud. Fletcher's Ice Island, T-3, 1952-1955, 1959, vol. 1.
Cleve P.T., Grunov A. Beiträge zur Kentniss der arctischen Diatomeen. - Kgl. Sven. vetensk. Akad. handl., 1880, Bd. 17.
Diskie G. On the algae found during the Arctic expedition. - Ebenda, 1880, vol. 17.
Ehrenberg C.G. Einer Nachtrag zu dem Vortrage über Verbreitung und Einfluss des mikroskopischen Lebens in Süd- und Nord Amerika. - Monatsber. Dtsch. Akad. Wiss. Berlin, 1841.
English T.S. Primary production in the central North Polar sea, drifting Station Alpha, 1957-1958. - In: Pap. pres. Ist Intern. Oceanogr. Congr. New York, 1959.
George R.Y., Allen Z.P. USC-FSU biological investigations from the Fletcher's ice island T-3 on deep-sea and under-ice benthos of the Arctic Ocean. - Univ. S. Calif. Dept. Biol. Sci. Techn. Rept, 1970, N 1.

Gran H.H. Diatomaceae from the ice-floes and plankton of the Arctic ocean. - In: Norw. North Polar Exped. 1893-1896, Sci. Results, vol. 4 (1900). 1904.
Horner R.A. Sea ice organisms. - Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 1976, vol. 14.
Maykut G.A., Grenfell T.C. The spectral distribution of light beneath first-year sea ice in the Arctic Ocean. - Limnol. Oceanogr., 1975, vol. 20, N 4.
Meguro H. Plankton ice in the Antarctic Ocean. - Antarct. Rec., 1962, vol. 14.
Mohr J.L. Marine biological work. - Geophys. Res. Pap. N 63: Sci. Stud. at Fletcher's Ice-Island, T-3, 1952-1955, N 1, 1959.
Mohr J.L., Tibbs J. Ecology of ice substrates. - In: Proc. Arctic Basin Symp., Oct. 1962, Arct. Inst. N. Amer., 1963.
Peckham V. Year-round SCUBA diving in the Antarctic. - Polar Rec., 1964, vol. 12, N 77.
Ray C. Stalking Seals under Antarctic ice. - Nat. Geogr. Mag., 1966, N 129.
Schoemaker C. Amphipoda collected at the Arctic Laboratory, Office of Naval Research, Point Barrow, Alaska by G. E. Mac-Ginitie. - Smithsonian Misc. Coll., 1955, vol. 128 (1), publ. 4209.

УДК 577.457(268.8)

К ЭКОЛОГИИ ДВУХ ВИДОВ ГАММАРИД (AMPHIPODA, GAMMARIDEA) И МИЗИДЫ (MYSIDACEA) В КРИОПЕЛАГИЧЕСКОМ БИОЦЕНОЗЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

А. С. КУЛИКОВ

Во время гидробиологических работ на станции СП-23 в Центральном Арктическом бассейне с июня по октябрь 1977 и в апреле 1978 г. проводилось исследование состава криофильной фауны, обитающей на морской поверхности дрейфующего льда [Мельников, Циновский, 1978; Мельников, 1978].

Систематический анализ ледовой и планктонной фауны показал, что со льдом биотопически связана группа видов, у которых цикл развития частично или полностью проходит на или у ледовой поверхности. Это позволило выделить в структуре криопелагического биоценоза две основные экологические группировки криофильной фауны: автохтонную (облигатную) и аллохтонную (факультативную) [Мельников, Куликов, 1980]. Ведущими формами первой были мизида *Mysis polaris* и гаммарида *Gammarus wilkitzkii*, во второй доминировала гаммарида *Apherusa glacialis*.

Значительное количество экземпляров этих видов в пробах и продолжительность исследований позволили в данной работе рассмотреть особенности роста и жизненного цикла этих трех видов ракообразных.

Исследования популяции *G. wilkitzkii* на литорали у Земли Франца-Иосифа проводила Цветкова [1977], а популяции *A. glacialis*

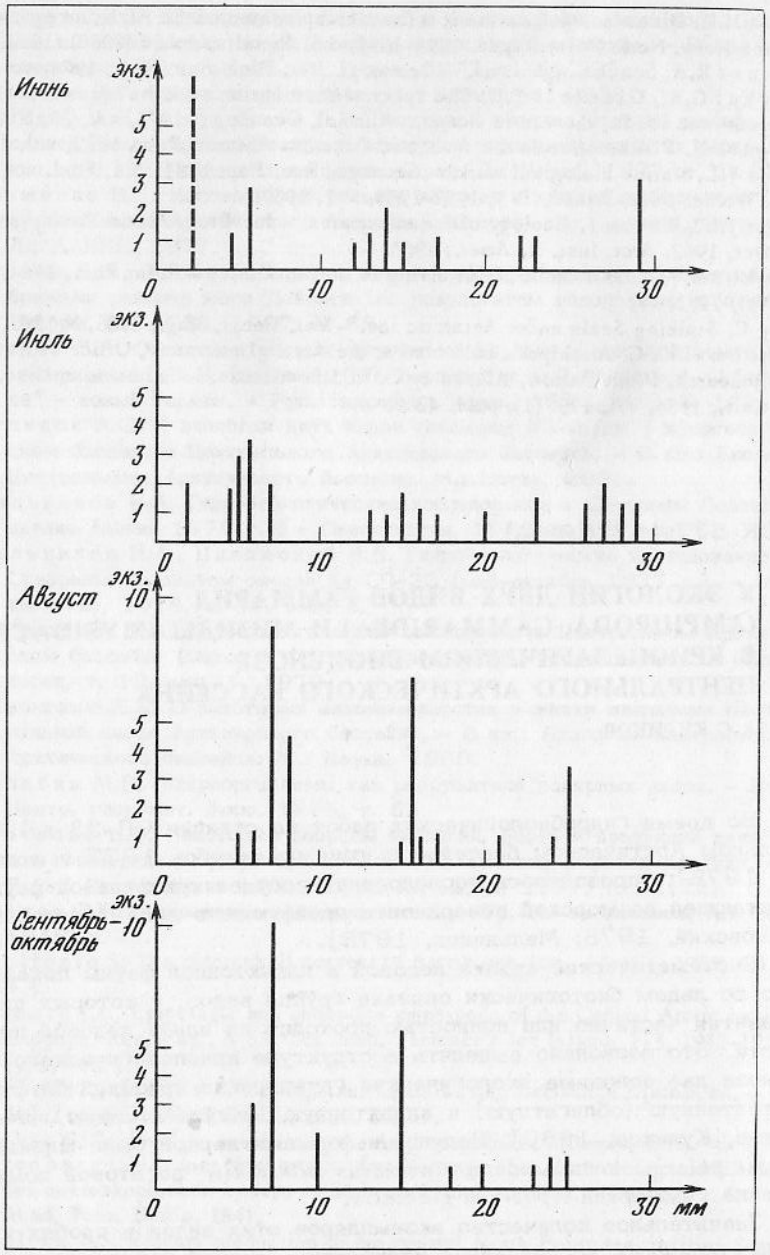


Рис. 1. Размерный состав популяций *Mysis polaris* СП-23, июнь-октябрь 1977 г.

По оси абсцисс – длина тела, по оси ординат – количество экземпляров

в этом же районе – Бушуева [1977]. В отношении *M. polaris* подобные исследования ранее не проводились.

В настоящей работе рассмотрены пробы, собранные в центральных районах Арктического бассейна над глубинами до 2500 м, где размерный состав популяций исследуемых видов иной, чем на шельфе арктических морей.

Mysis polaris C.Holmquist, 1959

Этот вид обнаружен в 13 пробах (62% общего их числа), собранных с нижней поверхности льда в течение всего периода исследований [Мельников, Куликов, 1978]. В пробах оказались 98 экз. *M. polaris* длиной 1,5–29 мм.

Анализ размерного состава *M. polaris* показал, что в пробах присутствуют три размерные группировки этого вида (рис. 1). В июне пойманы неполовозрелые особи длиной 4,5–5,5 мм (первый год жизни), 12–17 мм (второй год жизни), а также самки и самцы длиной 23–29 и 23 мм соответственно (третий год жизни). У самок в зародышевой камере обнаружена сформировавшаяся молодь длиной 1,5 мм. В июле найдены неполовозрелые особи длиной 1,5–7 и 13–17 мм, а также самки длиной 23–29 мм и самец длиной 20 мм. В августе-октябре в уловах четко различались следующие группировки: неполовозрелые особи (5–10 мм, первый год жизни), годовалые экземпляры (15–18 мм) и половозрелые самки и самцы (23–25 и 20–21 мм).

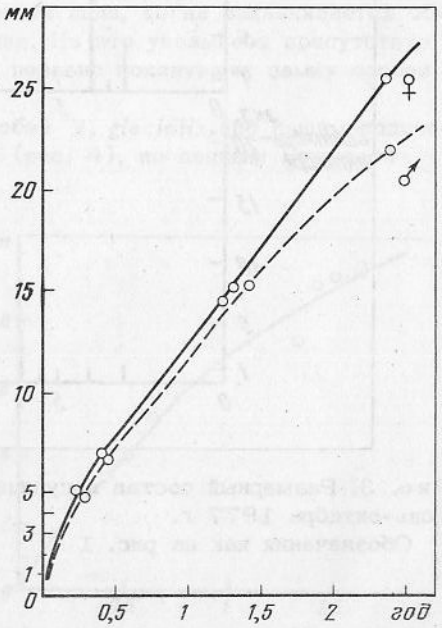


Рис. 2. Скорость роста и продолжительность жизни *Mysis polaris*.

По оси абсцисс – возраст, по оси ординат – длина тела

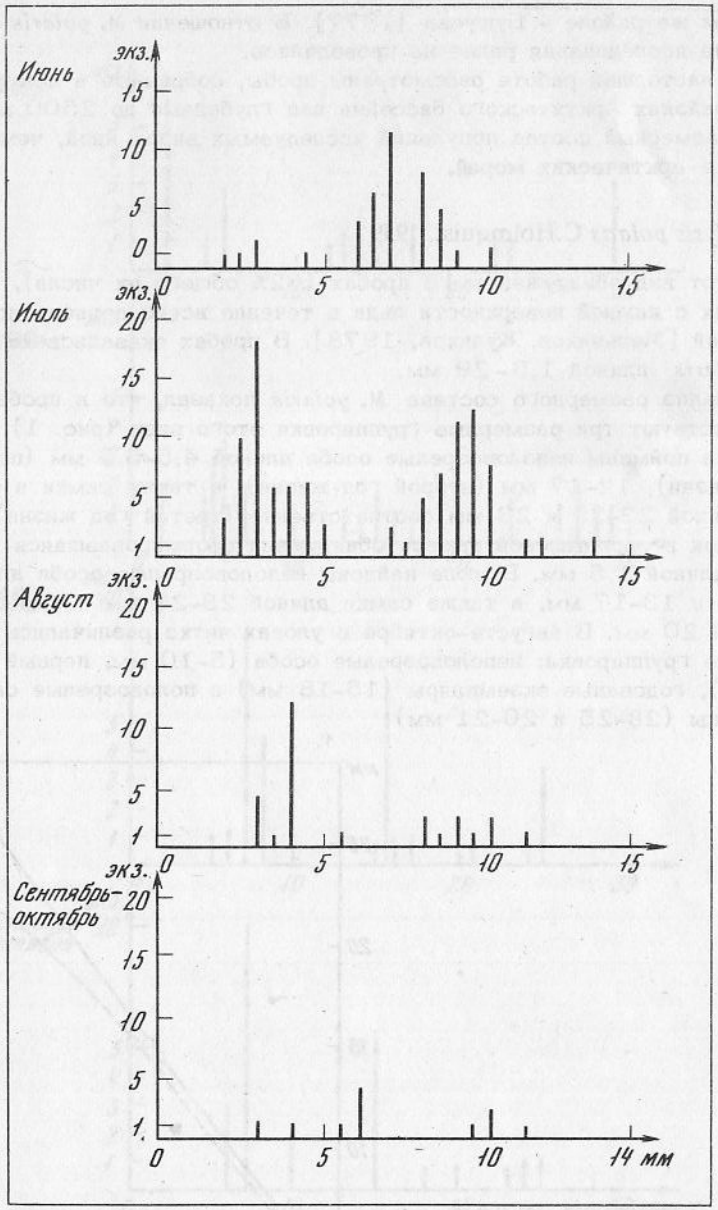


Рис. 3. Размерный состав популяций *Apherusa glacialis*. СП-23, июнь-октябрь 1977 г.

Обозначения как на рис. 1

На основании этих данных можно полагать, что продолжительность жизни особей *M. polaris*, вероятно, близка к трем годам (рис. 2). Скорость роста самок превышает таковую у самцов, благодаря чему они достигают больших размеров. Присутствие в июне-июле самок со сформировавшейся молодью, а также молодых, недавно вышедших из зародышевой камеры особей показывает, что время ее выхода из зародышевых сумок приходится на май-июнь.

M. polaris – эпипелагический вид; найден в Арктическом бассейне у побережья Аляски и в Карском море [Holmquist, 1959a].

Apherusa glacialis (Hensen, 1887)

Вид обнаружен в 18 пробах (84% всего их числа), собранных с нижней поверхности льда в течение всего периода исследований. Всего поймано 182 экз. длиной от 1,9 до 13,0 мм [Мельников, Куликов, 1980].

В результате анализа размерного состава материала, собранного в июне-октябре 1977 г., были выделены две размерные группировки (рис. 3): неполовозрелые особи длиной 1,9-6,0 мм (первый год жизни) и годовалые самцы (6-10 мм) и самки (5,5-13,0 мм) с различной степенью развития инкубаторных пластинок.

В течение всего летнего периода не встречено ни одной самки с признаками вынашивания яиц или молоди. Очевидно, размножение *A. glacialis* в пелагиали Арктического бассейна проходит на глубине, куда популяция этого вида мигрирует с наступлением полярной ночи [Мельников, Куликов, 1980], а выход молоди из марсупиума – весной, у поверхности льда, когда заканчивается обратная онтогенетическая миграция. На это указывает присутствие в пробах в июне-июле молодых, недавно покинувших самку особей длиной 1,9-5,0 мм.

Продолжительность жизни особей *A. glacialis*, по нашим подсчетам, составляет около двух лет (рис. 4), по данным Бущуевой [1977], около года.

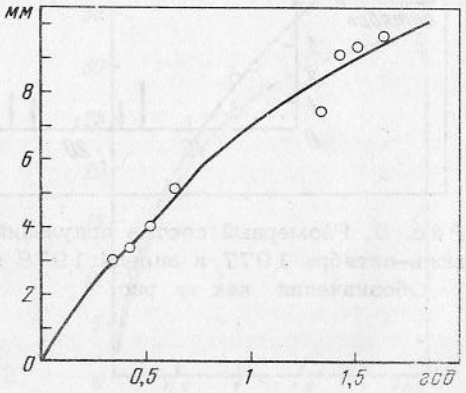


Рис. 4. Скорость роста и продолжительность жизни *Apherusa glacialis*.

Обозначения как на рис. 2

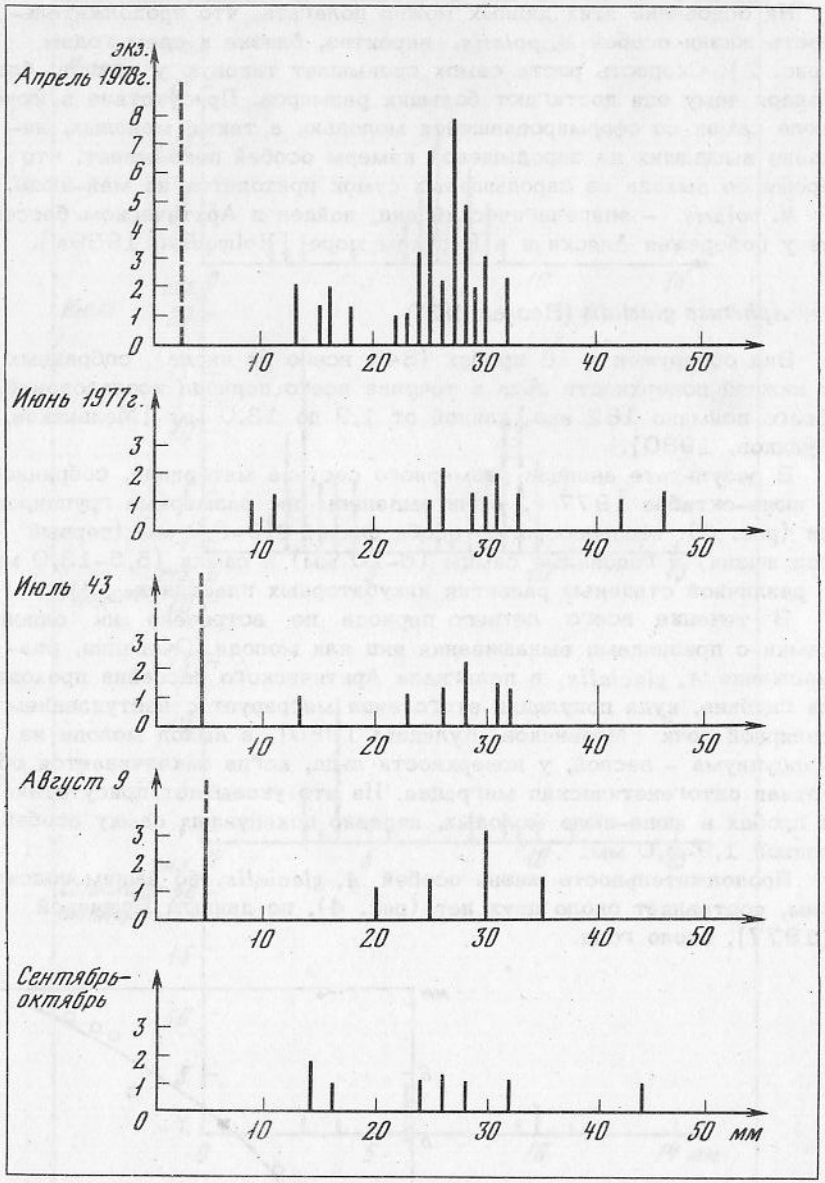


Рис. 5. Размерный состав популяций *Gammarus wilkitzkii*. СП-23, июнь-октябрь 1977 и апрель 1978 г.
Обозначения как на рис. 1

A. glacialis является самым массовым видом высших ракообразных, встречавшихся в горизонтальных ловах у нижней поверхности льда в Центральном Арктическом бассейне в июне-октябре 1977 г.

Особи этого вида ведут пелагический образ жизни и встречаются как на поверхности моря среди плавающих льдов, так и на их нижней поверхности; многочисленны на мелководьях у островов восточного сектора Арктики.

A. glacialis – атлантическо-бореально-арктический вид, имеющий в Арктике циркумполярное распространение.

Gammarus (Lagunogammarus) wilkitzkii Birula, 1897

Летом 1977 г. было поймано 79 экз. *G. wilkitzkii*, среди которых были обнаружены три размерные группы: неполовозрелые особи длиной 4-16 мм (первый год жизни), половозрелые самки и самцы (23-26 и 28-35 мм) на втором году жизни, и самки и самцы (32-33 и 42-46 мм) на третьем году жизни. Весной 1978 г. был пойман 41 экз. этого вида, в том числе неполовозрелые особи длиной 13-18 мм и половозрелые самки и самцы длиной 22-30 и 26-32 мм. Самки последней группы несли большое количество сформировавшейся молоди, готовой к выходу из марсупиума (рис. 5). На основании этих данных продолжительность жизни особей *G. wilkitzkii* может быть принята равной приблизительно трем годам (рис. 6), что соответствует данным Цветковой [1977], полученным для особей этого вида с шельфа Земли Франца-Иосифа.

В октябре 1977 г. в марсупиуме самок *G. wilkitzkii* были обнаружены яйца. В июле 1977 г. и апреле 1978 г. найдены самки с молодью, причем в апреле почти у всех самок в инкубаторных камерах обнаружено по 51-164 молодые особи размером 2,2-2,5 мм.

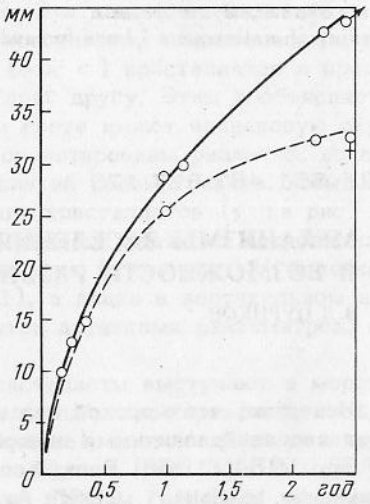


Рис. 6. Скорость роста и продолжительность жизни *Gammarus wilkitzkii*.
Обозначения как на рис. 2

Таким образом, процесс размножения у *G. wilkitzkii* в районе исследований протекает с октября по июнь включительно. Массовый выход молоди из марсупиума происходит в апреле–мае.

G. wilkitzkii – холодноводный вид, обитающий преимущественно в открытой части моря и держащийся обычно у нижней поверхности дрейфующего льда. Северо-бореально-арктический, циркумполярный в Арктике вид.

Анализ размерного состава популяций *G. wilkitzkii*, *A. glacialis* и *M. polaris* из центральных районов Арктики показал, что средний размер их особей здесь выше, чем на шельфе арктических морей, что соответствует правилу Бергмана, согласно которому средние размеры животных по мере перехода от южных границ ареала вида к северным увеличиваются.

ЛИТЕРАТУРА

Бушуева И.В. К вопросу об экологии и распределении Amphipoda, Gammaridea на мелководьях Новой Земли и Земли Франца-Иосифа. – В кн.: Биоценозы шельфа Земли Франца-Иосифа и фауна сопредельных акваторий. Л.: Наука, 1977.

Мельников И.А. Гидробиологические исследования в Центральном Арктическом бассейне (весна 1978 г.). – Океанология, 1978, т. 18, вып. 6.

Мельников И.А., Куликов А.С. Криопелагическая фауна ледовых сообществ Центрального Арктического бассейна. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.

Мельников И.А., Циновский В.Д. Гидробиологические исследования в Северном Ледовитом океане (май–октябрь 1977 г.). – Океанология, 1978, т. 18, вып. 2.

Цветкова Н.Л. Некоторые особенности экологии, рост и продукция двух видов гаммарид (Amphipoda, Gammaridae) в высоких широтах Арктики. – В кн.: Биоценозы шельфа Земли Франца-Иосифа и фауна сопредельных акваторий. Л.: Наука, 1977.

Holmquist C. *Mysis polaris* – a new species of the genus *Mysis*. – Kgl. fysiograf. sallskapets I Lund forhandl., 1959, Bd 29, N 2.

УДК 551.467:577.475

МЕХАНИЗМЫ ЗАСЕЛЕНИЯ МОРСКОГО ЛЬДА И ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ В НЕМ МИКРОФЛОРЫ

В. Л. ЦУРИКОВ

Известно, что морской лед в северном и южном полушариях бывает заселен различными водорослями [English, 1961; Bunt, Wood, 1963, 1964, 1968; Bunt, Wood, 1963; Буйницкий, 1965, 1973; Burkholder, Mandelli, 1965; Андрияшев, 1967; Meguro et al., 1967; Грузов и др., 1967, 1969; Мельников, Павлов, 1978], а в нижнем ячеистом слое льда встречаются даже мелкие ракообразные и мальки рыб [Apollonio, 1965; Грузов и др., 1967, 1969]. Однако до сего времени не было полной ясности относительно путей и способов заселения льда этими организмами. Такие пути и рассматриваются в данной статье. Чтобы их понять, необходимо представить себе структуру морского льда, процессы включения в него солей и его опреснения.

Структура морского льда. Морской лед – сложная система, состоящая из трех фаз: 1) твердой – чистого (пресного) льда и выкристаллизовавшихся солей, 2) жидкой – концентрированного раствора солей (рассола) и 3) газовых включений. Концентрация и количество рассола, а также содержание твердых солей определяются температурой окружающего льда. При ее падении происходит замерзание части рассола, сопровождающееся повышением его концентрации. С увеличением концентрации понижается точка замерзания рассола. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока точка замерзания не сравняется с температурой окружающего льда. При повышении температуры часть льда, окружающего ячейки с рассолом, тает, и концентрация последнего понижается до тех пор, пока его точка замерзания не достигнет новой температуры льда. Падение температуры сопровождается кристаллизацией части солей, а повышение – растворением их в рассоле. Морской лед остается трехфазной системой вплоть до самых низких из возможных в нем температур; малая часть рассола сохраняется при этом в жидком виде.

В настоящее время надежно установлено [Цуриков, 1976], что основная толща морского ледяного покрова состоит из образований, которые, подобно кристаллам, одинаково окрашены в поляризованном свете, но не однородны, а образованы параллельными друг другу ледяными пластинками (рис. 1). Эти пластинки называются "кристаллатами" в отличие от их ассоциатов, называемых "кристаллитами". Главные оптические оси (оси *c*) кристаллатов в пределах каждого кристаллита параллельны друг другу. Этим и объясняется, что кристаллаты в поляризованном свете имеют одинаковую окраску. Оптические оси кристаллитов ориентированы различно, но всегда в горизонтальной плоскости, если не рассматривать самый верхний слой ледяного покрова. Толщина кристаллатов (*y* на рис. 2) в общем уменьшается вниз от поверхности ледяного покрова, составляя в среднем 0,46 мм. Их ширина (*x* на рис. 2) в несколько раз больше их толщины (рис. 1), а длина в вертикальном направлении (*z* на рис. 2) измеряется десятками сантиметров, а иногда превышает метр.

В процессе нарастания льда кристаллаты выступают в морскую воду, образуя так называемый скелетный, или каркасный, слой, толщиной обычно до 2 см (изредка больше), состоящий из лезвиеобразных, вытянутых в направлении *z* выступов (рис. 3). По мере роста ледяного покрова температура на каждом горизонте понижается

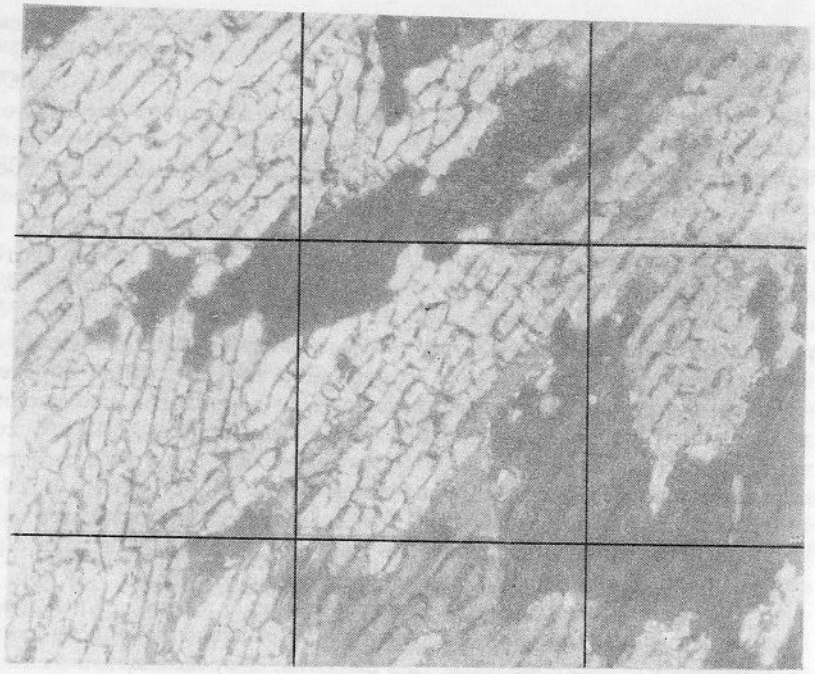


Рис. 1. Микрофотография поперечного среза кристаллитов морского льда [по Weeks, Hamilton, 1962]

Размеры сетки 1 × 1 см. Снимок сделан в поляризованном свете, поэтому кристаллиты окрашены с различной интенсивностью

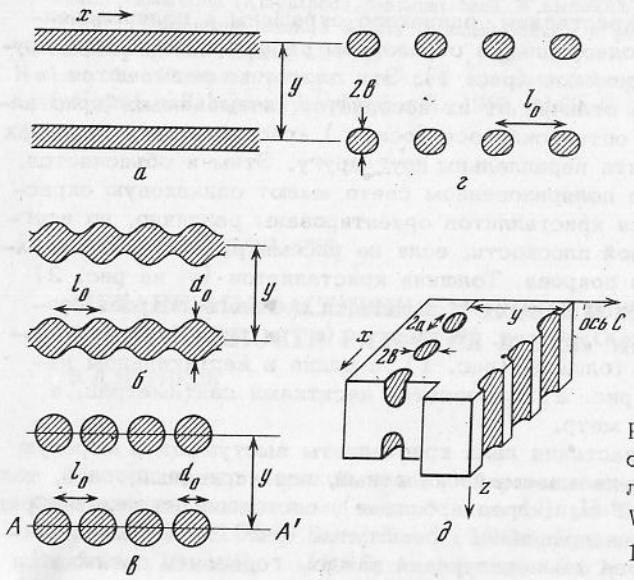


Рис. 2. Схема строения морского льда [по Anderson, Weeks, 1958; Assur, 1958]

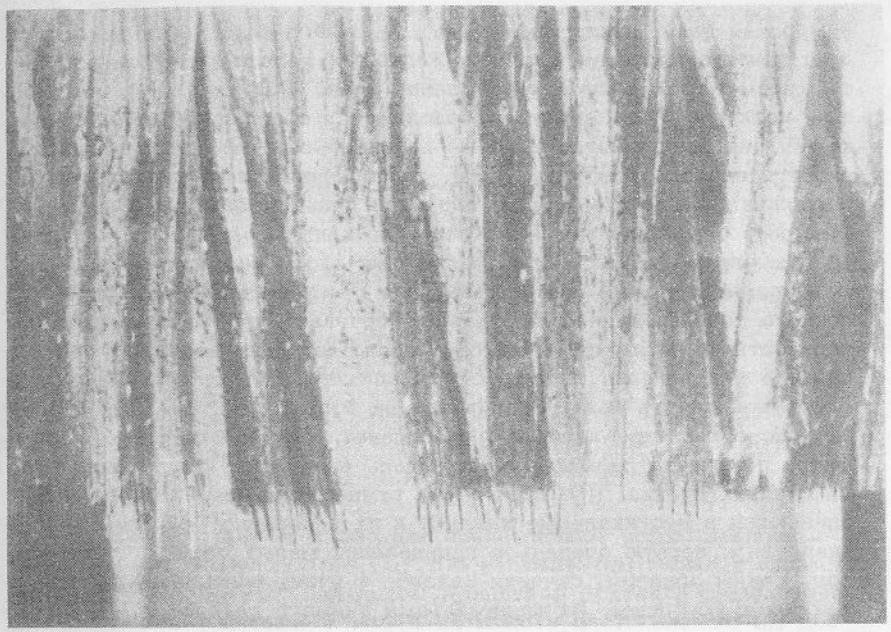


Рис. 3. Фотография в поляризованном свете вертикального профиля искусственного морского льда [по Eide, Martin, 1975]

Хорошо видны различные кристаллиты и выступы скелетного слоя

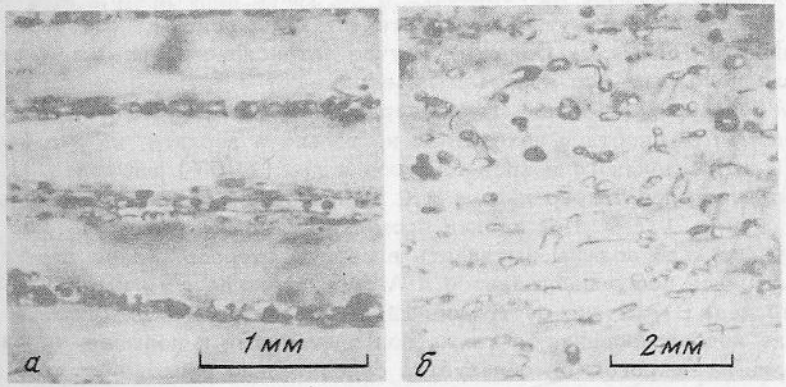


Рис. 4. Фотографии горизонтальных срезов морского льда

а – пленки рассола только начинают разделяться на вертикальные каналы; *б* – пленки разделились на вертикальные цилиндрические каналы [по Anderson, Weeks, 1958]

и морская вода между выступами скелетного слоя частично замерзает, переходя сперва в пленки жидкости, разделяющие кристаллаты (рис. 4, *а*). Толщина этих пленок около 0,07 мм. При дальнейшем понижении температуры продолжается замерзание воды в пленках, и они разрываются на ряды вертикальных цилиндров эллиптического сечения (см. рис. 2, *в*), заполненных концентрированным рассолом (см. рис. 4, *б*). В процессе дальнейшего охлаждения сквозные вертикальные цилиндрические каналы разрываются на серии замкнутых ячеек, также вытянутых вдоль оси *z* (см. рис. 2, *г*). Одновременно происходит постепенное превращение ячеек эллиптического сечения в ячейки кругового сечения. Это объясняется поверхностным натяжением, которое вызывает давление на стенки ячеек в направлении малых осей эллипсов (*b*), что обусловливает медленное таяние льда. В направлении больших эллиптических осей (*a*) поверхностное натяжение оказывает обратное действие – стремится сократить размеры ячеек. Здесь происходит нарастание льда на стенках ячейки. При повышении температуры серии ячеек вновь сливаются в вертикальные каналы, а их поперечное сечение увеличивается в первую очередь в направлении малых осей (*b*) эллипсов. Таким образом, сечения каналов и ячеек постепенно приближаются к круговым. Их минимальный диаметр равняется 0,136 мм.

Такое строение свойственно всей толще морского льда, кроме самого верхнего слоя, где почти все оси *c* кристаллитов вертикальны. Ниже, в переходном слое, направление осей *c* постепенно сменяется на горизонтальное. Вертикальное направление оси *c* связано с тем, что сначала образовавшиеся кристаллаты, имеющие характерную для них удлиненную форму, плавают на поверхности льда горизонтально. Обычно на горизонте 5 см такие кристаллаты исчезают и сменяются вытянутыми по вертикали кристаллатами с горизонтальными осями *c*. Однако в случае интенсивного образования внутриводного льда его кристаллиты всплывают и примерзают к ледяному покрову хаотически. Тогда переходный слой может достигать большой мощности и находиться не только в верхней, но и в нижней части ледяного покрова. Грузов и др. [1967] наблюдали в Антарктике слой такого льда в 1,2 м при общей толщине ледяного покрова в 1,7 м. При таянии промежутки между кристаллатами данного льда должны вытаивать в первую очередь. Такая структура льда чаще всего наблюдается в Антарктике, где обычен внутриводный лед. В Арктике внутриводный лед образуется в основном в начале ледообразования, а также под разводьями и полыньями. Под ледяным покровом он образуется сравнительно редко.

Кроме ячеек с рассолом, вертикальных каналов и углублений на нижней поверхности морского льда, в нем встречаются так называемые каналы стока. Они обнаружены как в искусственном [Harrison, 1965; Eide, Martin, 1975], так и в природном морском льду [Lake, Lewis, 1970]. Эти каналы представляют собою вертикальные цилиндры со множеством ответвлений, расходящихся, подобно ветвям дерева. Нижние ответвления тянутся открытыми до вертикаль-

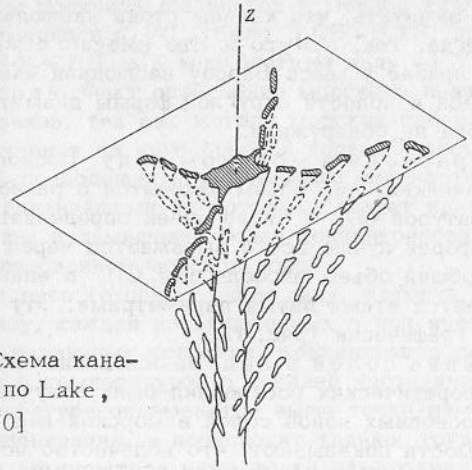


Рис. 5. Схема канала стока [по Lake, Lewis, 1970]

ного "ствола" канала, а верхние представляют собою наклонные серии ячеек с рассолом (рис. 5). По наблюдениям Лейка и Льюиса [Lake, Lewis, 1970] над льдом Канадской Арктики, средний диаметр стволов равнялся 7 мм, а их высота достигала 90 см при толщине льда 1,6 м. Число каналов составляло 54 на 1 м^2, т.е. на каждый канал приходилась площадь в 185 см^2.

Иногда под каналами стока образуются непрочные ледяные трубки, нарастающие вертикально вниз от нижней поверхности льда. Они формируются в результате соприкосновения с морской водой, находящейся на точке замерзания, стекающего изо льда рассола, имеющего более низкую температуру.

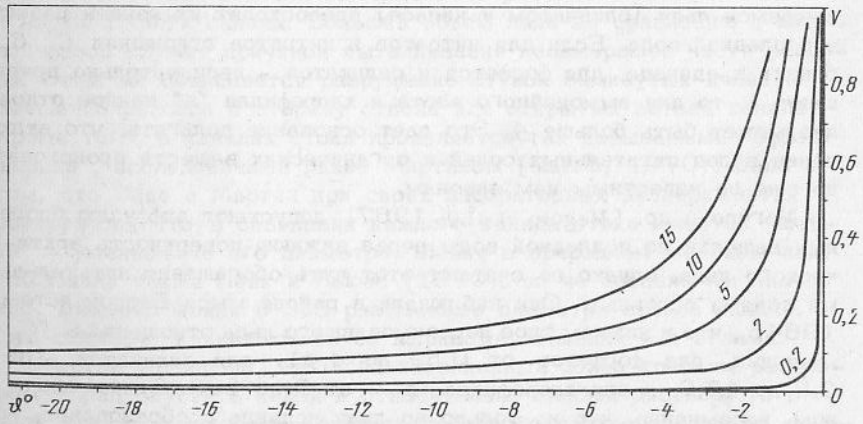


Рис. 6. Относительный объем рассола во льду
Цифры около кривых показывают хлорность льда, в ‰

Следует заметить, что каналы стока наблюдаются в морском льду не всегда. Так, Мэгуро и Ито [Meguro et al., 1967] летом 1964 г. в припае у мыса Барроу наблюдали ячейки с рассолом, пузырьки газа и полости округлой формы диаметром 0,2–1 см, но каналов стока не обнаружили.

Объем рассола в морском льду. Поскольку концентрация рассола в ячейках и их объем находятся в равновесии с окружающей температурой (ϑ), а число ячеек определяется минерализацией рассола, которая лучше всего выражается через его хлорность (Cl_p), то общий объем рассола $v(\vartheta, Cl)$ в единице объема льда обусловливается этими двумя параметрами. Эту зависимость можно изобразить графически (рис. 6).

Включение солей в лед. На основании лабораторных экспериментов и теоретических построений были получены зависимости для включения основных ионов солей в морской лед [Цуриков, 1976]. Эти зависимости показывают, что количество ионов во льду прямо пропорционально их концентрации в воде, из которой образовался данный лед. При постоянном же их содержании в воде концентрация этих ионов во льду зависит от скорости его нарастания. При малых скоростях количество ионов возрастает быстро, а по мере увеличения скорости содержание ионов во льду возрастает все медленнее и медленнее. Для ионов Cl^-, SO_4^{2-}, HCO_3^- и Mg^{2+} при скорости нарастания, приближающейся к бесконечности, отношение содержаний этих ионов во льду и воде стремится к единице, а для ионов Ca^{2+} и Na^+ – к 1,56 и 0,98 соответственно. Для общей соленности это отношение также стремится к единице. Поэтому соленость или концентрация какого-либо иона во льду не может быть много больше, чем в воде.

В то же время известно [Цуриков, Цурикова, 1977], что содержание биогенных веществ и хлорофилла "а" в недавно образовавшемся льду (блинчатом и нилясе) превосходит их концентрацию в подледной воде. Если для нитратов и нитритов отношения $C_л/C_в$ близки к единице, для фосфатов и силикатов – незначительно превышают 1, то для аммонийного азота и хлорофилла "а" данное отношение может быть больше 4. Это дает основание полагать, что включение в лед питательных солей и органических веществ происходит по еще не известным нам законам.

Мэгуро и др. [Meguro et al., 1967] допускают диффузию биогенных веществ из подледной воды через нижнюю поверхность арктического льда, однако не считают этот путь обогащения питательными солями основным. Они наблюдали в районе мыса Барроу летом 1964 г., что в нижнем слое перезимовавшего льда отношение $C_л/C_в$ менялось для фосфатов от 0,59 до 4,41, для силикатов – от 2,9 до 15,0, а для хлорофилла "а" – от 5 до 203. Таким образом, несомненно, что не только во льду недавнего образования, но и в более "старом" льду содержание питательных солей и некоторых органических веществ может быть повышенным. Для фосфатов

такие же результаты получили Мельников и Павлов [1978]. Во льду в возрасте 5 месяцев $C_л/C_в$ было 3,09–5,18, при возрасте $8^1/_2$ месяца – 4,34–4,85, а в многолетнем льду –1,75–3,34.

Опреснение льда. Факт опреснения морского льда хорошо известен уже много веков, так как жители морских побережий использовали лед для получения из него пресной воды. Существует несколько механизмов, приводящих к уменьшению солености льда [Цуриков, 1976], главнейшими из которых следует признать миграцию ячеек с рассолом и замещение более концентрированного рассола менее минерализованной морской водой.

Вследствие градиента температуры во льду, которая, как правило, повышается книзу, каждая из включенных в лед ячеек с рассолом оказывается в различных условиях. Концентрация рассола находится в равновесии с температурой в средней части ячейки. В ее нижнем конце температура оказывается выше точки замерзания рассола данной концентрации, и происходит таяние, тогда как в верхнем конце, где температура ниже точки замерзания, имеет место образование льда. Концентрация рассола внутри ячейки выравнивается диффузией, а сама ячейка движется в сторону более высоких температур.

Для изменения содержания во льду каких-либо ионов вследствие миграции ячеек были получены полуэмпирические формулы [Цуриков, 1976], показывающие, что вначале количество ионов уменьшается быстро, а с течением времени – постепенно замедляется. При этом содержание ионов уменьшается тем быстрее, чем больше градиент температуры. Эти же зависимости применимы и для расчетов уменьшения общей солености льда. Однако во многих случаях оказывается, что опреснение льда идет быстрее, чем дают расчеты по упомянутым формулам. Это можно объяснить действием каналов стока.

Теория таких каналов разработана Эйде и Мартином [Eide, Martin, 1975]. Они связали выталкивание рассола с замерзанием его в верхней части канала. Больший объем льда по сравнению с жидкой фазой служит причиной выталкивания незамерзшей части рассола. Этим же объясняется разрушение стенок замкнутых ячеек и смещение рассола в сторону ствола или открытых ветвей канала. Кроме того, в каналах стока проявляется так называемый "эффект шприца", исследованный ранее Мартином [Martin, 1970]. Дело в том, что Эйде и Мартин при своих лабораторных экспериментах обнаружили, что в основании каждого канала стока имеется "шейка" – уменьшение его диаметра. Шейки в природном морском льду наблюдали также Лейк и Льюис [1970], но не придали им значения. Диаметр шейки в 3–5 раз меньше диаметра ствола канала. Это сближает каналы стока со шприцами, а шейки – с иглами.

Мартин установил, что если заполненный более крепким раствором шприц опустить иглой в относительно слабый раствор, то в игле начнется движение концентрированного раствора вниз из шприца, а более слабого – вверх. Такое периодически сменяющееся движение имеет свое гидростатическое обоснование. Мартин в течение

четырех суток наблюдал подобное непрерывное движение насыщенного раствора хлористого натрия с периодом 40 сек.

Лейк и Льюис также предполагали чередующиеся потоки рассола и морской воды под каналами стока, но они пришли к такому выводу косвенным путем, по измерениям температуры в подледном слое. Они установили лишь неоднородность температуры в горизонтальном направлении и не могли выявить периодичность явления. Эйде и Мартин 8 час. непосредственно наблюдали течение рассола из каналов стока и подледной воды – в каналы. Это происходило с периодичностью около часа, причем сток рассола длился приблизительно 45 мин., а приток воды в канал 8–15 мин. К сожалению, эта периодичность установлена для искусственных лабораторных условий, и нет полной уверенности, что она такова же для природного морского льда.

Проникновение в стволы каналов морской воды, имеющей более высокую, чем лед, температуру, создает в нем наклонные градиенты температуры, что влечет наклонную же миграцию ячеек к стволу.

Образование шейки Эйде и Мартин объясняют замерзанием на стенках основания канала морской воды, поступающей в ледяной покров, температура которого ниже точки ее замерзания. Однако для этого надо, чтобы каналы стока начали засасывать морскую воду еще до начала проявления у них эффекта шприца. Поэтому более вероятным представляется другое объяснение. Гаррисон [Harrison, 1965] обнаружил у нижней поверхности искусственного морского льда так называемые "активные поры". Лейк и Льюис наблюдали их и в природном морском льду. Это открытые на нижнюю поверхность льда трубочки длиною в несколько сантиметров и диаметром 0,4±0,1 мм, заканчивающиеся сверху бульбообразным расширением. Такие поры можно рассматривать как зародыши каналов стока. Если при замерзании части рассола в бульбообразной головке какой-то его объем будет вытолкнут в воду, этот рассол должен пройти через лежащие ниже слои с более высокой температурой, чем точка его замерзания. Это, в свою очередь, должно вызвать растворение стенок трубочки в концентрированном рассоле и увеличение ее диаметра, а также засос подледной воды, повышение температуры льда и разрастание бульбочки. Чередование выталкивания с засосом должно привести к разрастанию бульбочки в канал и приближению трубочки по диаметру к шейке.

Эйде и Мартин построили также теорию вытеснения рассола вследствие замерзания его в верхней части канала стока. Согласно этой теории высота канала L выражается через углубление Z нижней поверхности льда под уровень моря

$$L \approx Z\left[1 - 0{,}005\frac{\rho_Л}{\rho_В}(\vartheta_В - \vartheta_П)\right],$$

где $\rho_Л$ и $\rho_В$ – плотность льда и морской воды, $\vartheta_В$ – ее температура, $\vartheta_П$ – температура на верхней поверхности льда.

Расчеты по этому выражению для случая наблюдений Лейка и Льиса показывают, что высота каналов стока действительно должна быть близкой к 90 см. Однако вычисления для двухлетнего льда дают высоту канала, составляющую 70–80% от толщины льда. Сомнительно, чтобы каналы проходили сквозь слои льда, наросшие более года назад. Летом каналы должны насасывать талую воду, которая осенью замерзает. Малая соленость в слое льда, пережившем лето, приводит к незначительному числу ячеек с рассолом, которых недостаточно, чтобы они слились в каналы.

Иногда под весом накопившегося на однолетнем льду снега или торосов ледяной покров полностью погружается под уровень моря. Тогда каналы стока, по-видимому, могут выйти на поверхность льда и стать путями, по которым морская вода поступает в нижние слои снежного покрова.

Замена рассола менее минерализованной морской водой также вызывает некоторое опреснение льда.

Мэгуро с соавторами [1967] считают, что питательные соли мигрируют в ячейках с рассолом и что именно в этом заключается главная причина высокого содержания фосфатов и силикатов в нижнем, заселенном водорослями слое льда. Действительно, концентрация фосфатов там достигла 4,4 и 8,1 по отношению к их количеству в подледной воде и вышележащему слою льда соответственно. Для силикатов эти отношения составляли 15,0 и 17,5, а для хлорности – 0,21 и 3,05. Получается, таким образом, что фосфаты и особенно силикаты должны были мигрировать быстрее, чем хлориды. Мэгуро с соавторами не объясняют это парадоксальное явление, и мы можем поставить под сомнение правильность их заключения о миграции рассола, как об основном пути обогащения биогенными веществами заселенных водорослями слоев льда. Более вероятным представляется превращение части органического вещества в питательные соли, что подробнее будет рассмотрено ниже.

Включение в лед минеральных частиц и микроорганизмов. Возможны три пути проникновения в морской лед микроскопических живых организмов и минеральных частиц. Грузов с соавторами [1967] высказали мнение, что водоросли попадают в морской лед с подледной водой, которая при мощном снежном покрове на льду выступает по трещинам и пропитывает нижние слои снега. Эти слои затем смерзаются и превращаются в так называемый инфильтрационный лед. Буйницкий [1973] и Мэгуро с соавторами [1967] утверждают, что наиболее вероятный путь заселения ледяного покрова водорослями заключается в их скоплении на нижней поверхности льда и включении в него в процессе его нарастания снизу. Наконец, Цуриков и Ведерников [1978] предположили, что водоросли могут еще проникать в лед и по каналам стока.

Рассмотрим эти три пути заселения льда. Безусловно, что механизм, указанный Грузовым с соавторами, вполне возможен. Еще более вероятно выступание воды под действием веса не снега, а торосов. Здесь слой выступившей воды бывает мощнее, чем на за-

снеженном ровном льду. Несомненно, что вода, пропитывающая снег, на льду бывает заселена микроорганизмами. Нам пришлось наблюдать на Белом море, что такой снег светился.

Можно предположить также, что вода с поверхности льда уходит в толщу ледяного покрова по прошедшим насквозь вертикальным каналам, образующимся путем слияния ячеек с рассолом. С этой водой заносятся в лед и живущие в ней микроорганизмы. Возможно и поступление по этим каналам подледной воды. Однако обычно сквозные каналы появляются во льду во время его таяния, когда выступившая подледная вода во много раз разбавляется пресной талой водой. Это должно привести к гибели многих организмов, остаться живыми могут лишь эвригалинные формы.

С поверхности возможно проникновение в лед и минеральных частиц эолового происхождения. В прибрежной зоне местами их бывает довольно много, что мы наблюдали на Северном Каспии и Аральском море, а Мэгуро с соавторами [1967] – в районе мыса Барроу. В открытом море таких частиц мало, за исключением льда, вынесенного из прибрежных районов. Включение таким путем минеральных частиц способствует аккумуляция сравнительно темными частицами солнечного тепла, вследствие чего они вызывают локальное протаивание льда и погружаются в него.

Возможно и скопление микроорганизмов на нижней поверхности, и вмерзание их в лед. Грузов с соавторами [1967] в Антарктике, а Грищенко [1977] в Арктике наблюдали сплошные пленки водорослей, покрывающие нижнюю поверхность льда. Кристаллаты скелетного слоя прорезают эти пленки, и образующие их организмы могут вместе с рассолом вмерзнуть в замкнутые ячейки. Часть из них потом должна выносится в каналы стока при наклонном движении ячеек, но несомненно, что в эти каналы микроорагнизмы проникают и снизу.

Взмученные минеральные частицы в отдельных случаях тоже могут вмерзать в лед. Наиболее благоприятные для этого условия – малая глубина и близости кромки, так как вдали от нее лед будет серьезным препятствием для взмучивания донных осадков волнением. Нам приходилось наблюдать на Азовском море, как после штормового волнения произошло похолодание с интенсивным образованием нового блинчатого льда и нарастанием более старого, вынесенного из северной части моря. В лед обоих типов вмерзло много взмученных волнами частиц ила. В результате образовался блинчатый лед коричневого цвета; так же был окрашен и нижний, недавно наросший слой приносного льда, что придавало ему коричневую окраску, ясно видимую с самолета.

Известно, что диатомовые водоросли могут менять свою плавучесть и за счет этого совершать вертикальные миграции, а флагелляты делают это при помощи своих жгутиков. Однако вряд ли они используют эти возможности для активного проникновения в каналы стока. Вероятнее всего, что их засасывает в каналы восходящим потоком морской воды. Во всяком случае, трудно предположить,

чтобы водоросли проникали туда во время стекания рассола через шейку. Вероятнее даже обратное, а именно, что вместе с рассолом микроорганизмы выносятся из каналов, и около их отверстий образуются те свисающие с поверхности льда "нити" водорослей, которые Грузов и др. [1967] наблюдали в Антарктике, а Грищенко [1977] – в Арктике.

Могут ли минеральные частицы включаться в лед по каналам стока? Очевидно, могут, хотя подтверждающих это наблюдений неизвестно.

Три рассмотренные пути проникновения в лед микрофлоры объясняют все виды ее поселений во льду, наблюдавшиеся Буйницким [1963, 1973]. Слои водорослей образуются за счет вмерзания их в лед сверху или снизу; "гнезда" – при скоплениях микроорганизмов в вершинах каналов стока; "шнуры", "жилы" и "стволы" – при заселении вертикальных частей каналов, а иногда – и их ветвей.

Условия обитания микрофлоры в морском льду. Количество солнечной энергии во льду убывает по вертикали по закону, который приближенно можно выразить экспонентой от глубины под поверхностью льда. Цуриков и Ведерников [1978] подсчитали, что метровый слой льда зимою пропускает от 0,6 до 37% лучистой энергии, прошедшей через его поверхность, а сильно разрушенный таянием лед – от 0,1 до 1,7%. Еще сильнее уменьшает освещенность снежный покров на льду. Через дециметровый слой сухого снега проходит 11–25%, а влажного снега – 18–33% радиации, проникшей через его поверхность. Следует еще учитывать, что обладая отражательной способностью (альбедо), лед и снег пропускают в свои верхние слои лишь часть лучистой энергии, иногда очень незначительную, так как их альбедо меняется в очень широких пределах. Так, для свободного от снега льда оно обычно составляет 10–20%, а для снега может увеличиваться до 95%.

Эксперименты по оценке продуктивности фитопланктона подледных вод и микрофлоры самого льда показали, что для этих растительных сообществ оптимум освещенности не совпадает с ее максимумом. Так, Буркхольдер и Манделли [Burkholder, Mandelli, 1965] и Бант [Bunt, 1964] для антарктических льдов нашли, что этот оптимум приходится на освещенность в 18 и 1 килолюкс, а для подледных вод пролива Мак Мёрдо и Амурского залива – 3,5 [Bunt, 1964] и 2 килолюкса [Sorokin, Konovalova, 1973]. Различия этих величин Цуриков и Ведерников [1978] объясняют разными физико-океанологическими условиями и разным составом растительных сообществ. Однако, несомненно, что для микрофлоры льда имеются оптимумы освещенности, которые, видимо, зависят от условий ее обитания. Ясно также, что этот вопрос требует дальнейших исследований.

По косвенным признакам можно заключить [Цуриков, Цурикова, 1977], что обилие питательных солей, первоначально наблюдавшихся в морском льду, быстро уменьшается во времени от 1–4 до

9. Зак. 1672

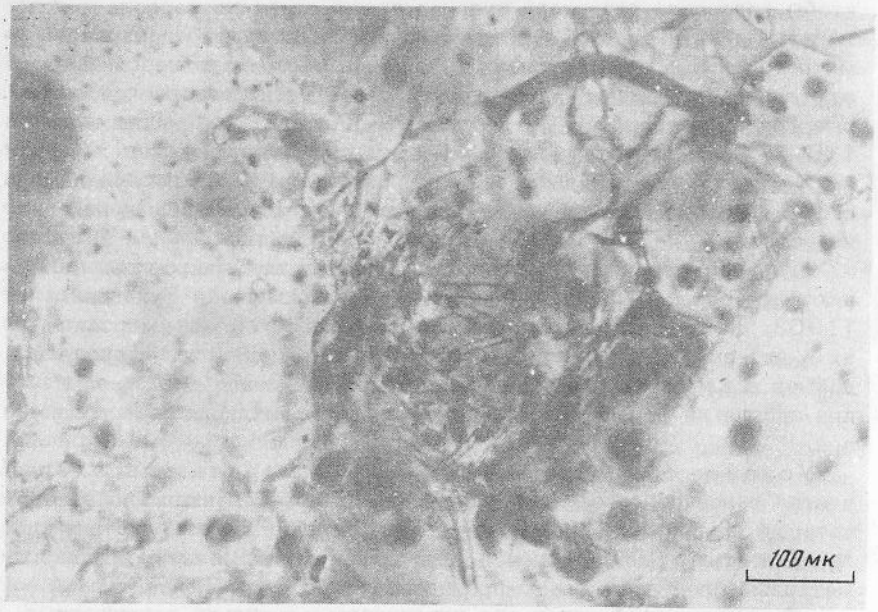


Рис. 7. Горизонтальный срез морского льда с полостью, заселенной диатомовыми водорослями [по Meguro, Ito, Fukushima, 1967]

Видны границы кристаллитов; черные кружки – пузырьки газов, серые точки – ячейки с рассолом

0,1–0,5 их содержания в морской воде. Это может объясняться как уходом их в воду с мигрирующими ячейками рассола или по каналам стока, так и потреблением их развивающимися во льду растительными клетками. Мэгуро, Ито и Фукусима [1967] также считают, что малое количество биогенных веществ в средних слоях льда обусловлено в основном уходом их с мигрирующим рассолом в нижний слой, обильно заселенный диатомовыми. Количество фосфатов и силикатов в этом слое соответственно в 1,1–80,7 и 5,7–22,6 раза превышало их содержание в среднем слое, а для хлорофилла "а" это превышение было еще большим, так как в среднем слое этот пигмент был найден только в следовых количествах.

Однако имеются факты, противоречащие предположению, что питательные соли мигрируют с рассолом и уходят в воду. Мельников и Павлов [1978] нашли, что во всех слоях зимнего (возраст 5 месяцев) и осеннего (возраст 8 1/2 месяца) льда Арктического бассейна было в 3,1–5,2 раза больше фосфатов, чем в подледной воде. Даже для верхних слоев многолетнего льда это отношение составляло 1,8–3,3. При этом концентрация силикатов была пониженной, а содержание взвешенного углерода в зимнем и осеннем льду превышало его количество в воде в 138–280 раз, а в многолетнем льду в 88–57 раз. Предположение этих авторов, что большие

количества фосфора и углерода объясняются выносом льда из более богатых районов шельфа, представляется неубедительным, так как, судя по приведенным координатам, лед обоих видов образовался севернее 82° с.ш., т.е. далеко за пределами шельфа.

Таким образом, открытыми остаются вопросы не только о включении биогенных веществ в лед, но и о причинах сохранения их высоких содержаний во льду. Можно, однако, привести мнение Грётеруда [Grøterud, 1972], что некоторые органические вещества служат ядрами кристаллизации воды и, следовательно, включаются в твердую фазу льда, а также что при замерзании воды фосфаты могут выделяться из органических веществ живых и отмерших клеток водорослей. К сожалению, эти заключения Грётеруда относятся к озерам Норвегии и не проверены для морского льда. Сделать это трудно, поскольку опубликованы только краткие тезисы доклада Грётеруда и многое осталось неясным. Мэгуро с соавторами [1967] тоже считают, что фосфаты могут получаться вследствие бактериального разложения органических веществ, находящихся в виде коллоидов. Однако, по их мнению, этот процесс при температурах минус 1,7° и ниже должен протекать медленно и не может быть основной причиной обогащения льда питательными солями.

Эти японские ученые считают, что вертикальное распределение диатомовых во льду тесно связано с осмотическим давлением на мембраны живых клеток, которое в верхних слоях должно быть слишком большим. Их расчеты основаны на средних климатических данных и способе вычислений по Миякэ, что сейчас нельзя считать достаточно надежным. Тем не менее соображения о роли осмотического давления следует иметь в виду при дальнейших исследованиях.

Несомненно, что водоросли могут не только выживать зимой во льду, но и активно развиваться в нем. Об этом говорят результаты наблюдений и Буйницкого, и Мэгуро с их соавторами [Буйницкий, 1965, 1973; Буйницкий и др., 1973; Meguro et al., 1967]. Прекрасные микрофотографии не оставляют сомнений в справедливости таких высказываний (рис. 7).

ЛИТЕРАТУРА

Андрияшев А.П. О микрофлоре и фауне, связанной с антарктическим припайным льдом. – Зоол. журн., 1967, т. 46, вып. 10.

Буйницкий В.Х. О влиянии диатомовых водорослей на строение и прочность морских льдов. – Тр. САЭ, 1965, т. 44.

Буйницкий В.Х. Морские льды и айсберги. Антарктики. Л.: Изд-во ЛГУ, 1973.

Буйницкий В.Х., Козыренко Т.Ф., Шамонтьев В.А. Микроскопические водоросли в припайных льдах моря Дейвиса. – Проблемы Арктики и Антарктики, 1973, вып. 45.

Грищенко В.Д. Исследование рельефа верхней и нижней поверхности дрейфующих льдов Арктического бассейна: Автореф. канд. дис. Л.: ААНИИ. 1977.

Грузов Е.Н., Пропп М.В., Пушкин А.Ф. Биологические сообщества прибрежных районов моря Дейвиса по результатам водолазных наблюдений. – Информ. бюл. САЭ, 1967, № 65.
Грузов Е.Н., Пропп М.В., Пушкин А.Ф. Гидробиологические исследования. – Тр. САЭ, 1969, т. 50.
Мельников И.А., Павлов Л.Г. Особенности распределения органического углерода в водах и льдах Арктического бассейна. – Океанология, 1978, т. 18, вып. 2.
Цуриков В.Л. Жидкая фаза в морских льдах. М.: Наука, 1976.
Цуриков В.Л., Ведерников В.И. Фотосинтез водорослей в ледовых условиях. – Биология моря, 1978, № 3.
Цуриков В.Л., Цурикова А.П. Изучение химии морских льдов (состояние и задачи). – Океанология. 1977. т. 17. вып. 1.
Anderson D.L., Weeks W.F. A theoretical analysis of sea ice strength. – Trans. Amer. Geophys. Union, 1958, vol. 39, N 1.
Apollonio S. Chlorophyll in Arctic sea ice. – Arctic, 1965, vol. 18, N 2.
Assur A. Composition of sea ice and its tensile strength. – U.S. Nat. Acad. Sci., Nat. Res. Council, 1958, Publ. N 598.
Bunt J. Diatoms of Antarctic sea ice as agent of primary production. – Nature, 1963, vol. 199, N 4900.
Bunt J. Primary productivity under sea ice in Antarctic waters. – Antarct. Res. Ser., 1964, vol. 1.
Bunt J. Microalgae of Antarctic pack ice zone. – In: SCAR/SCOR LAPSO/IUBS Symp. Antarct. Oceanogr., Santiago (Chile), 13–16 Sept., 1966, 1968.
Bunt J., Wood J. Microalgae and sea ice. – Nature, 1963, vol. 199, N 4900.
Burkholder P., Mandelli E. Productivity of microalgae in Antarctic sea ice. – Science, 1965, vol. 149, N 3686.
Eide I., Martin S. The formation of brine drainage features in young sea ice. – J. Glaciol., 1975, vol. 14, N 70.
English T.S. Some biological oceanographic observations in the Central North Polar Sea, Drifting Station Alpha, 1957–58. – Res. Pap. Antarct. Inst. N.Amer., 1961, N 13.
Gröterud O. Nutrients in ice. Some data from highmountain lake. – Vorh. Intern. Ver. theor. und angew. Limnol., 1972, Bd. 18, T. 1.
Harrison J.D. Measurement of brine droplet migration in ice. – J. Appl. Phys., 1965, vol. 36, N 12.
Lake R.A., Lewis E.L. Salt rejection by sea ice during growth. – J. Geophys. Res., 1970, vol. 75, N 3.
Littlepage J.L. Oceanographic investigations in McMurdo Sound, Antarctica. – Antarct. Res. Ser., 1965, vol. 5.
Martin S. A hydrodynamic curiosity: the salt oscilator. – Geophys. Fluid Dynam., 1970, vol. 1, N 1.
Meguro H., Ito K., Fukushima H. Ice flora (bottom type): a mechanism of primary production in Polar Seas and the growth of diatoms in sea ice. – Arctic, 1967, vol. 20, N 2.
Sorokin Yu.I., Konovalova I.V. Production and decomposition of organic matter on a Bay of Japan Sea during the winter diatom bloom. – Limnol. and Oceanogr., 1973, vol. 18, N 6.
Weeks W.F., Hamilton W.L. Petrographic characteristics of young sea ice. – Amer. Mineral., 1962, vol. 47, N 7/8.

ПЛАНКТОН (СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ)

УДК 577.475(268.9)

ФИТОПЛАНКТОН РАЙОНА ДРЕЙФА СТАНЦИИ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС-22»

Т.В. БЕЛЯЕВА

В 1975 г. с мая по октябрь во время дрейфа станции "Северный полюс-22" проведен комплекс гидробиологических исследований, целью которых было изучение биологической продуктивности Арктического бассейна. Задачей нашей работы было изучение флоры и сезонного распределения фитопланктона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для настоящей работы послужили сборы фитопланктона, полученные с помощью батометра, и пробы из разводий в районе дрейфа станции – 82°54′ – 84°15′8 с.ш. и 166–168° з.д., кроме того, была обработана также одна проба льда. Батометрические пробы брали с помощью 10-литрового пластмассового батометра с горизонтов 0, 10, 25, 50, 100, 200 и 300 м. С конца июня, т.е. с момента начала таяния снега и образования разводий, брали пробы ведром из разводий (15 станций с 25 июня по 14 октября). Всего было обработано 47 проб. Из этого числа 18 батометрических проб (3 станции – 22 мая, 9 и 24 июня) и 5 проб из разводий (25 и 28 июня, 3 и 11 июля) обработаны по методике концентрирования на мембранных фильтрах. В результате обработки этих проб выяснилось, что численность фитопланктона в них (даже в параллельных пробах) была на один и на два порядка ниже, чем в пробах, сделанных отстойным методом. По-видимому, к фильтрам прилипала бо́льшая часть клеток фитопланктона, и поэтому для количественной оценки фитопланктона мы могли использовать только отстойные пробы. Все пробы были собраны во время дрейфа СП-22 И.А. Мельниковым [1976] и переданы нам для обработки. Мы пользуемся случаем выразить ему благодарность.

Из проб, обработанных отстойным методом, брали часть (от 2 до 10 л), фиксировали 5%-ным формалином, отстаивали в течение пяти суток и сливали сифоном. Последующая обработка проб производилась в Москве. Заключалась она в следующем: пробы отстаивали в течение трех-четырех недель и затем очень осторожно с помощью

пипетки сливали воду над осадком и доводили пробу до объема 10 мл. Определение и счет водорослей производили в камере Нажжота объемом 0,05 мл, просчитывая по две камеры при увеличении 7×20 или 7×40. Обработанные отстойным методом 24 пробы охватывают период с 7 июля по 14 октября; на трех батометрических станциях (ст. 12, 27 августа; ст. 15, 14 сентября; ст. 17, 14 октября) пробы были взяты с горизонтов 10, 25, 50, 100 и 200 м.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Видовой состав. Флору исследованного района составляют преимущественно диатомовые водоросли. Роль динофлягеллят, силикофлягеллят и синезеленых ничтожно мала. Всего определено 52 вида диатомей. Следует сказать, что число видов диатомей, определенных нами, близко тому, что определено другими авторами для соответствующих районов Арктического бассейна [Ширшов, 1937; Усачев, 1961; Kawamura, 1967]. Пеннатных диатомей, по числу видов, лишь немногим более, чем центрических. Среди центрических преобладают виды родов *Chaetoceros* и *Thalassiosira*, а среди пеннатных – *Navicula*, *Fragilaria* и *Gomphonema*.

Доминирование диатомей вообще характерно для флоры Арктического бассейна и отмечалось ранее другими авторами [Ширшов, 1937; Усачев, 1961; Bursa, 1961; Kawamura, 1967]. В приводимой ниже таблице мы даем список всех видов и их встречаемость по месяцам. В последней графе таблицы указаны виды, определенные нами в пробе льда, взятой 27 сентября. Как видно, в этой пробе пеннатных диатомей, по числу видов, лишь немногим больше, чем центрических, а вот число клеток, преимущественно Fragilaria, почти в 200 раз превышает число клеток в пробе из разводья, взятой 26 сентября (см. рис. 2).

Сходную картину наблюдали Б.Х. Буйницкий и др. [1977]. В пробах льда, взятых в заливе Алашеева (Антарктика) в 1969 г., средняя численность клеток водорослей была значительно выше, чем в воде. Авторы полагают, что солевые капсулы льда способствуют не только сохранности клеток в живом состоянии, но и дают им возможность размножаться, хотя и медленно.

В таблице подчеркнуты даты, когда для характеристики качественного состава использованы также и пробы, обработанные методом концентрирования.

Сезонные изменения состава и численности фитопланктона. На рис. 1 показано соотношение числа видов и численности водорослей в среднем для каждого сезона, с весны и до начала зимы. Как видно, максимум числа видов приходится на август, а минимум – на июнь. Число пеннатных диатомей почти не меняется по сезонам, а число центрических меняется очень сильно – в июне они практически отсутствуют, очень незначительно увеличивается их число в июле, а максимум видов приходится на

Встречаемость водорослей по месяцам

Вид	Дата взятия пробы					
	июнь: 9*, 24*, 25*, 28	июль: 3*, 7, 11, 19*, 22	август: 14, 19, 21, 27*	сентябрь: 3, 14, 26	октябрь: 7, 14	проба льда 27 сентября
1	2	3	4	5	6	7
Центрические						
Bacterosira fragilis Gran	–	–	+	–	–	–
Chaetoceros compressus Laud.	–	–	–	+	–	–
Ch. filiforme Meunier	–	–	–	+	–	–
Ch. fragile Meunier	–	–	+	+	–	+
Ch. gracilis Schütt	–	–	–	+	+	+
Ch. holsaticus Scütt	–	–	–	+	–	–
Ch. ingolfianus Ostf.	–	–	+	–	–	–
Ch. mitra Cl.	–	–	+	–	–	–
Ch. socialis Laud.	–	+	+	–	–	–
Coscinodiscus spp.	+	+	+	+	+	+
Lauderia borealis Gran.	–	+	+	+	–	+
Leptocylindrus danicus Cl.	–	–	–	–	+	–
Melosira arctica Dicie	+	+	+	–	–	–
Porosira glacialis Jorg.	–	+	+	+	+	+
Rhizosolenia hebetata f. *hiemalis* Gran	–	–	+	–	–	–
R. styliformis Bright.	–	–	–	+	–	+
Schroderella delicatula Pav.	–	–	+	–	–	–
Thalassiosira bioculata Ostf.	–	–	+	+	–	–
T. decipiens Jorg.	–	–	–	+	+	–
T. gravida Cl.	–	–	+	+	+	–
T. hyalina Gran	–	+	+	–	+	–
T. nordenskioldii Cl.	–	–	+	+	–	+
T. polychorda Grun.	–	–	+	+	–	–

*Батометрические пробы.

Таблица (окончание)

1	2	3	4	5	6	7
Пеннатные						
Achnanthes arctica Cl.	+	–	+	–	–	–
A. taeniata Grun.	–	+	+	+	+	+
Amphiprora kjellmanii Cl.	–	–	+	–	–	–
Amphora sp.	–	–	–	+	+	+
Cocconeis distans Greg.	+	–	–	–	–	–
Fragilaria cylindrus Grun.	–	+	–	–	–	+
F. oceanica Cl.	+	+	+	+	+	+
Gomphonema exiguum Ktz.	+	+	+	–	+	–
G. exiguum v. *arctica* Grun.	+	+	+	–	+	–
G. kamtschaticum Grun.	+	+	+	+	+	+
Gyrosigma sp.	–	+	–	–	–	–
Licmophora sp.	–	+	–	–	–	+
L. paradoxa v. *crystalina* Grun.	+	+	+	+	+	–
Navicula spicula Hickie	–	–	+	–	–	–
N. septentrionalis Gran	+	–	–	–	–	+
N. transitans Cl.	+	+	+	+	+	+
N. transitans v. *derasa* Grun.	–	–	–	+	–	–
N. transitans v. *incudiformis* Grun.	–	–	–	–	+	–
N. valida Cl. et Grun.	–	–	–	–	+	–
N. valida v. *minuta* Cl.	–	–	–	+	–	–
Nitzschia closterium W. Sm.	+	+	+	+	+	+
N. delicatissima Cl.	+	+	+	+	+	+
N. frigida Grun.	+	+	–	–	–	–
N. laevissima Grun.	+	+	–	+	–	–
Pleurosigma stuxbergii Cl.	+	+	+	+	–	+
Synedra sp.	–	–	–	–	+	–
Thalassionema nitzschioides Grun.	–	–	–	+	–	–
Thalassiothrix frauenfeldii Grun.	–	–	+	+	–	–
Tropidoneis longa Cl.	–	+	–	–	–	–
Dinoflagellatae	+	+	+	+	+	+
Silicoflagellatae	+	–	–	–	–	–
Cyanophycea	+	+	–	–	+	–

август, вернее, на вторую его половину, когда начинается биологическое лето в Арктике. К началу зимы число центрических диатомей заметно убывает.

Численность диатомей максимальной была в июле (биологическая весна в Арктике). затем резко снижалась в августе, в сентябре она была близкой к августовской и затем снова резко снижалась к началу октября.

Весна. Жизнь фитопланктона в Арктическом бассейне связана с ледовыми условиями, которые довольно сильно меняются в разных местах и в разные годы. Биологическая весна в высокой Арктике начинается после вскрытия и подвижки льдов, на разной широте это происходит в разные сроки, но так или иначе начало весеннего цветения связано с таянием льдов и проникновением света в толщу воды [Богоров, 1938, 1941; Gran, 1932; Digby, 1953; Bursa, 1961].

По нашим данным, весна в районе дрейфа СП-22 началась в конце июня – первых числах июля. К концу первой недели июля наблюдалось уже массовое цветение водорослей и максимальная численность фитопланктона достигла 184500 кл./л. (рис. 2). Цветение составляли исключительно пеннатные диатомеи – *Fragilaria oceanica, Nitzschia frigida,* другие виды *Nitzschia* и *Licmophora*. Центрические диатомеи, вообще не характерные для весеннего состояния фитопланктона, по числу видов втрое уступали пеннатным, а по численности они составляли менее 1% общей численности фитопланктона в период цветения. Цветение занимает очень короткий период и быстро идет на спад. Численность фитопланктона 22 июля была уже только 4100 кл./л. Некоторые виды, такие, как, например, *Nitzschia frigida,* дают максимум во время цветения, а к концу июля их уже нет в планктоне (рис. 3). Но есть и такие пеннатные виды, как *Gomphonema kamtschaticum,* максимум численности которой был сдвинут к концу июля.

Лето. С середины июля в планктоне начинают появляться новые виды центрических диатомей, главным образом *Thalassiosira* и *Chaetoceros*. Некоторые центрические весенние формы, такие как *Melosira arctica,* к этому времени уже закончили вегетацию (рис. 4). Число пеннатных форм уменьшается, хотя и незначительно, и одновременно увеличивается численность центрических, достигая максимума 21 августа (52% от общей численности диатомей). В этот период их численность, хотя и немного, но превосходит численность пеннатных видов (2833 и 2200 кл./л соответственно). Увеличение роли центрических диатомей в период арктического лета наблюдали Ширшов [1937, 1938] в Чукотском и Восточно-Сибирском морях, Бурса [Bursa, 1961] в районе Иглулик (Канадская Арктика), Кавамура [Kawamura, 1967] в атлантической части Арктики. Такое состояние фитопланктона свидетельствует о начале биологического лета.

Почему именно центрические формы появляются в период чистой воды, т.е. когда большие акватории свободны ото льда? Бурса

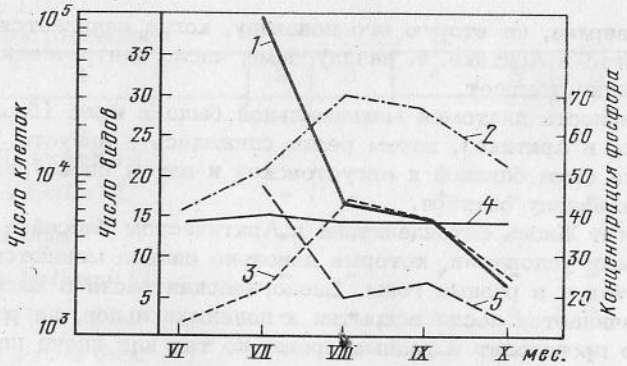


Рис. 1. Соотношение числа видов, количества клеток диатомей (кл./л) и концентрации фосфора (мкг/л), в среднем для каждого сезона

1 – количество клеток; *2* – общее число видов; *3* – число центрических форм; *4* – число пеннатных форм; *5* – концентрация фосфора

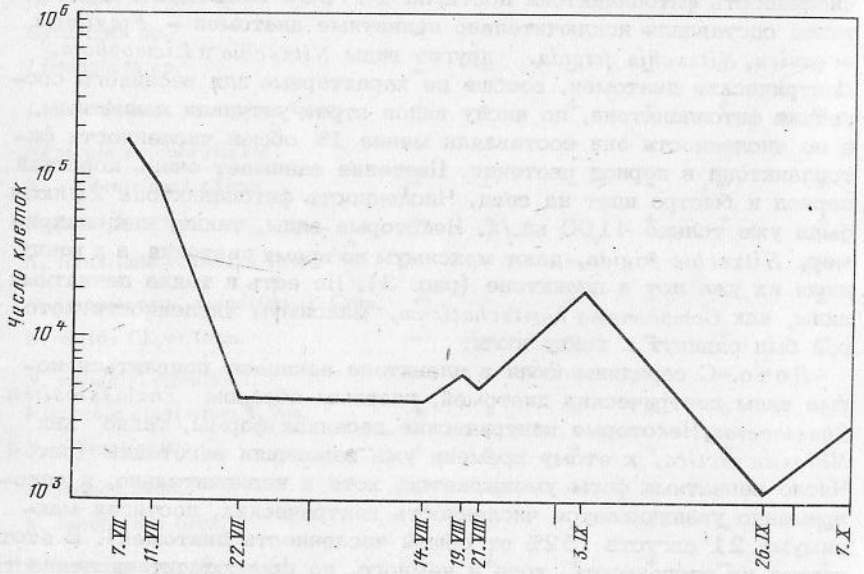


Рис. 2. Распределение количества фитопланктона (кл/л) по времени

[1961] склонен рассматривать центрические диатомеи как "солнечную" флору, по сравнению с "теневой", пеннатной. Возможно, что центрические и пеннатные диатомеи представляют две разные экологические группы. Известно, что существует значительная световая адаптация арктических диатомей, и возможно, что для развития пеннатных водорослей требуется меньше света. Может быть

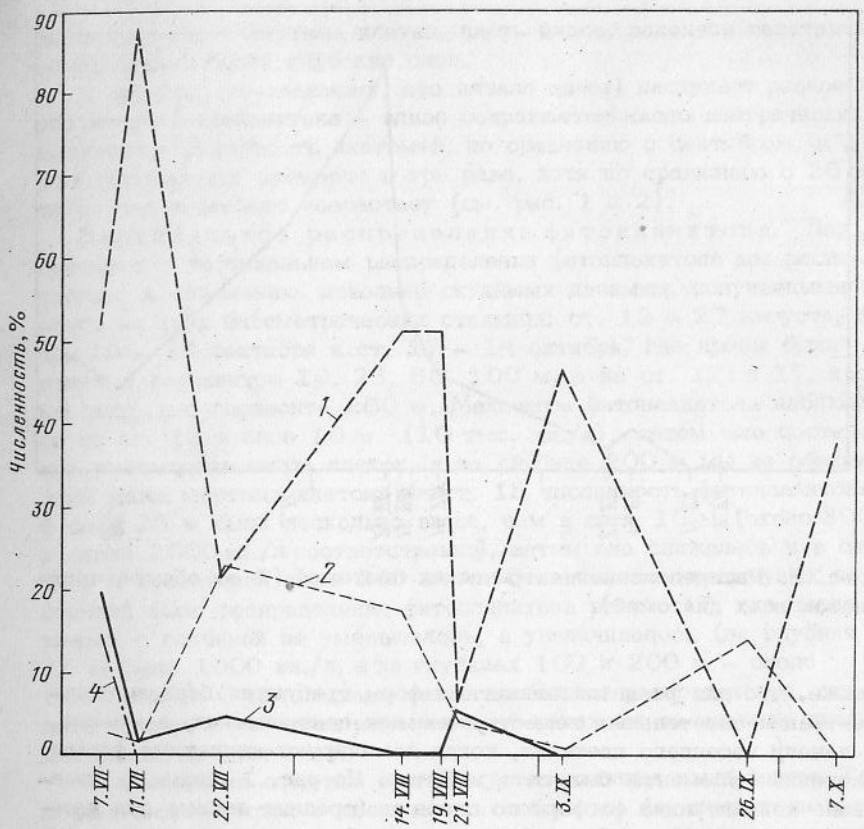


Рис. 3. Численность (% от общего числа клеток диатомей) нескольких видов пеннатных диатомей

1 – *Fragilaria* spp.; *2* – *Gomphonema kamtschaticum*. *3* – *Licmophora paradoxa*. *4* – *Nitzschia frigida*

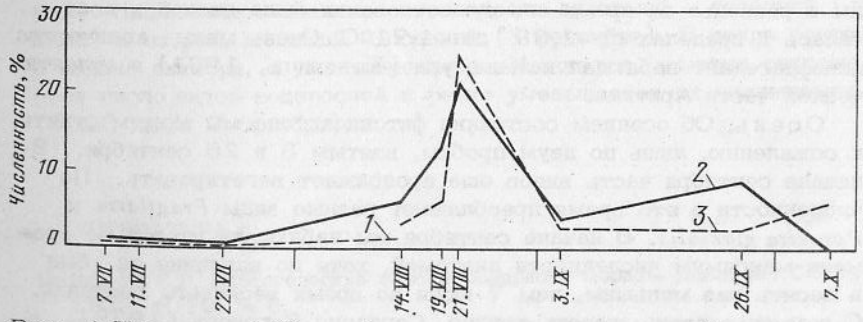


Рис. 4. Численность (% от общего числа клеток диатомей) нескольких видов центрических диатомей

1 – *Melosira arctica*; *2* – *Thalassiosira* sp.; *3* – *Chaetoceros* sp.

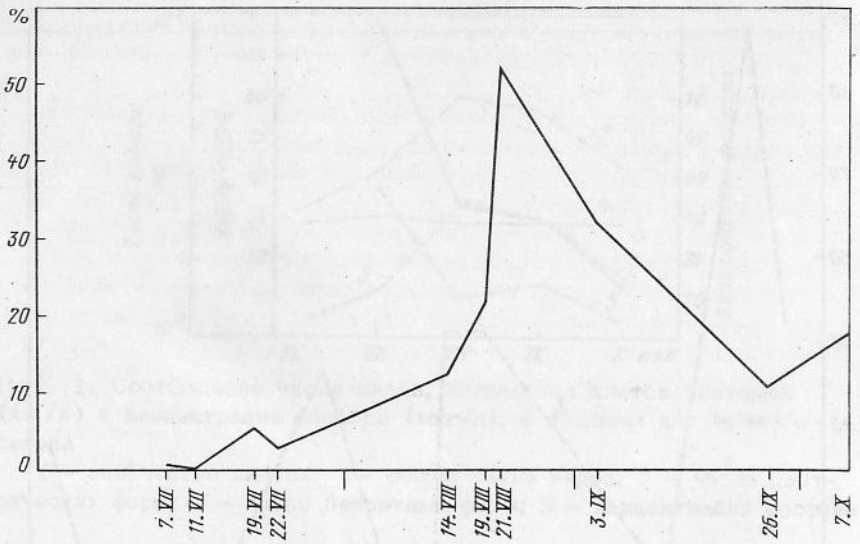


Рис. 5. Распределение центрических диатомей (% от общего числа клеток всех диатомей)

также, что для развития пеннатных форм требуются бо́льшие концентрации питательных веществ, чем для центрических, а именно, к началу весеннего цветения, когда доминируют пеннатные формы, биогенные элементы бывают в избытке. На рис. 1 показано изменение концентрации фосфора по сезонам (средние данные для каждого сезона). Как видно из рисунка, наибольшие концентрации фосфора приходятся на июль – время цветения пеннатных диатомей. В августе концентрация фосфора резко сокращается, а численность центрических диатомей возрастает (рис. 5).

Мы не наблюдали в летний период увеличения численности перидиней. Возможно, это было связано с тем, что температура воды в разводье за время его существования была низкой и колебалась в пределах от –1,69 до –1,71°С. Очень малые количества динофлягедлят наблюдал и Кавамура [Kawamura, 1961] в атлантической части Арктики.

Осень. Об осеннем состоянии фитопланктона мы можем судить, к сожалению, лишь по двум пробам, взятым 3 и 26 сентября. В начале сентября часть видов еще продолжает вегетировать. По численности в это время преобладают разные виды *Fragilaria* и *Porosira glacialis*. В начале сентября мы наблюдали второй по времени максимум численности диатомей, хотя по величине он был в десять раз меньшим, чем 7 июля во время весеннего цветения. С чем он связан, сказать трудно. Согласно Богорову [1938], в арктических морях, от Карского до Чукотского, существует лишь один максимум фитопланктона. К концу сентября в планктоне появляются споры и мертвые клетки, часть видов, закончив вегетацию, опускается в более глубокие слои.

В октябре (по-видимому, это начало зимы) наступает резкое обеднение фитопланктона – вдвое сокращается число центрических диатомей. Численность диатомей, по сравнению с сентябрем, в целом сокращается примерно в три раза, хотя по сравнению с 26 сентября она несколько возрастает (см. рис. 1 и 2).

Вертикальное распределение фитопланктона. Для суждения о вертикальном распределении фитопланктона мы располагаем, к сожалению, довольно скудными данными, полученными всего на трех батометрических станциях: ст. 12 – 27 августа, ст. 15 – 14 сентября и ст. 17 – 14 октября, где пробы были взяты с горизонтов 10, 25, 50, 100 м, а на ст. 12 и 17, кроме того, и с горизонта 200 м. Максимум фитопланктона наблюдался на ст. 12 в слое 10 м (10 тыс. кл./л), затем шло постепенное уменьшение числа клеток, и на глубине 200 м мы не обнаружили даже мертвых клеток. На ст. 15 численность фитопланктона в слое 25 м была несколько выше, чем в слое 10 м (около 3000 и около 2000 кл./л соответственно), затем она снижалась и в слое 100 м составляла лишь 200 кл./л. Отличным от предыдущих двух станций было распределение фитопланктона на ст. 17, где число клеток с глубиной не уменьшалось, а увеличивалось (на глубине 10 м было 1000 кл./л, а на глубинах 100 и 200 м – около 6000 кл./л). С чем связано такое необычное распределение, сказать трудно, и мы воздерживаемся от каких бы то ни было предположений на этот счет.

В заключение отметим еще раз установленные нами факты. Таксономический состав и численность сообщества фитопланктона в исследованном районе обусловлены преобладанием низких температур, наличием льда и световыми условиями. Весна началась с цветения пеннатных диатомей, максимума численности – 184500 кл./л – они достигли 7 июля. Лето началось примерно во второй половине августа с увеличения роли центрических диатомей. Максимума численности они достигли 21 августа (52% общей численности диатомей). Наблюдалось два пика численности диатомей – весенний (7 июля) и второй, меньший – осенний (3 сентября). В конце сентября и начале октября, с уменьшением освещенности, заметно сокращается число видов водорослей и резко уменьшается их численность (3000 кл./л 7 октября).

ЛИТЕРАТУРА

Богоров В.Г. Биологические сезоны полярного моря. – Докл. АН СССР, 1938, т. 19, № 8.

Богоров В.Г. Биологические сезоны в планктоне различных морей. – Докл. АН СССР, 1941, т. 31, № 4.

Буйницкий Б.Х., Николаев В.А., Николаев С.Е. Микроскопические

водоросли в припайных льдах залива Алашеева. – Проблемы Арктики и Антарктики, 1977, т. 49.
Мельников И.А. Гидробиологические исследования в центральной части Северного Ледовитого океана. – Океанология, 1976, т. 16, вып. 3.
Усачев П.И. Фитопланктон у Северного полюса. (По сборам П.П. Ширшова на СП, 1937–38 гг. – Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва, 1961, т. 11.
Ширшов П.П. Сезонные изменения в фитопланктоне Полярного бассейна в связи с ледовым режимом. – Тр. Аркт. ин-та, 1937, т. 82.
Ширшов П.П. Океанологические наблюдения. – Докл. АН СССР, 1938, т. 19, № 8.
Bursa A.S. The annual oceanographic cycle at Igloolik in the Canadian Arctic. II. The phytoplankton. – J. Fish. Res. Board Canada, 1961, vol. 18, N 4.
Digby P.S.B. Plankton production in Scoresby Sound, East Greenland. – J. Anim. Ecol., 1953, vol. 22.
Gran H.H. Diatomacea from the ice floes and plankton of the Arctic Ocean. – Norw. North Polar Exp., 1893–1896, Sci. Res., 1904, vol. 4, N 11.
Kawamura A. Observations of phytoplankton in the Arctic Ocean in 1964. – Inform. Bull. Plankton. Jap., 1967. Commemor. N Dr. J. Matsue's.

УДК 577.472(26)577.475

О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ В ЖИЗНИ ПЛАНКТОНА ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

Е. А. ПАВШТИКС

Со времени дрейфа нансеновского "Фрама", когда были собраны первые коллекции планктона в высоких широтах Арктики [Sars, 1900], наши знания о видовом составе планктона и условиях его обитания значительно пополнились. Сборы с подводных лодок "Наутилус" [Hardy et al., 1936] и "Seadragon" [Grice, 1962], а также с дрейфующей станции СП-1 [Ширшов, 1938, 1944] и с л/п "Седов" [Богоров, 1946] дали ценные сведения не только по видовому составу фауны пелагиали Арктического бассейна, но и по биологии массовых видов калянид. Были изучены сезонные изменения в возрастном составе популяций, особенности вертикального распределения планктона, проникновение тихоокеанских видов в Центральный Арктический бассейн и другие вопросы. При решении ряда зоогеографических задач [Виркетис, 1946], однако, данных явно было недостаточно. Причиной являлось отсутствие ясности в систематике и таксономии видов арктического зоопланктона, которая затем была внесена исследованиями Бродского [1950, 1959] и Виркетис [1957, 1959].

Уже при организации регулярного изучения жизни в пелагиали Центрального Арктического бассейна решение проблемы продуктивности планктона считалось первоочередной задачей. Виркетис

[1946], подводя итоги 25-летним исследованиям планктона в Арктике, писала о необходимости изучения взаимосвязи между организмами, пищевых цепей и круговорота вещества в море. Такие исследования были начаты с организации систематических наблюдений на дрейфующих станциях "Северный Полюс" Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В основу настоящей работы положены планктонные сборы, проведенные гидрологами ААНИИ по заданию Зоологического института АН СССР в 50–70-е годы. Было собрано 1638 проб зоопланктона с 257 станций, местоположение которых показано на рис. 1.

Планктон собирали сетями Нансена (диаметр 50 см, шелковое

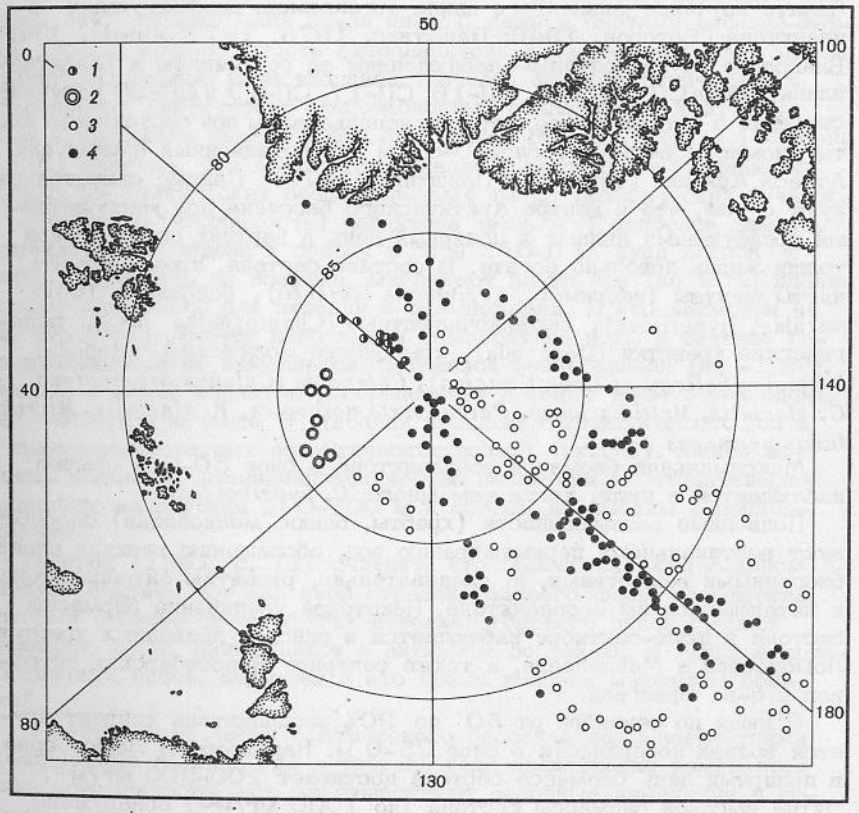


Рис. 1. Схема расположения планктонных станций
1 – СП-1, 1937 г., *2* – л/п "Седов", 1937–1939 гг., *3* – СП-2 – СП-7, 1950–1957 гг., *4* – СП-16, СП-17, СП-19, СП-20, 1968–1974 гг.

сито № 23) и Джеди (диаметр 37 см, шелковое сито № 38). Ловы проводили с замыканием сети. Облавливали придонные арктические, атлантические, промежуточные и поверхностные арктические водные массы поочередно.

Собранный материал фиксировали этанолом и частично 5%-ным формалином. Обработку проб проводили в стационарных условиях в Зоологическом институте АН СССР по стандартной методике [Яшнов, 1934; Богоров, 1957].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фауна пелагиали центральной части Арктического бассейна описана в ряде работ [Богоров, 1946; Бродский, Никитин, 1955; Виркетис, 1946, 1957; Barnard, 1959; Grainger, 1965; Johnson, 1963; Minoda, 1967; и др.]. Наиболее детально изучены Calanoida. Начато изучение жизненного цикла организмов, доминирующих в планктоне [Богоров, 1946; Павштикс, 1976, 1977; Minoda, 1967]. Благодаря круглогодичным наблюдениям за состоянием и развитием планктона на СП-2 - СП-7, СП-16, СП-17, СП-19 и СП-20 получены сведения о его биомассе, которые использованы при составлении карты биомассы сестона в слое 0-50 м в вегетационный период для Атласа Арктики [Бродский, Павштикс, 1976]. Данные свидетельствуют о том, что в центре Арктического бассейна под многолетними дрейфующими льдами в полярный день в верхних слоях водной толщи жизнь довольно богата. В составе сестона, кроме детрита, часты медузы (например, *Aeginopsis laurentii*), бокоплавы (Gammaridae, Hyperiidae), щетинкочелюстные (Chaetognatha juv.), пелагические креветки (Decapoda), крылоногие моллюски (Pteropoda: *Limacina helicina, Clione limacina*), *Calanoida (Calanus hyperboreus, C. glacialis, Metridia longa, Pareuchaeta norvegica, P. glacialis, Microcalanus pygmaeus* и др.).

Максимальная биомасса зоопланктона в слое 50-0 м обычно наблюдается в июле, когда там много *C. hyperboreus*.

Подводные возвышенности (хребты, банки, мелководья) способствуют вертикальному перемешиванию вод, обогащению верхних слоев биогенными веществами, а, следовательно, развитию фитопланктона и питающегося им зоопланктона. Некоторое увеличение биомассы сестона в июле-сентябре наблюдается в районах подводных хребтов Ломоносова и Менделеева, а также севернее Новосибирских островов и о-ва Врангеля.

С июля по сентябрь от 50 до 90% зоопланктона концентрируется вблизи поверхности в слое 25-0 м. Над хребтом Ломоносова в полярный день биомасса сестона достигает 200-500 мг/м^3. Пятна высокой биомассы сестона (до 1000 мг/м^3) обнаружены на востоке, севернее о-ва Врангеля, где трансформированные атлантические воды встречаются с тихоокеанскими.

Итак, несмотря на то, что в центре Арктического бассейна численность планктона значительно ниже, чем в умеренных широтах,

биомасса планктона летом у поверхности та же, что в Гренландском море в зимний и ранневесенний периоды, так как крупные каляниды (*Calanus hyperboreus, Pareuchaeta glacialis*) бокоплавы, крылоногие моллюски, щетинкочелюстные, аппендикулярии и другие животные, обитающие южнее на больших глубинах, в Арктическом бассейне живут в верхних слоях водной толщи.

Джонсон [Johnson, 1963] по материалам дрейфующей станции "Альфа" отмечал, что молодые стадии *Metridia longa* присутствуют в планктоне в течение довольно долгого периода, а *P. glacialis* и *P. polaris* задолго до появления фитопланктона в течение полярной ночи откладывают яйца, богатые желтком. По-видимому, эти хищные копеподы имеют доступную пищу и в зимний период, а *C. hyperboreus* и *C. glacialis* хранят в себе большое количество высококалорийного жира, позволяющего им зимой длительное время жить при отсутствии пищи.

Постоянная численность зоопланктона в центре Арктического бассейна относительно мала из-за низкой, даже в светлый весенне-летний период, продуктивности фитопланктона и из-за отсутствия меропланктона. Хорошо известно свойство большинства арктических и абиссальных бентических беспозвоночных откладывать желточные яйца и проходить развитие без личиночной стадии. Торсон [Thorson, 1936] отмечал, что в открытом океане к востоку от Гренландии только 5% бентических безпозвоночных имеют пелагических личинок.

Плотность (численность) планктона (экз./м^3) наиболее заметно изменяется от сезона к сезону в слое 250-0 м, куда весной и летом, чередуясь во времени, мигрируют почти все (до 90%) планктонные организмы для питания и размножения. И это несмотря на то, что у поверхности подо льдом температура воды в течение года практически не изменяется, оставаясь очень низкой (до -1,8°). Осенью и зимой планктон рассредоточен в толще воды в тех слоях, где температура выше 0° (вблизи прослойки атлантических вод и в трансформированных атлантических водах) (рис. 2). Менее заметны сезонные изменения количества планктона в атлантической прослойке на глубине 500-700 м и совсем незаметны в придонном слое.

Гейнрих [1961, с. 71] считает, что "Биологическим сезоном следует считать тот или иной отрезок годового цикла сообщества, который отличается от других отрезков годового цикла группой сезонных видов, находящихся в активном состоянии, и группой круглогодичных видов, имеющей в это время годовой максимум обилия".

В центральной части Арктического бассейна под многолетними дрейфующими льдами, где в течение года практически изменяется лишь освещенность, все же существуют сезонные изменения в видовом составе и численности планктона. Биомасса сестона в ряде районов от сезона к сезону мало изменяется, так как на смену более многочисленным летом мелким веслоногим рачкам приходят бокоплавы, которые размножаются подо льдом зимой.

10. Зак. 1672

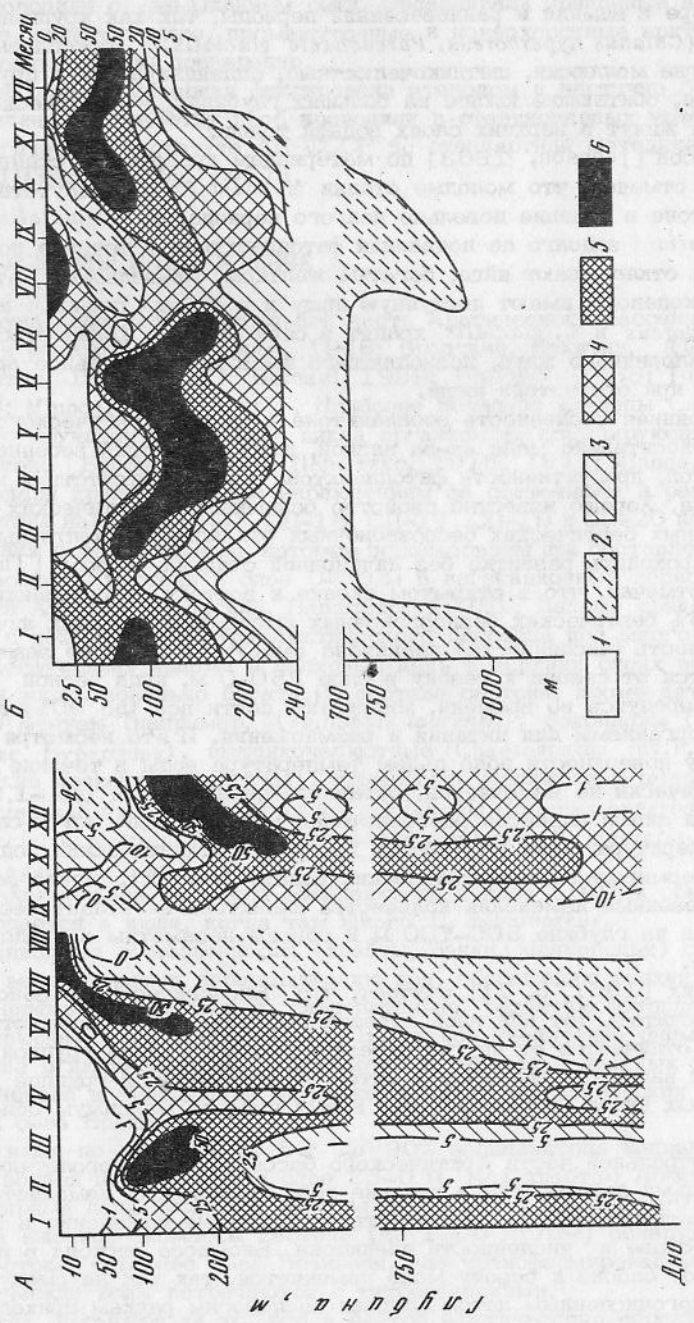


Рис. 2. Вертикальное распределение *Calanus hyperboreus* (*A*) и *C. glacialis* (*Б*) в районе Северного полюса в течение года (% общего числа особей) [по Павштикс, 1976, 1977]
1 – 0; *2* – 1–5; *3* – 5–10; *4* – 10–20; *5* – 20–50; *6* – >50

По наблюдениям на дрейфующей станции СП-17, летом вблизи Северного полюса в котловине Макарова было довольно много крупных ракообразных: *Parathemisto libellula, Calanus hyperboreus, Pareuchaeta glacialis, Metridia longa* и др., значительно повышавших биомассу зоопланктона. Зимой 1968/69 г. СП-17 дрейфовала в районе котловины Нансена, где в это время подо льдом было также много бокоплавов *Rozinante fragilis, Gammarus wilkizkii, Eusirus holmi, Pseudolibtotus glacialis, P. nanseni* и др.[1]. Молодь этих довольно крупных представителей криофауны значительно повышала биомассу сестона.

В течение всего года высока была биомасса сестона и в восточном секторе Арктического бассейна, в районе дрейфа СП-20.

На смену копеподам, численность которых подо льдом высока летом, зимой вблизи поверхности в планктоне появляется мелкая молодь бокоплавов *Apherusa glacialis, Gammarus wilkizkii, Pseudalibrotus nanseni* и др.

По-видимому, криофауна попадает в центральную часть Арктического бассейна из шельфовых периферийных морей. Например, бокоплав *Rozinante fragilis*, встреченный на многих планктонных станциях, выполненных дрейфующей станцией СП-17, обычно заселяет мелководье восточного района Арктики, находили его и в западном секторе Арктического бассейна [Гурьянова, 1951; 1962]. Вблизи Северного полюса был обнаружен бокоплав *Eusirus holmi*, найденный ранее в северных районах Карского моря, моря Лаптевых и Восточно-Сибирского. До Северного полюса со льдами доходит и *Gammarus wilkitzkii*. Сачком в лунке на СП-17 был выловлен тихоокеанский бокоплав *Orchonella pacifica*, который, по данным Гурьяновой [1962], был известен в Японском и Охотском морях, из района Курильских островов и не указан даже в центре Арктического бассейна.

Итак, биомасса сестона в поверхностных арктических водах летом повышается за счет размножения Calanoida и, отчасти, присутствия молоди *Parathemisto libellula* и некоторых других Hyperiidae. Зимой, когда Calanoida уходят с поверхности в более теплые, глубже лежащие слои водной толщи, подо льдом размножаются Amphipoda (криофауна), мелкая молодь которых, попадая в уловы планктонных сетей, местами значительно повышает биомассу сестона.

Кормовой базой для планктона и криофауны, по-видимому, служат фитопланктон и водоросли, развивающиеся подо льдом в воде и на нижней поверхности льдин.

В сетных ловах в июне встречены лишь отдельные клетки *Coscinodiscus* sp. и *Melosira arctica*. В июле, кроме косцинодискуса и мелозиры, появляются различные виды хетоцерасов (*Chaetoceras* sp.) и ризосолений (*Rhizosolenia* sp.). Максимум фитопланктона в районе Северного полюса наблюдался в августе [Усачев, 1961]. Зимой фитопланктон в сетных сборах не обнаружен.

---

[1] Amphipoda до вида определены Е.Ф. Гурьяновой и Н.Л. Цветковой.

Установлено [Ширшов, 1938], что развитие фитопланктона лимитируется в первую очередь количеством солнечного света, проникающего под лед после того, как к июлю уменьшается снежный покров на льдинах. Хотя температура воды в центральной части Арктического бассейна постоянно низка и по сезонам не изменяется, численность организмов подо льдом к июлю увеличивается примерно в десять раз по сравнению с темным периодом, достигая в среднем в районе Северного полюса 200 экз./м^3 [Павштикс, 1971а]. При этом в слое 250–50 м численность планктона редко превышает 50 экз./м^3, а еще глубже, в атлантической прослойке – 19 экз./м^3. Здесь особенно многочисленны Cerepoda: *Oithona similis* и *Microcalanus pygmaeus*. Численность *Calanus hyperboreus* и *Calanus glacialis* ниже, но они присутствуют в планктоне во все сезоны, на всех выполненных станциях и часто доминируют по биомассе [Богоров, 1946; Павштикс, 1971а,б, 1977; Minoda, 1967].

В течение года в центре Арктического бассейна относительная численность[1] отдельных планктонных организмов заметно изменяется [Павштикс, 1971а]. В январе–феврале в слое 250–0 м доля *Metridia longa* повышается до 13%, а Chaetognatha до 4,4%. С марта по май в планктоне по численности доминирует *Oithona similis* (56–67%). В июне увеличивается относительная численность *Calanus glacialis* (до 12,5%), а в августе – *Calanus hyperboreus* (до 10,4%). В августе много также *Oikopleura* juv. и *Fritillaria borealis* (20%). В октябре *Microcalanus pygmaeus* составляет по численности 51,5%.

Экосистема пелагиали центральных районов Арктического бассейна существует в экстремальных условиях. Очень короткий период вегетации, ограниченные большую часть года пищевые ресурсы, низкие температуры верхнего слоя воды подо льдом, не изменяющиеся в течение года, долгая полярная ночь – все это ограничивает развитие планктона.

Дэмкер [Damkaer, 1975] считает, что возможность фотосинтеза подо льдом при очень низкой интенсивности света, способность многих морских безпозвоночных производить молодь зимой представляют собой частичные адаптации, которые стабилизировались и не будут прогрессировать.

Однако эти адаптации, как отмечает автор, могут рассматриваться как ступени в направлении расширения периода продуцирования и возможностей использования ресурсов в течение большей части года.

Кроме фитопланктона, период вегетации которого в районе Северного полюса значительно короче, чем в умеренных широтах, и продуктивность невелика, источником пищи для планктонных организмов может служить и детрит, вносимый в Арктический бассейн водами атлантического и тихоокеанского происхождения, а также

[1] Относительная численность – доля (%) данного организма от общего числа организмов в определенном слое воды.

водами из мелководных северных морей. По нашим данным, детритом заполнен пищеварительный тракт у *C. hyperboreus* и *C. glacialis*.

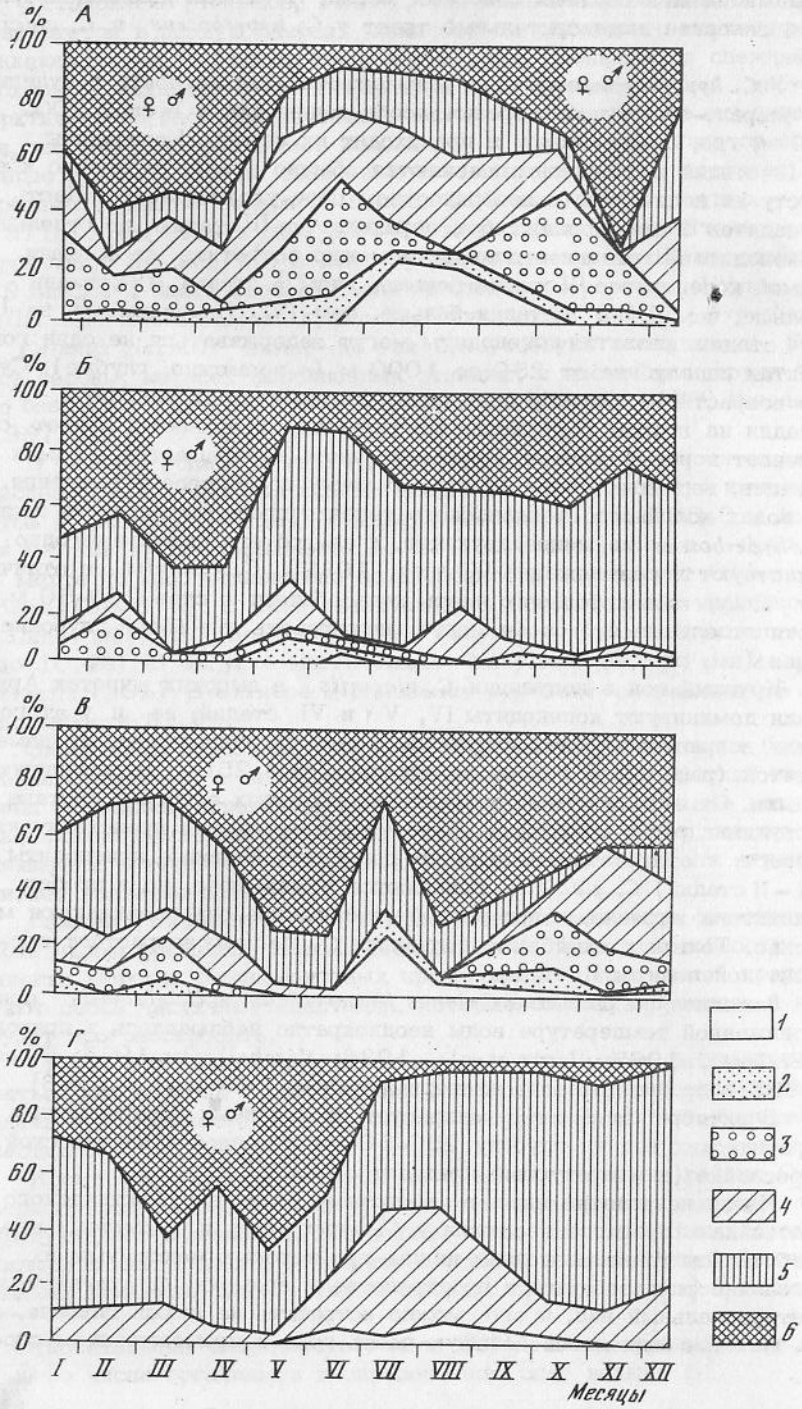
У *C. hyperboreus* ежегодно размножается только часть популяции. В феврале–марте половозрелые особи поднимаются в слой 200–50 м, где, по-видимому, и происходит их нерест. Копеподиты I–II стадий в планктоне появляются обычно в мае, но только к августу их количество в поверхностном слое увеличивается. Часть копеподитов II стадии к октябрю переходит на III стадию, но отдельных копеподитов II стадии в планктоне можно встретить до февраля. Зимой копеподитов III стадии больше, чем II стадии, IV стадии больше, чем III, а V стадии больше, чем IV. По-видимому, на IV и V стадиях развития копеподиты могут задерживаться не один год, обитая на глубине от 250 до 1000 м (а возможно, глубже). Судя по возрастному составу популяции, только часть копеподитов V стадии на втором году жизни мигрирует к поверхности, линяет, созревает и размножается. Другая их часть превращается в самок и самцов, вероятно, только в третью весну после своего рождения. В водах холодного Гренландского течения продолжительность жизни *C. hyperboreus* не менее двух лет, и не все его самки ежегодно участвуют в размножении [Ussing, 1938]. *C. glacialis* в отличие от *C. hyperboreus* большую часть года обитает в слое 200–50 м, хотя отдельные его особи могут мигрировать и в более глубокие слои (см. рис. 2).

Круглый год в популяции *C. glacialis* в высоких широтах Арктики доминируют копеподиты IV, V и VI стадий, но и у этого вида возрастной состав популяции в течение года несколько изменяется (рис. 3). С января по апрель в слое 250–0 м доминируют самки. От апреля к маю процент половозрелых особей в составе популяции резко снижается. Вероятно, в это время происходит их нерест, и отнерестившиеся особи погибают. Молодые копеподиты (I – II стадий) *C. glacialis* появляются в мае–июне, но в пробах планктона их мало, и при низкой температуре они развиваются медленно. Только к октябрю в популяции *C. glacialis* возрастает процент копеподитов III стадии.

Замедленное развитие *Calanus finmarchicus* и *C. glacialis* при пониженной температуре воды неоднократно наблюдалось в природе [Grainger, 1965; Hardy et al., 1936; Marshall, Orr, 1955; Wiborg, 1955 и др.] и доказано экспериментально [Matthews, 1966].

В октябре *C. glacialis* мигрирует из холодных поверхностных арктических вод на глубину 250–500 м к теплой атлантической прослойке (температурный градиент около 2°С).

Из-за недостатка пищи в экосистеме пелагиали Арктического бассейна в процессе эволюции у *C. hyperboreus* и *C. glacialis* выработались такие жизненные циклы, при которых максимумы их численности разобщены в пространстве и времени. *C. hyperboreus* – интерзональный вид, и его можно встретить на любой глубине, а *C. glacialis* находится бо́льшую часть года в промежуточном слое



на границе атлантической прослойки, где обитает при температурах, близких к 0°С, так же как в глубинах Норвежского моря [Ostvedt, 1955].

Третий вид Calanoida, доминирующий в экосистеме пелагиали Арктического бассейна, – *Metridia longa* – широко распространен и присутствует в планктоне круглый год, хотя и в меньшем количестве, чем *C. hyperboreus*. *M. longa* может совершать миграции большой протяженности. Зимой ее особи IV–V и VI копеподитных стадий встречены на больших глубинах. В верхних слоях водной толщи половозрелые особи в составе популяции *M. longa* доминируют с мая по август. Период ее размножения растянут во времени. Молодь (I – II копеподитные стадии) в слое 250–0 м присутствует с июля до марта следующего года, но пик численности копеподитов I – II стадии можно наблюдать только в августе–сентябре. Судя по возрастному составу популяции в центральной части Арктического бассейна, *M. longa* живет не менее двух лет, при этом, по-видимому, одна часть ее популяции размножается в начале полярного лета, а другая – ближе к зиме [Богоров, 1946; Павштикс, 1977].

Из Calanoida наиболее многочислен мелкий *Microcalanus pygmaeus*. Хотя максимум численности молоди этого вида обнаружить не удалось, из анализа возрастного состава популяции видно, что период размножения у него совпадает со светлым периодом в высоких широтах, т.е. растянут почти на полгода. Богоров [1946] установил, что пик численности копеподитов I–II стадий *M. pygmaeus* приходится на август – время максимального развития фитопланктона в этих широтах. Примерно такой же жизненный цикл и у *Oithona similis* (Cyclopoida).

Закономерно, что каляниды в центральной части Арктического бассейна размножаются в полярный день, в период максимального развития фитопланктона. Однако размножение этих доминирующих в планктоне ракообразных растянуто во времени и бо́льшую часть года они обитают в разных водных массах. Первым в слое промежуточных арктических вод, на глубине от 50 до 200 м размножается в феврале–марте крупный *C. hyperboreus*. Его науплии и копеподиты развиваются значительно медленнее, чем у других видов. За ним в этот слой мигрирует *C. glacialis*, который размножается здесь с апреля по июнь.

В процессе эволюции в связи с недостатком пищи в Арктике у *C. glacialis* и *C. hyperboreus* выработались такие жизненные циклы, при которых максимум численности их популяций расходится во времени. У *C. glacialis* наивысшая для года численность и биомасса наблюдаются в июне (его науплии развиваются быстрее, чем у *C. hyperboreus*), а у *C. hyperboreus* – в августе–сентябре.

Рис. 3. Возрастной состав популяций Calanoida в слое 250–0 м в районе Северного полюса в течение года

А – Calanus hyperboreus; Б – C. glacialis; В – Metridia longa; Г – Microcalonus pygmaeus. На рис. *Г* I включает I–III стадии копеподитов

Бо́льшую часть года эти два вида обитают на разной глубине: *C. glacialis* в слое 200–50 м, а *C. hyperboreus* рассредоточен во всей водной толще вплоть до максимальных глубин (см. рис. 2).

M. longa также имеет пик численности молоди в июле, хотя ее копеподитов I и II–III стадий можно обнаружить в планктоне до марта следующего года.

Зимой, по нашим данным, *C. hyperboreus, M. longa* и *M. pygmaeus* рассеяны по всей водной толще и встречены даже на глубине свыше 1000 м.

Вертикальные миграции этих ракообразных, их уход на большие глубины и продолжительное пребывание там, по-видимому, способствуют сохранению их популяций в суровых условиях центральной части Арктического бассейна.

Перезимовав на глубинах, они дают весной начало местной новой малочисленной популяции, размножаясь у поверхности в арктических водах при температуре –1,6°С.

Известно, что из района Северного полюса холодное Восточно-Гренландское течение выносит льды в Гренландское море. Вместе с водами этого течения через Арктический бассейн часть популяций *C. hyperboreus, C. glacialis, M. longa* и *M. pygmaeus* может снова попасть в Гренландское и Норвежское моря и при более благоприятных условиях в районах встречи теплых и холодных вод ("полярный фронт") дать начало новым мощным популяциям [Павштикс, 1960, 1971].

Экосистема пелагиали центральной части Арктического бассейна тесно связана с экосистемами окружающих его северных морей, из которых происходит постоянное ее пополнение элементами фауны. Адаптация последней к условиям жизни на больших глубинах в сравнительно теплых атлантических водах позволяет им существовать продолжительное время.

Атлантические и тихоокеанские глубоководные Copepoda способны вместе с течениями преодолевать возвышенности (например, хребет Ломоносова) и распространяться по акватории Арктического бассейна. Чаще в бассейн проникают неполовозрелые особи глубоководных массовых видов, но выживают из них немногие. Наши наблюдения показали, что тихоокеанские виды проникают вплоть до западного сектора Амеразийского суббассейна, что соответствует распространению в этом бассейне вод тихоокеанского происхождения [Русанов, 1980]. Эти виды не обнаружены нами в котловинах Нансена и Амундсена.

Сравнивая пелагическую экосистему Арктического бассейна с экосистемой пелагиали Антарктики [Воронина, 1976], мы обнаружили много общих черт и закономерностей:

1 – кратковременность вегетационного периода и максимума размножения массовых видов; 2 – связь периода размножения и откорма молоди с периодом максимального развития фитопланктона; 3 – моноцикличность основных массовых видов; 4 – низкая специализация массовых видов, широкие спектры их питания и низкое видовое разнообразие; 5 – относительная простота трофической сети.

ЛИТЕРАТУРА

Богоров В.Г. Зоопланктон по сборам экспедиции на л/п "Седов" 1937–1939 гг. – В кн.: Труды дрейфующей экспедиции Главсевморпути на л/п "Седов", 1937–1940. Л.: Главсевморпуть, 1946, т. 3, с. 336–370.

Богоров В.Г. Стандартизация морских планктонных исследований. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1957, т. 24, с. 200–215.

Бродский К.А. Веслоногие рачки (Calanoida) дальневосточных морей СССР и Полярного бассейна. – В кн.: Определители по фауне СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950, № 35.

Бродский К.А. Фауна веслоногих рачков (Calanoida) и зоогеографическое районирование северной части Тихого океана и сопредельных вод. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. 222 с.

Бродский К.А., Никитин М.М. Гидробиологические работы. – В кн.: Материалы наблюдений научно-исследовательской дрейфующей станции 1950/51 г. Л.: Морской транспорт. 1955, т. 1, с. 411–465.

Бродский К.А., Павштикс Е.А. Планктон центральной части Арктического бассейна. – Вопр. географии, 1976, сб. 101, с. 148–167.

Виркетис М.А. Планктонные исследования в Арктике за 25 лет. – Проблемы Арктики, 1946, № 3, с. 39–54.

Виркетис М.А. Некоторые данные о зоопланктоне центральной части Арктического бассейна. – В кн.: Материалы наблюдений научно-исследовательских дрейфующих станций "Северный Полюс-3" и "Северный полюс-4" 1954/1955 г. Л.: 1957, т. 1, с. 238–342.

Виркетис М.А. Материалы по зоопланктону центральной части Арктического бассейна. – В кн.: Результаты научно-исследовательских работ дрейфующих станций СП-4 и СП-5 1955/56 г. Л.: Морской транспорт, 1959, т. 2, с. 133–338.

Воронина Н.М. Пелагические экосистемы Южного океана. – В кн.: III съезд Всесоз. гидробиол. о-ва: Тез. докл., 1976, т. 1, с. 63–64.

Гейнрих А.К. Сезонные явления в планктоне Мирового океана. I. Сезонные явления в планктоне средних и высоких широт. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1961, т. 51, с. 57–81.

Гурьянова Е.Ф. Бокоплавы морей СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. 1032 с.

Гурьянова Е.Ф. Бокоплавы северной части Тихого океана. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 442 с.

Павштикс Е.А. Основные закономерности развития планктона в Норвежском и Гренландском морях. – В кн.: Советские рыбохозяйственные исследования в морях Европейского севера, 1960, с. 151–163.

Павштикс Е.А. О сезонных изменениях численности зоопланктона в районе Северного полюса. – Докл. АН СССР, 1971а, т. 196, вып. 2, с. 441–444.

Павштикс Е.А. Гидробиологическая характеристика вод Арктического бассейна в районе дрейфа станции "Северный Полюс-17". – Тр. Аркт. и Антаркт. науч.-исслед. ин-та, 1971б, т. 302, с. 63–69.

Павштикс Е.А. Биологические сезоны и продолжительность жизни *Calanus hyperboreus* Kröyer в центре Арктики. – В кн.: Природа и хозяйство Севера, 1976, вып. 4, с. 121–127.

Павштикс Е.А. Сезонные изменения возрастного состава популяций веслоногих рачков Calanoida в Арктическом бассейне. – В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1977, т. 19(27), с. 56–72.

Русанов В.П. Гидрохимическая характеристика поверхностных вод Аркти-

ческого бассейна. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.
Усачев П.И. Фитопланктон у Северного полюса: По сборам П.П. Ширшова на Первой дрейфующей станции "Северный полюс" 1937–1938 гг. под начальством И.Д. Папанина. – Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва, 1961, т. 11, с. 189–208.
Ширшов П.П. Океанологические наблюдения. – Докл. АН СССР, 1938, т. 19, вып. 8.
Ширшов П.П. Научные результаты дрейфа станции "Северный полюс". Общ. собр. АН СССР 14–17 февраля 1944 г. М., Л., 1944. 128 с.
Яшнов В.А. Инструкция по сбору и обработке планктона. М.: ВНИРО, 1934, с. 1–44.
Barnard J.Z. Epipelagic and under-ice Amphipoda of Central Arctic Basin. – Geophys. Res. Pap. N 63: Sci. Stud. Fletcher's Ice Island "T-3", 1952–1955, 1959, vol. 1, p. 115–152.
Damkaer D.M. Calanoida copepods of the genera *Spinocalanus* and *Microcalanus* from the Central Arctic Ocean, with a review of the Spinocalanidae. – NOAA Techn. Rept. NMFS CIRC–3394, 1975, p. 1–88.
Dunbar M.J. Ecological Development in Polar Regions: A Study In Evolution. Englewood Cliffs (N.J.): Prentice-Hall, 1968, p. 119.
Grainger E.H. Zooplankton from the Arctic Ocean and Adjacent Canadian waters. – J. Fish. Res. Board Canada, 1965, vol. 22, N 2, p. 543–564.
Grice G.D. Copepod collected by the nuclear submarine Seadragon on cruise to and from the North Pole, with remarks on their geographic distribution. – J. Mar. Res., 1962, vol. 20, N 1, p. 97–109.
Hardy A., Farran G., Garstang W., Georgeson E. The arctic plankton, collected by the Nautilus Exped. 1931. Parts I–III. – J. Linnean Soc. London, Zool., 1936, vol. 39, N 267, p. 391–403.
Hopkins T.Z. Zooplankton standing crop in the Arctic Basin. – Limnol. and Oceanogr., 1969, vol. 14, N 1, p. 80–85.
Johnson M.W. Arctic Ocean plankton. – In: Proc. Arctic Basin Symp. Washington, D.C.: Arct. Inst. N. Amer., 1962, p. 173–184.
Johnson M.W. Zooplankton collections from the high Polar Basin with special reference to the Copepoda. – Limnol. and Oceanogr., 1963, vol. 8, N 1, p. 89–102.
Marshall S.M., Orr A.P. The Biology of Marine Copepod *Calanus finmarchicus* (Gunnerus). London, 1955, p. 1–188.
Matthews I.B.Z. Experimental investigations of the sistematic status of *Calanus finmarchicus* and *C. glacialis* (Crustacea: Copepoda). – Some Contemp. Stud. in Mar. Sci., 1966, p. 479–492.
Minoda T. Seasonal distribution of Copepoda in the Arctic Ocean from June to December, 1964. – Rec. oceanogr. Works Jap., 1967, vol. 9, N 1, p. 161–169.
Østvedt O.J. Zooplankton investigations from weather Ship M in the Norwegian Sea 1948–1949. – Hvalrådets skr. (Sci. Results mar. biol. Res.), 1955, vol. 40, p. 1–90.
Sars G.O. Crustacea. – Norw. North Polar Exped. 1893–1896, Sci. Res., 1900, v. 2, p. 1–141.
Thorson G. Larval development, growth and metabolism of arctic bottom invertebrates compared with those of other seas. – Medd. Grønland, 1936, vol. 100, N 6, p. 155.
Ussing H.H. The biology of some important plankton animals in the fiords of East Greenland. – Medd. Grønland, 1938, vol. 100, N 7, p. 1–108.
Wiborg K.F. Zooplankton in relation to hydrography in the Norwegian Sea. – Rept. Norw. Fish. and Mar. Invest, 1955, v. 11, N 4, p. 1–66.

УДК 595.34(268.9)

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ МАССОВЫХ КОПЕПОД АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

А.К. ГЕЙНРИХ, К.Н. КОСОБОКОВА, Ю.А. РУДЯКОВ

Сезонные изменения вертикального распределения основных видов планктонных животных описаны для бореальных районов океана [Виноградов, 1968]. В высоких широтах Арктического бассейна это явление изучено в значительно меньшей степени: большинство наблюдений проведено в пределах поверхностной зоны и приурочено в основном к короткому летнему периоду. Наиболее подробно сезонные явления в планктоне этого района описаны по данным, собранным на дрейфующих станциях СП–3 и СП–4 [Бродский, Павштикс, 1976; Павштикс, 1977], где распределение животных от поверхности до дна рассмотрено с интервалами в один месяц. Однако сравнению вертикального распределения разных возрастных стадий в этих работах уделено недостаточно внимания, представлены данные лишь некоторых характерных (по мнению авторов) станций, а имевшиеся отклонения от описанных закономерностей не обсуждены.

Цель данной работы состоит в сравнительном изучении сезонных изменений вертикального распределения отдельных возрастных стадий трех массовых видов копепод в районах высокой Арктики: *Calanus hyperboreus*, *C. glacialis* и *Metridia longa*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Основным материалом послужили сборы планктона, выполненные сетью Нансена из мельничного сита № 23 в период дрейфа станции СП–2 от 76 до 82° с.ш. с апреля 1950 по апрель 1951 г. по слоям 0–10, 10–25, 25–50, 50–100 м и глубже, в зависимости от границ водных масс, приблизительно 100–300, 300–1000 и 1000 м – дно. Пробы были обработаны К.А. Бродским, результаты опубликованы в виде таблиц [Бродский, Никитин, 1955], но сезонные изменения вертикального распределения животных по этому материалу не обсуждались. С целью выяснения, насколько воспроизводимы изменения распределения в другие годы, нами были привлечены материалы, собранные на станции СП–22 от 83 до 85° с.ш. с мая по октябрь 1975 и в апреле 1976 г., а также на станции СП–23 от 78 до 84° с.ш. с июня по октябрь 1977 г. и на широте 89° с.ш. в апреле 1978 г. Планктон собран сетью Джеди 37/50 из мельничного сита № 38 по слоям 0–10, 10–25 (0–25), 25–30, 50–100, 100–150, 150–200 (100–200), 200–300, 300–500, 500–1000, 1000 м – дно. Авторы выражают благодарность

И.А. Мельникову за сбор этого материала. Материалы 1975–1977 гг. обработаны К.Н. Кособоковой, а пробы, собранные в апреле 1978 г., – К.Н. Кособоковой и А.С. Куликовым [Кособокова и др., 1980].

При числовой обработке материала мы рассматривали распределение каждой стадии какого-либо вида по слоям облова как вариационный ряд [Рудяков, 1977] и находили для него медиану, т.е. глубину 50%-ного уровня, выше и ниже которой расположено 50% рачков, обитающих в столбе воды от поверхности до дна. Цель такого подхода состоит в свертке исходной информации о вертикальном распределении, что обеспечивает возможность численного сопоставления глубины обитания в разные моменты времени.

Для нахождения значения медианы применен графический метод. Число организмов в каждом обловленном слое выражали в процентах от общего числа особей изучаемой гемипопуляции в столбе воды от поверхности до дна. После этого на график с осями "глубина" и "процент общей численности" наносили точки, соответствующие проценту особей, накопленному от поверхности до нижней границы каждого слоя облова. По полученным точкам от руки проводили плавную кривую S-образной формы, по которой и находили значение глубины, соответствующей 50% общей численности. В основе этого метода лежит предположение, что в пределах каждого слоя изменение плотности населения происходит плавно и что вертикальное распределение однородной группы особей имеет только один максимум.

В тех случаях, с которыми приходилось иметь дело в данном материале, двувершинность вертикального распределения была обычно связана с низкой плотностью популяции (1–2 экз. в слое). Если рачков было больше, а тенденция к разрыву гемипопуляции по вертикали прослеживалась на протяжении нескольких слоев или в пределах одного и того же сезона в разные годы, то возникшие сомнения в однородности группы обсуждались особо.

Число рачков в пробах 1975–1977 гг. было значительно меньшим, чем в сборах 1950–1951 гг. поэтому значения медианы для июля, августа, сентября и октября 1975–1977 гг. были определены по объединенным данным.

Медиана и квартили (т.е. 25- и 75%-ный уровни) имеют вероятную ошибку, возрастающую с увеличением классового интервала, в котором они находятся, и обратно пропорциональную частоте в этом классе [Брукс, Карузерс, 1963]. Ошибка медианы вычисляется по формуле

$$\sigma_m = \frac{u}{2f}\sqrt{N},$$

где N – общее число особей во всех ловах данной серии, f – число особей в слое облова, содержащем медиану, и u – протяженность этого слоя. Значения σ_m для $N = 50$ экз. и некоторых значений f для применявшихся при сборе материала слоев облова приведены

Таблица 1

Вероятная ошибка медианы для $N = 50$, м

Протяженность слоя облова, м	Число особей в слое, содержащем медиану				
	1	5	10	20	40
10	35	7	4	2	1
25	88	18	9	4	2
50	177	35	18	9	4
100	354	71	35	18	9
300	1061	212	106	53	27
1000	3536	707	354	177	88

в табл. 1 с целью самой общей ориентации в точности определения глубины обитания, которая достигается в традиционных планктонных исследованиях.

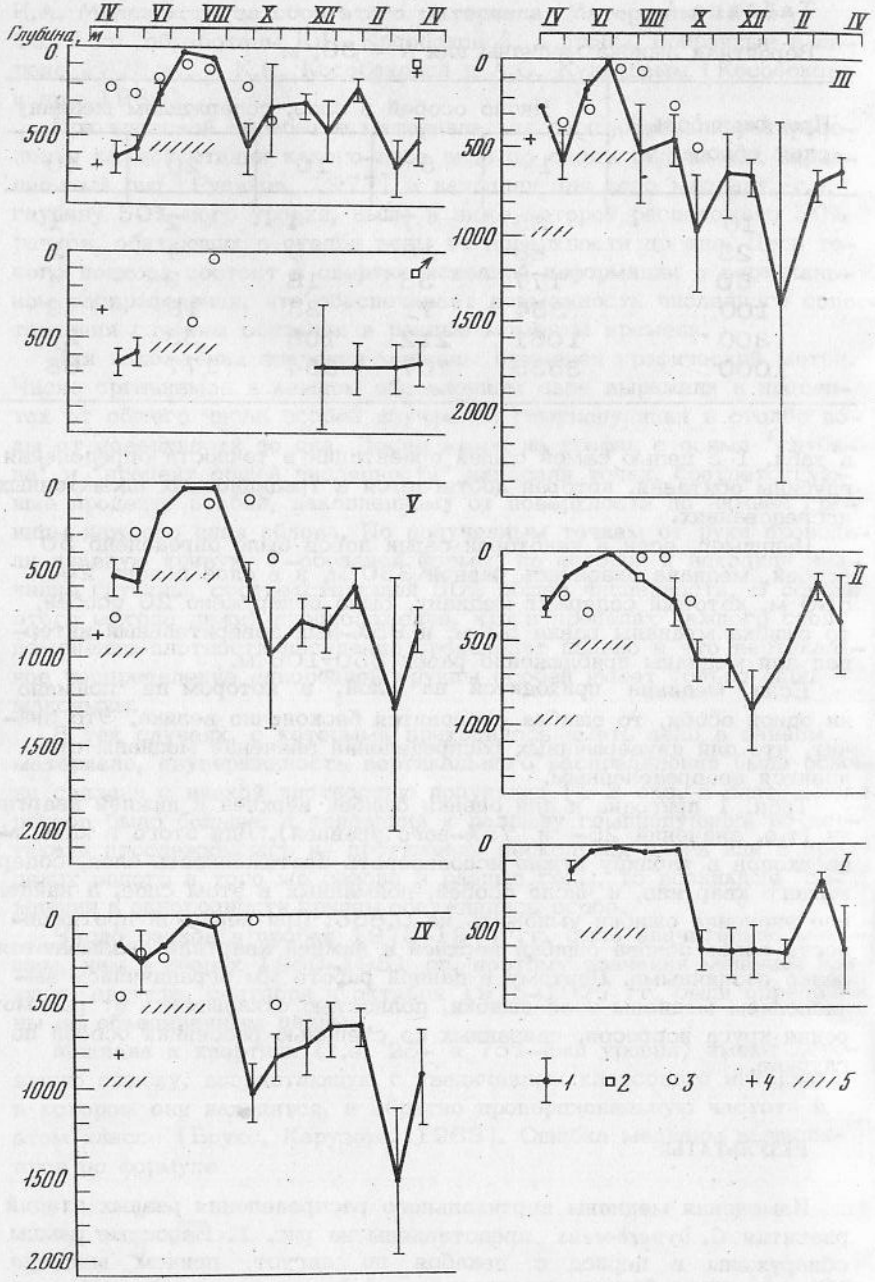
Например, если в некоторой серии ловов было определено 50 особей, медиана оказалась равной 350 м, и в слое облова 200–500 м, который содержит медиану, было обнаружено 20 особей, то ошибка медианы равна 53 м, и 95%-ный доверительный интервал для медианы приближенно равен 350±106 м.

Если медиана приходится на слой, в котором не поймано ни одной особи, то ошибка становится бесконечно велика. Это значит, что для двувершинных распределений значение медианы становится неопределенным.

Табл. 1 пригодна и для оценки ошибок верхней и нижней квартили (т.е. значений 25- и 75%-ного уровней). Для этого в качестве входов в таблицу нужно использовать протяженность слоя, содержащего квартиль, и число особей, пойманных в этом слое, а найденное значение ошибки умножить на 0,866. При неравной протяженности слоев облова ошибки верхней и нижней квартили оказываются резко различными. Поэтому в данной работе мы ограничились вычислением медианы и ее ошибки, полностью отказываясь от рассмотрения круга вопросов, связанных со степенью рассеяния особей по глубине.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изменения медианы вертикального распределения разных стадий развития *C. hyperboreus* представлены на рис. 1. Взрослые самцы обнаружены в период с декабря по август, причем медиана всегда превышала 300 м. Единственный самец, встреченный в 1977 г. в поверхностном горизонте, вероятнее всего, попал туда в результате загрязнения сети при облове более глубоких слоев воды.



Взрослые самки и копеподиты в июле–августе находились выше, чем в октябре–апреле. В последний период значение медианы незакономерно колебалось от месяца к месяцу. В общих чертах такая схема характерна как для 1950–1951, так и для 1975–1977 гг., но в последнем случае рачки оставались в поверхностных слоях более продолжительное время. На августовской станции 1950 г. у I–III копеподитов наблюдались разрывы гемипопуляций по вертикали: верхний максимум в слое 25–50 м, нижний – глубже 300 м. Такая же тенденция была замечена и на станциях 1975–1977 гг. в июле–августе.

Особи копеподитных стадий *C. hyperboreus* были встречены круглый год (рис. 2, *А*). Наибольший процент взрослых самцов отмечен в апреле–мае, а первых копеподитов – в мае–июне. Из этого можно заключить, что основной период размножения начался в конце апреля. В это же время рачки начали подъем к поверхности. В более южных районах размножение этого вида также происходит во время подъема, непосредственно перед ним, а частично и в верхних слоях воды [Conover, 1967]. Есть некоторые основания полагать, что менее интенсивное размножение возможно круглый год, так как и взрослые особи, и молодые копеподиты встречаются в пробах в любое время года, а в январе 1951 г. II копеподиты составили более 50% популяции.

Изменения медиан вертикального распределения разных стадий развития *C. glacialis* на протяжении года представлены на рис. 3. В этих районах подавляющая масса рачков относится к *C. glacialis* и только изредка встречается *C. finmarchicus*. В сборах 1950–1951 гг. оба вида учтены под названием *C. finmarchicus*. В материалах 1975–1978 гг. в целях получения сопоставимых результатов данные по этим видам также объединены. Численность рачков мала, и поэтому значения медианы определены с меньшей точностью, чем для *C. hyperboreus*.

Взрослые самцы встречены в количестве, не превышающем 5 экз. на станцию. Медиана колебалась от 75 до 570 м, и какой-либо закономерности в ее изменении уловить не удалось.

Глубина обитания взрослых самок в течение года почти не изменялась. По сборам 1950 г. самки встречены в верхнем 25-метровом слое только в июле–августе. При этом в слоях от 25 до 300 м они отсутствовали, но глубже снова появлялись. Из-за малой

Рис. 1. Сезонные изменения глубины обитания *Calanus hyperboreus*

1 – медиана вертикального распределения плюс-минус ее вероятная ошибка (при отсутствии вертикальной линии ошибка слишком мала, чтобы быть представленной в масштабе рисунка); *2* – медиана при бесконечно большой ошибке; *3* – медиана по данным 1975–1977 гг.; *4* – медиана по данным 1978 г.; *5* – дно, если глубина станции менее 1000 м. Пол взрослых особей или копеподитная стадия обозначены в правом верхнем углу каждого графика

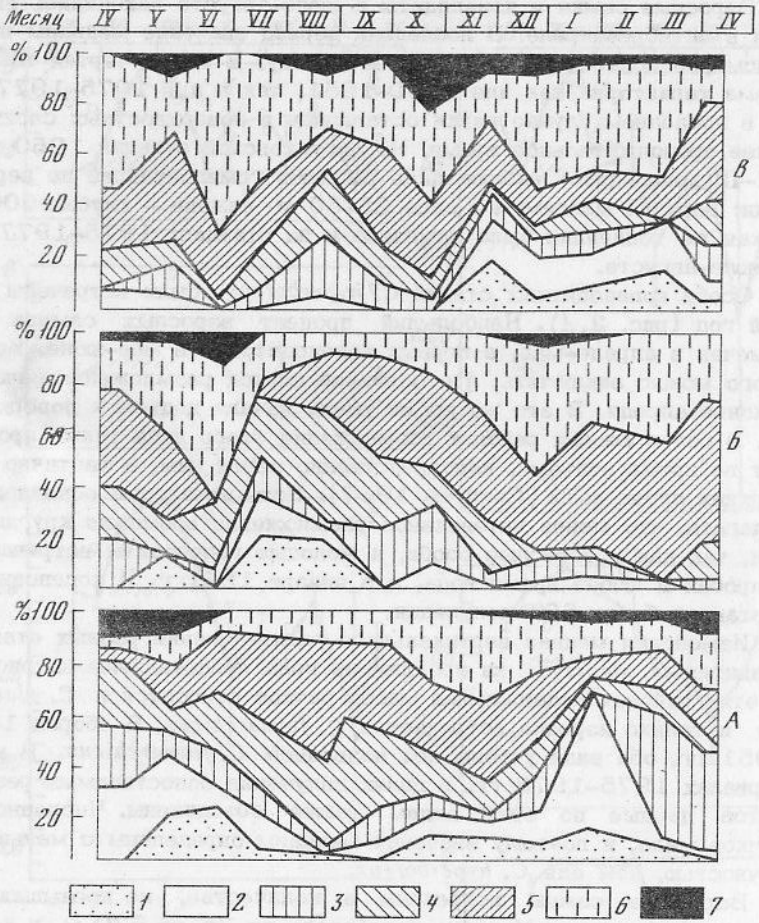


Рис. 2. Возрастной состав популяции копепод (по данным 1950–1951 гг.)

А – Calanus hyperboreus; Б – C. glacialis; В – Metridia longa. 1–5 – копеподитные стадии; 6 – самки; 7 – самцы

численности самок (5 и 7 особей на станции) двувершинность их вертикального распределения сомнительна, тем более что по материалам 1975–1977 гг. распределение имело один максимум с медианой, равной 50–150 м.

Копеподиты II–V в июле–августе 1950 г. находились на меньшей глубине, чем в другое время года. По материалам 1975–1977 гг. с апреля по июль также заметно уменьшение глубины обитания этих рачков, но V копеподиты находились в июле глубже, чем в 1950 г., а II–IV копеподиты дольше задержались в верхних слоях и в октябре располагались ближе к поверхности.

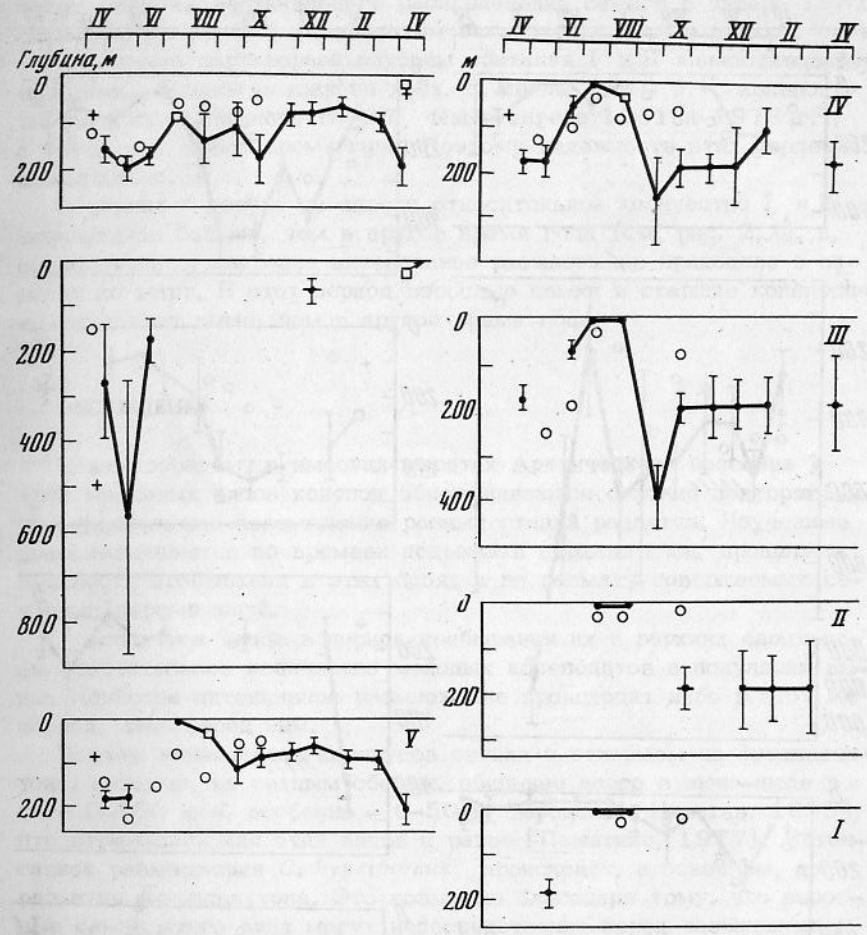


Рис. 3. Сезонные изменения глубины обитания *Calanus glacialis* Обозначения, как на рис. 1

I копеподиты были встречены в 1950 г. только в мае, июле и августе, а в 1975–1977 гг. – в августе и октябре. В июле–октябре они находились в верхних слоях воды, а в мае – в слое 100–300 м.

Судя по тому, что относительное количество самцов достигло максимума в июне (см. рис. 2, *Б*), а в июле и августе появились I и II копеподиты, составившие вместе 25–40% популяции, после чего I копеподиты исчезли, а количество II на превышало 10%, основной период размножения в 1950 г. приходился на июнь–июль.

Пребывание популяции в более высоких слоях воды совпало с периодом размножения и началом развития молодых стадий.

На рис. 4 изображены сезонные изменения глубины обитания *M. longa*. В конце весны–начале лета взрослые самки и III–V копе-

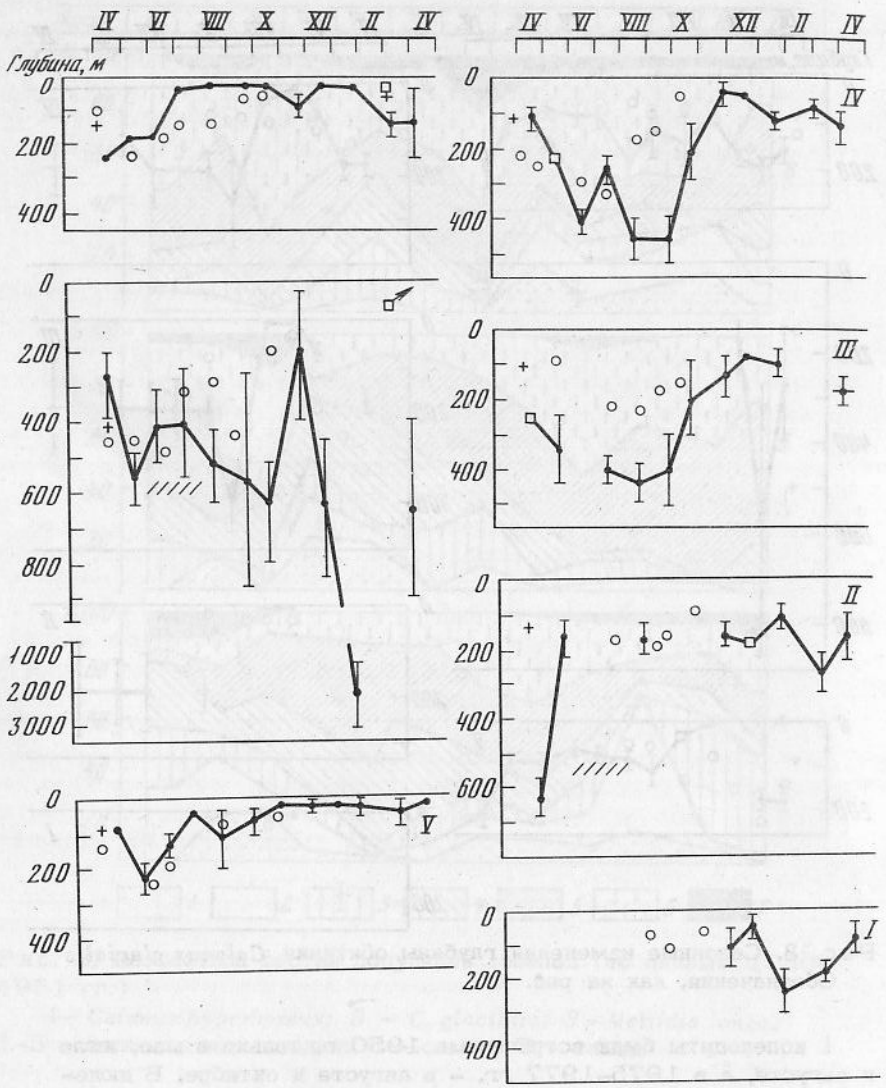


Рис. 4. Сезонные изменения глубины обитания *Metridia longa*. Обозначения, как на рис. 1

подиты находились на наибольшей глубине. К концу лета–осени они поднялись в верхние слои, где оставались до начала следующей весны. Такой характер изменения глубины обитания прослеживается в оба периода наблюдений.

Глубина обитания самцов сильно и незакономерно менялась по материалам 1950–1951 гг., а по данным 1975–1978 гг. заметна тенденция к подъему рачков осенью. Неожиданное резкое увеличение медианы вертикального распределения самцов в январе 1951 г. скорее всего явилось результатом загрязнения сети в верхних слоях.

Изменения характерной глубины обитания I и II копеподитов, возможно, лишены сезонного хода. В апреле 1950 г. II копеподиты находились намного глубже, чем в апреле 1951 и 1978 гг., а также и в любое время года. Поэтому надежность этих сведений сомнительна.

В период с ноября до апреля относительное количество I и II копеподитов больше, чем в другое время года (см. рис. 2, *В*), и, следовательно, наиболее интенсивное размножение проходило с октября по март. В этот период взрослые самки и старшие копеподиты находятся выше, чем в другое время года.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, в высоких широтах Арктического бассейна у трех массовых видов копепод обнаруживаются сезонно повторяющиеся вертикальные перемещения разных стадий развития. Изученные виды различаются по времени подъема в верхние слои, продолжительности пребывания в этих слоях и по размаху совершаемых сезонных перемещений.

У всех трех видов в период пребывания их в верхних слоях воды относительное количество молодых копеподитов в популяции выше. Наиболее интенсивное размножение происходит либо в этот же период, либо перед ним.

Подъем копеподитов калянусов связан с откормом на фитопланктоне, который, по сетным сборам, обильнее всего в июне–июле в слое 0–100 м и, особенно – 0–50 м [Бродский, Никитин, 1955], что отмечалось для этих видов и ранее [Павштикс, 1977]. Интенсивное размножение *C. hyperboreus* происходит, в основном, до развития фитопланктона. Это возможно благодаря тому, что взрослые самки этого вида могут непосредственно перед размножением не питаться, используя резервные вещества, накопленные ранее [Conover, 1967]. *C. glacialis* размножается в основном при повышенном обилии фитопланктона, но значительного изменения медианы гемипопуляции самок, как отмечалось выше, в это время не было.

В отличие от калянусов *M. longa* находится в верхних слоях воды значительно дольше, но застает период наиболее интенсивного развития водорослей только частично: некоторые стадии поднимаются лишь к концу этого периода или даже после его окончания. Это неудивительно, так как *M. longa* питается не только фитопланктоном, но и животными [Haq, 1967].

Такие периодические изменения глубины обитания отдельных возрастных стадий представляют собой сезонные миграции, размах которых в этой статье оценивается разностью максимального и минимального значений медианы вертикального распределения. Не

Таблица 2

Среднегодовое значение медианы вертикального распределения и размах сезонных миграций изученных гемипопуляций (в скобках приведены значения, полученные после исключения сомнительных данных)

Вид, пол, стадия		Медиана, м	Размах, м	Вид, пол, стадия		Медиана, м	Размах, м
C. hyperboreus	♀	375	640	*C. glacialis*	III	167	195
	♂	628	84		II	135	195
	V	606	1280		I	64	177
	IV	618	1580	*M. longa*	♀	91	215
	III	582	1390		♂	644(488)	1990(440)
	II	376	930		V	78	210
	I	335	650		IV	207	428
C. glacialis	♀	131	130		III	254	365
	♂	274	493		II	242(186)	480(130)
	V	108	200		I	148	200
	IV	151	265				

исключено, что эта оценка может оказаться несколько завышенной, так как крайние значения медианы не всегда сезонно обусловлены.

Значения средней глубины, относительно которой происходят сезонные колебания, различны у разных возрастных стадий одного вида, и их смену в процессе онтогенеза мы вслед за М.Е. Виноградовым [1968] называем онтогенетической миграцией.

Среднегодовые значения медианы вертикального распределения были вычислены по данным 1950–1951 гг. для каждой гемипопуляции усреднением значений медианы для каждого месяца в предположении равной их точности, т.е. независимо от числа особей и протяженности слоя, содержащего медиану. Результаты приведены в в табл. 2.

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что самцы обитают на значительно большей глубине, чем самки. Кроме того, общим для изученных видов оказывается характер онтогенетической миграции: взрослые самки и I копеподиты в среднем обитают на меньшей глубине, чем копеподиты III–IV стадий.

Размах онтогенетической миграции можно оценить разностью максимального и минимального среднегодового значения медианы вертикального распределения разных стадий развития. При этом не следует учитывать взрослых самцов, так как неизвестна глубина, на которой происходило оплодотворение. По нашим данным, размах онтогенетической миграции можно оценить лишь приближенно, так как в изученном материале не были представлены науплиальные стадии развития. По-видимому, он не превышает 600 м у *C. hyperboreus*, 170 м – у *C. glacialis* и 250 м – у *M. longa*, если допустить, что науплиусы обитают у поверхности. Максимальный размах сезонных миграций в 1,5–3 раза больше.

Таблица 3

Среднегодовое значение медианы вертикального распределения и размах сезонных миграций гемипопуляций *C. hyperboreus* в Норвежском море

Пол, стадия	♀	♂	V	IV	III	II	I
Медиана, м	1389	865	1371	1299	1254	45	48
Размах, м	347	466	531	1036	1444	30	47

Следует иметь в виду, что изменение вертикального распределения какой-либо стадии развития может быть совершенно не связано с перемещением особей в пространстве, так как при значительном рассеянии рачков по вертикали их переход из стадии в стадию может происходить неодновременно на разных глубинах.

Для сравнения особенностей сезонных вертикальных миграций копепод в высокой Арктике и в бореальной Атлантике мы используем результаты исследований на станции погоды "М" в Норвежском море, где изменения вертикального распределения копепод в слое 0–2000 м также описаны с интервалом в один месяц [Østvedt, 1955]. Этот выбор обусловлен тем, что другие литературные данные относятся к прибрежным относительно мелководным районам.

В Норвежском море I и II копеподиты *C. hyperboreus* встречены в верхних слоях воды лишь в течение двух месяцев, и поэтому размах совершаемых им сезонных миграций очень мал (табл. 3).

Среднегодовые значения медианы гемипопуляций старших копеподитов и взрослых самок значительно больше, чем в высокой Арктике, что связано с тем, что в течение всего года большое число особей находится глубже 1000 м. Предполагаемый размах онтогенетической миграции достигает 1400 м. Максимальный размах сезонной миграции примерно равен размаху онтогенетической миграции. Сходство вертикального распределения *C. hyperboreus* в Арктике и Норвежском море состоит в том, что глубина обитания самцов примерно одинакова, и сезонные миграции наибольшего размаха совершают копеподиты III и IV стадий. Кроме того, в обоих районах пребывание популяций у поверхности очень непродолжительно, хотя в Норвежском море подъем начинается раньше.

Таксономически близкий к *C. glacialis* вид *C. finmarchicus* поднимается в Норвежском море раньше и находится в верхних слоях дольше, чем *C. glacialis* в Арктическом бассейне. Медиана гемипопуляций I–III копеподитов в период с апреля по октябрь не превышает 100 м, а в прочие месяцы эти стадии отсутствуют. Копеподиты IV, V и взрослые самки имеют большой размах сезонной миграции. В летнее время медианы этих гемипопуляций могут быть менее 100 м, а в период с ноября по февраль – более 1000 м. Таким образом, наиболее мигрирующие стадии *C. finmarchicus* в

Норвежском море имеют значительно больший размах сезонной миграции, чем *C. glacialis* в высокой Арктике. Размах онтогенетической миграции, вероятно, в Норвежском море тоже больше.

В Норвежском море I–III копеподиты *M. longa* обитают на меньшей глубине, чем прочие копеподиты. Особи IV–V стадий живут на большей глубине, чем в Арктическом бассейне, и поднимаются в апреле–июле, когда в Арктике наблюдается заглубление этих стадий. Размах онтогенетической миграции в Норвежском море больше.

Отсутствие значительных сезонных миграций I и II копеподитов каляниц в бореальных, а также в антарктических районах связано с быстрым развитием молоди в верхних слоях в период вегетации фитопланктона и переходом их там в III или даже в более поздние стадии развития [Виноградов, 1968; Marshall, Orr, 1955; Voronina, 1972]. По-видимому, сезонные изменения вертикального распределения молоди высокоарктических калянусов оказываются возможными из-за малой скорости развития, более широкого спектра питания, а иногда и меньшей определенности самого сезона размножения.

ЛИТЕРАТУРА

Бродский К.А., Никитин М.М. Гидробиологические работы. – В кн.: Материалы наблюдений научно-исследовательской дрейфующей станции 1950/51 г. Л.: Морской транспорт, 1955, т. 1, с. 404–465.

Бродский К.А., Павштикс Е.А. Планктон центральной части Арктического бассейна. – Вопр. географии, 1976, т. 101, с. 148–167.

Брукс К., Карузерс Н. Применение статистических методов в метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1963. 416 с.

Виноградова М.Е. Вертикальное распределение океанического зоопланктона. М.: Наука, 1968. 320 с.

Кособокова К.Н., Куликов А.С., Рудяков Ю.А. Ловы без замыкания как метод изучения вертикального и горизонтального распределения пелагических организмов в Арктике. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.

Павштикс Е.А. Сезонные изменения возрастного состава популяций веслоногих рачков Calanoida в Арктическом бассейне. – В кн.: Исследование фауны морей. Л.: Наука, 1977, т. 19(27), с. 56–73.

Рудяков Ю.А. Методы описания вертикального распределения пелагических организмов. – Океанология, 1977, т. 17, № 2, с. 319–323.

Conover R.J. Reproductive cycle, early development and fecundity in laboratory populations of the copepod *Calanus hyperboreus*. – Crustaceana, 1967, vol. 13, N 1, p. 61–72.

Haq S.M. Nutritional physiology of *Metridia lucens* and *M. longa* from the Gulf of Maine. – Limnol. and Oceanogr., 1967, vol. 12, N 1.

Marshall S.M., Orr A.P. The biology of a marine copepod *Calanus finmarchicus* (Gunnerus). Edinburgh, 1955, 188 p.

Østvedt O.J. Zooplankton investigations from weather ship "M" in the Norwegian Sea, 1948–1949. – Hvalrådets skr., 1955, N 40, s. 5–93.

Voronina N.M. The spatial structure of interzonal copepod populations in the Southern Ocean. – Mar. Biol., 1972, vol. 15, N 4, p. 336–343.

УДК 596.34(286.9)

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА ПОПУЛЯЦИЙ *MICROCALANUS PYGMAEUS, OITHONA SIMILIS, ONCAEA BOREALIS* И *O.NOTOPUS* В ЦЕНТРАЛЬНОМ АРКТИЧЕСКОМ БАССЕЙНЕ

К.Н. КОСОБОКОВА

Мелкие виды копепод *Microcalanus pygmaeus, Oithona similis, Oncaea borealis* и *O. notopus*, так же как и крупные *Calanus hyperboreus, C. glacialis* и *Metridia longa* достигают в Арктическом бассейне массового развития [Богоров, 1946; Бродский, Павштикс, 1975; Павштикс, 1970, 1971а, б, 1977; Johnson, 1963а; Grainger, 1965]. При изучении вертикального распределения зоопланктона и возрастного состава популяций отдельных видов в этом районе мелким видам уделяют гораздо меньше внимания, чем крупным. Без сомнения, *C. hyperboreus, C. glacialis* и *M. longa* составляют основную часть биомассы зоопланктона Центрального Арктического бассейна, однако относительное значение мелких копепод благодаря их высокой численности оказывается не столь малым, чтобы ими можно было пренебречь.

Недостаток внимания, уделяемого мелким копеподам, отчасти связан с тем, что материал нередко оказывается недостаточно репрезентивным в отношении этих видов. Обычно применяемые орудия лова плохо улавливают младшие стадии, а иногда и половозрелых особей, и получаемые материалы не дают правильного представления о возрастном составе популяции. В некоторых работах имеются указания на почти полное отсутствие в ловах мелких копепод [Johnson, 1963b], что скорее всего обусловлено их недоловом крупноячеистыми сетями. Кроме того, при количественной обработке проб традиционный метод подсчета особей в какой-либо выборке увеличивает вероятность пропуска и недоучета редких, малочисленных стадий. Изменения вертикального распределения перечисленных видов в Арктическом бассейне по сезонам изучены недостаточно в связи с тем, что материалы, использованные во многих работах, получены путем тотальных ловов или облова слоев большой протяженности и в течение лишь части года.

Основной материал, использованный в настоящей работе, не лишен, к сожалению, ряда указанных выше недостатков (младшие копеподитные стадии рассматриваемых видов частично проходят через ячеи сети Джеди из сита № 38, исследования ограничены только весенне-летне-осенним периодом), однако он собран по дробным горизонтам от дна до поверхности и тщательно обработан путем тотального просчета в пробах всех особей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основным материалом для работы послужили пробы планктона, собранные в Центральном Арктическом бассейне на дрейфующих станциях СП-22 и СП-23 И.А. Мельниковым (табл.). На СП-22 сборы планктона проводили с мая по октябрь 1975 г. 1-2 раза в месяц [Мельников, 1976а] и в апреле 1976 г. [Мельников, 1976б], на СП-23 – с июня по октябрь 1977 г. [Мельников, Циновский, 1978].

Планктон собирали сетью Джеди с диаметром входного отверстия 37 см и фильтрующим конусом из шелкового сита № 38 по горизонтам 0-10, 10-25 (0-25), 25-50, 50-100, 100-150, 150-200 (100-200), 200-300, 300-500, 500-1000, 1000 м – дно. Несколько станций были взяты по стандартным горизонтам до 500 м. В пробах тотально просчитывали каждую копеподитную стадию *M. pygmaeus* и *O. similis*. У видов рода *Oncaea* отдельно просчитаны взрослые самки и самцы, копеподитные стадии – суммарно.

Для восстановления картины сезонного распределения *M. pygmaeus* в течение всего года дополнительно привлечены материалы обработки круглогодичных сборов планктона в 1950-1951 гг. на дрейфующей станции СП-2 [Бродский, Никитин, 1955]. Планктонные станции на СП-2 были взяты на 76 –82° с.ш., примерно в том же секторе Арктики. Планктон собирали сетью Нансена из сита № 23 с диаметром входного отверстия 50 см. Вертикальные ловы проводились по горизонтам, соответствующим распределению водных масс в центральной части Арктического бассейна: 0-10, 10-25, 50-100 м, затем от 100 м примерно до 300 м, примерно 300-1000 м и 1000 м – дно. Обработка этих сборов проведена К.А. Бродским. Организмы подсчитывали во всей пробе и только в редких случаях, при большом числе мелких организмов, применен ускоренный счетный метод зоопланктона [Бродский, Баскаков, 1952].

Для характеристики вертикального распределения рассматриваемых видов по материалам СП-22, СП-23 и СП-2 графическим методом рассчитывали значение медианы (глубина 50%-ного уровня численности) и квартилей (глубины 25- и 75%-ного уровней) для каждой копеподитной стадии. При расчетах значений медианы и квартилей использованы только материалы станций, выполненных до дна или до глубины 3000 м. Слой, заключенный между верхней и нижней квартилью, содержит 50% гемипопуляции рачков данной стадии – "ядро", выше и ниже которого обитает по 25% особей этой стадии. Расстояние между квартилями – растянутость ядра гемипопуляции – характеризует степень сконцентрированности рачков.

Некоторые данные о сборах планктона, использованных в настоящей работе

Дата	Глубина места, м	Координаты	
1975 г.		с.ш.	з.д.
20. V	1460	83°55′	167°58
6. VI	2315	84 22	166 58
19. VI	1830	84 03	168 21
5. VII	2200	84 27	165 44
22. VII	2655	83 45	162 12
6. VIII	3160	83 02	160 57
25. VIII	3260	82 56	162 23
13. IX	3250	83 08	161 25
20. X	3300	83 18	154 34
1976 г.			
12. IV	2740	83 31	140 59
1977 г.		с.ш.	в.д.
4. VI	177	78 35	161 18
1. VII	1833	79 56	158 57
1. VIII	2821	81 46	158 44
1. IX	2775	82 41	153 04
13. X	2403	83 38	149 39

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Microcalanus pygmaeus (G.O.Sars, 1900)

Возрастной состав популяции оказалось возможным описать только по материалам 1975-1976 гг. (рис. 1). Копеподиты I стадии присутствуют в материале с мая по октябрь, стадии II-VI – в течение всего периода работ. Численность I стадии достигает максимума в конце июля. Наибольший процент II копеподитов падает на июль-начало августа. Обе эти стадии проходят через ячеи сети, и их численность, по-видимому, сильно занижена по сравнению с истинной. Однако период поимки максимального количества особей этих стадий все же, вероятно, совпадает с их максимумом в планктоне. К сентябрю максимума достигает IV стадия, а в октябре ее процент падает при одновременном повышении доли V копеподитов.

Взрослые самки доминируют в популяции в мае, в июле их относительная численность снижается и с конца июля остается почти на одном и том же уровне до времени проведения последней станции, т.е. до конца октября, но возрастает к апрелю следующего года. Самцы в небольшом количестве встречаются в течение всего периода исследований. 20 мая 1975 г. численность их составляла 1,6%, а в течение остального времени не превышала 0,2-0,8% численности популяции.

Вертикальное распределение. Особи *M. pygmaeus* встречаются во всей толще вод от дна до поверхности. На рис. 2-4 приведены значения медианы и квартилей гемипопуляции каждой копе-

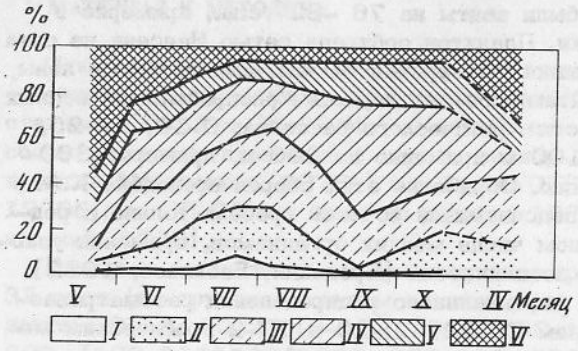


Рис. 1. Изменения возрастного состава популяции *Microcalanus pygmaeus* в 1975–1976 гг.

I–IV – копеподитные стадии

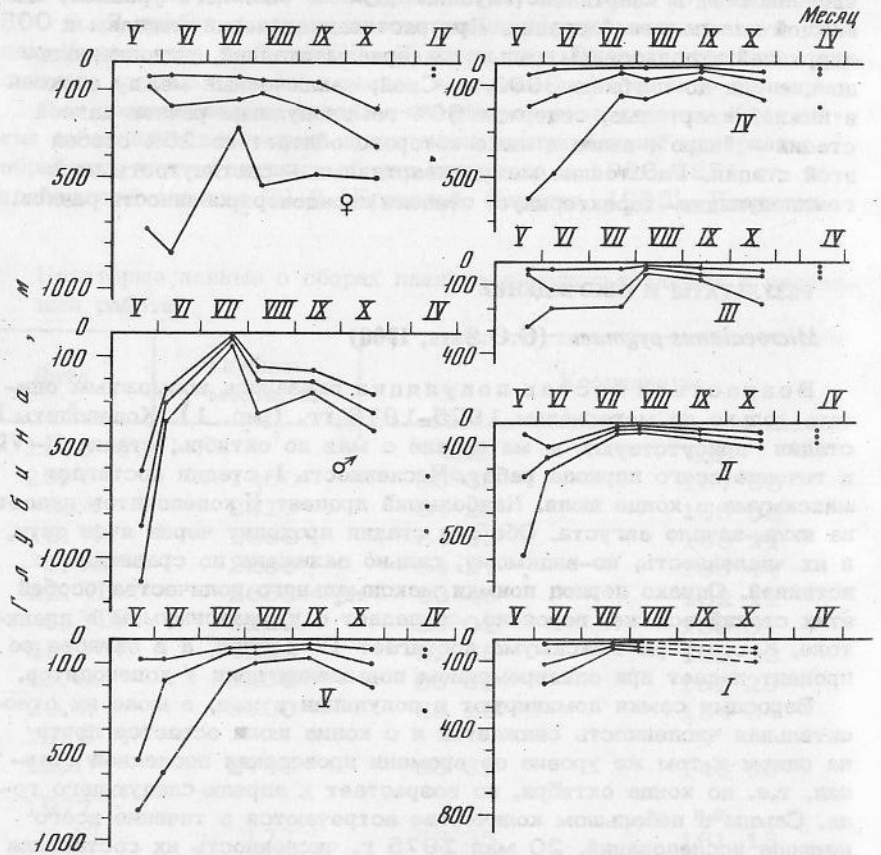


Рис. 2. Изменение вертикального распределения копеподитных стадий *Microcalanus pygmaeus* в 1975–1976 гг.

Верхняя линия – положение 25%-ного, средняя линия – 50%-ного и нижняя линия – 75%-ного уровней численности каждой стадии. Римскими цифрами обозначены копеподитные стадии

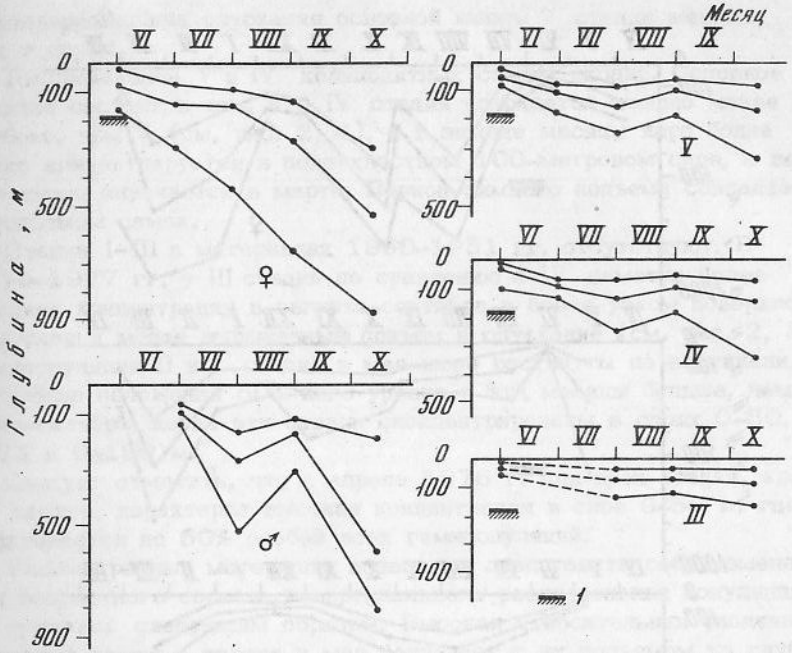


Рис. 3. Изменение вертикального распределения копеподитных стадий *Microcalanus pygmaeus* в 1977 г.

Обозначения, как на рис. 2; *1* – дно

подитной стадии, которые позволяют сопоставить глубины обитания основной массы особей в разные месяцы 1950, 1975–1976 и 1977 гг.

Ядра гемипопуляции самок очень растянуты (см. рис. 2, 3), что свидетельствует о рассредоточенности самок по вертикали. Тем не менее в летние месяцы 50% гемипопуляции, а иногда и больше скапливается в слое 0–200 м. Концентрация рачков наиболее высока в июне–июле. Значение медианы наиболее четко отражает изменения вертикального распределения в течение сезона. В рассмотренные периоды 1975–1977 и 1950–1951 гг. наблюдаются сходные изменения положения медиан, что свидетельствует о подъеме самок из слоя атлантических вод в поверхностные арктические в апреле–мае, концентрации основной их части в слое 0–200 м в июне–июле и опускании в августе (см. рис. 2–4). В период с августа по октябрь ядра гемипопуляции значительно более заглублены, они целиком или большей частью располагаются в слое атлантических вод. Однако в ноябре–декабре (см. рис. 4) ядро концентрируется и поднимается в арктические поверхностные воды. Этот подъем может быть связан с размножением в зимние месяцы, на наличие которого у восточных берегов Гренландии указывали Уссинг [Ussing, 1938] и Дигби [Digby, 1954]. К сожалению, в сборах 1950–1951 гг. I–III копеподитные стадии *M. pygmaeus*

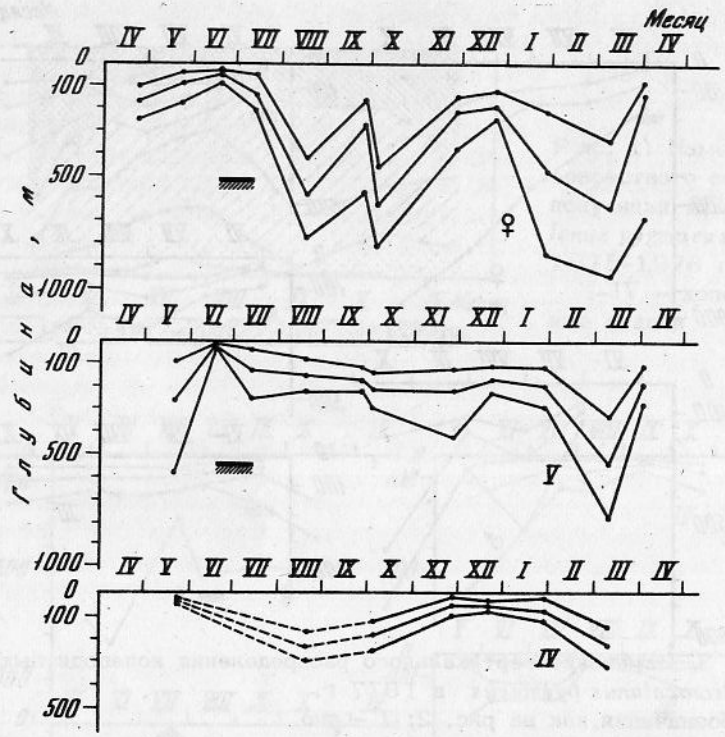


Рис. 4. Изменение вертикального распределения копеподитных стадий *Microcalanus pygmaeus* в 1950–1951 гг.
Обозначения, как на рис. 2

отсутствовали, поскольку ловы проводили крупноячеистыми сетями. Поэтому можно лишь предполагать, что этот вид размножается в зимнее время.

Самцы в 1975–1977 гг. обнаружены на наибольшей глубине в апреле–мае (см. рис. 2), в июне происходит их подъем и в июле – концентрация в поверхностном 100–150-метровом слое (см. рис. 2, 3). В августе основная часть гемипопуляции найдена в слоях 150–300 (500) м, а в сентябре–октябре еще глубже. В материалах 1950–1951 гг. самцы очень малочисленны.

Основная масса копеподитов V стадии с июня–июля по сентябрь обитает на меньших глубинах, чем в остальную часть года (см. рис. 2–4). С октября по февраль значения медиан выше, однако ядра лежат в пределах того же слоя поверхностных арктических вод, и лишь в марте ядро целиком находится в слое атлантических вод. Различия в распределении V стадии и самок заключаются в большей концентрации V копеподитов в летнее время 1975–1977 гг. В 1950 г. это наблюдалось только в июне (см. рис. 3). Осеннее исчезновение самок из поверхностных слоев опережает опускание

V стадии. Глубина опускания основной массы V стадии меньше, чем у самок.

Распределение V и IV копеподитных стадий сходно. Основное отличие состоит в том, что IV стадия опускается осенью менее глубоко, чем V (см. рис. 2, 4), и в зимние месяцы ядро более четко концентрируется в поверхностном 100-метровом слое, а затем вновь опускается в марте. Период зимнего подъема совпадает с подъемом самок.

Стадии I–III в материалах 1950–1951 гг. отсутствуют. В 1975–1977 гг. у III стадии по сравнению с IV заметна более высокая концентрация в августе–сентябре в более узком поверхностном слое и менее выраженный подъем и опускание (см. рис. 2, 3). Гемипопуляции II и I стадий в мае–июне растянуты по вертикали, и глубина положения 50%-ного уровня в эти месяцы больше, чем в июле–октябре, когда эти стадии сконцентрированы в слоях 0–50, 0–75 и 0–100 м.

Следует отметить, что в апреле 1976 г. для всех стадий, кроме самцов, характерна высокая концентрация в слое 0–50 м, где скапливается до 50% особей всех гемипопуляций.

Рассмотренные материалы позволяют представить себе изменения возрастного состава и вертикального распределения популяции *M. pygmaeus* следующим образом. Высокая относительная численность взрослых самок в апреле и мае совпадает с их подъемом из глубинных вод. В это время максимален процент самцов. По-видимому, в этот период происходит размножение, которое растянуто на 2–3 или даже 4 месяца, поскольку I копеподиты встречались с мая по октябрь. Поднимаются и, вероятно, размножаются одновременно не все самки: более 50% гемипопуляции обычно рассеяно в слое 100 м – дно. В течение летне-осеннего периода, вероятно, лишь немногие особи новой генерации успевают развиться до V–VI стадии. Основная часть их достигает III–IV стадий, а некоторые – только II. Присутствие II и III стадий в апреле либо указывает на то, что особи этих стадий, появившиеся осенью, могут переживать зиму и продолжать развитие в следующий весенне-летний сезон, либо является следствием зимнего или весеннего размножения, о котором упоминали Уссинг [1938] и Дигби [1954]. IV копеподиты, найденные в апреле, являются, очевидно, потомками летней генерации предыдущего года, которые не закончили своего развития к весне.

Сходные изменения возрастного состава популяции *M. pygmaeus* в Арктическом бассейне описаны в ряде работ [Богоров, 1946; Павштикс, 1977; Grainger, 1965]. По нашему мнению, наблюдаемая последовательность максимумов копеподитных стадий не исключает того, что цикл *M. pygmaeus* в Центральном Арктическом бассейне является годовым. Не исключено, что часть самок этого вида размножается перед цветением, а другая часть, которая в это время обитает на глубинах и пополняется за счет развития особей, присутствующих в начале лета на III–V стадиях, размножается зи-

мой. Годовой продолжительность цикла *M. pygmaeus* у восточной Гренландии считал Дигби [1954], который высказал мнение, что рачки могут проходить несколько стадий развития в отсутствие фитопланктона, питаясь, как хищники. В то же время имеется предположение Грейнджера [Grainger, 1965] и Павштикс [1977] о том, что в Северном Ледовитом океане *M. pygmaeus* развивается более года.

Появление в планктоне I копеподитной стадии этого вида предшествует массовому развитию фитопланктона [Беляева, 1980], а максимум совпадает с максимумом цветения. Следовательно, размножение начинается при почти полном отсутствии фитопланктона, а развитие копеподитов происходит в период вегетации, что является характерной чертой этого вида [Гейнрих, 1961].

Данные о вертикальном распределении возрастных стадий *M. pygmaeus* в разные сезоны в литературе отсутствуют. Хьюз [Hughes, 1968] показал, что существуют сезонные различия в вертикальном распределении всей популяции, что слой максимального обилия в июне–июле располагается на меньших глубинах, чем в июле–октябре, а в феврале популяция почти равномерно распределена в слое 0–180 м. На основании анализа численности и возрастного состава популяции в разные периоды года Павштикс [1977] предположила, что *M. pygmaeus* совершает сезонные миграции.

Наш материал показывает, что глубины обитания отдельных стадий *M. pygmaeus* не остаются постоянными в течение изученных периодов. Их изменения приурочены к определенным сезонам и повторяются от года к году. Отличаются и диапазоны глубин обитания разных стадий. Таким образом, рачки этого вида совершают в Арктическом бассейне как сезонные, так и онтогенетические миграции.

Общая картина сезонных миграций такова. Весенний подъем рачков происходит в апреле–июне и предшествует развитию фитопланктона. Самки и самцы держатся в поверхностных слоях в течение короткого периода, совпадающего с максимумом фитопланктона [Беляева, 1980], а затем исчезают из них. В зимние месяцы у самок и IV копеподитов наблюдается второй подъем, у V стадии он менее заметен. Более молодые стадии задерживаются у поверхности дольше и опускаются, вероятно, на меньшие глубины, чем старшие, т.е. протяженность сезонных миграций у *M. pygmaeus* увеличивается с возрастом.

Уссинг [Ussing, 1938, цит. по: Digby, 1954] в водах у восточной Гренландии выделил по типу вертикального распределения две группы копепод. Первая группа – копеподы, которые держатся у поверхности летом и опускаются на глубины зимой (*Calanus* и *Pseudocalanus*), вторая – копеподы, присутствующие у поверхности зимой и опускающиеся летом (*Microcalanus, Metridia, Pareuchaeta*). В Центральном Арктическом бассейне популяция *M. pygmaeus* летом обнаружена нами не на глубинах, а у поверхности. Вертикальное распределение этого вида летом отличается от распределения *Metridia longa*, которая поднимается к поверхности только к осени [Гейнрих и др., 1980]. По-видимому, в Арктическом бассейне эти виды не могут быть объединены в одну группу, поскольку периоды их пребывания у поверхности и на глубинах не совпадают.

В Арктическом бассейне такой же подъем летом в поверхностные слои характерен для *Calanus hyperboreus* [Гейнрих и др., 1980]. Хотя период нахождения у поверхности у этих видов частично совпадает, подъем *C. hyperboreus* (июль) несколько запаздывает по сравнению с подъемом *M. pygmaeus* (апрель–май). Опускание популяции *C. hyperboreus* совпадает с исчезновением из поверхностных слоев самок и самцов *M. pygmaeus*, но I–V стадии микрокалянуса остаются у поверхности более продолжительное время. В летний период глубины обитания популяций видов сходны, после опускания они близки только у самок, а средние глубины обитания IV и V стадий после опускания у *C. hyperboreus* значительно больше, чем у *M. pygmaeus*. Возможно, что это справедливо и для младших копеподитных стадий, данных по распределению которых в зимние месяцы у нас нет. Таким образом, общим для этих видов оказывается только нахождение основной массы популяции вблизи поверхности в период вегетации фитопланктона, а амплитуды перемещений возрастных стадий, периоды их подъема и опускания не совпадают.

Подъем *M. pygmaeus* в поверхностные слои на период вегетации и некоторые особенности перераспределения его возрастных стадий по вертикали в течение года делают его миграции сходными с сезонными миграциями ряда видов в умеренных широтах: *Calanus finmarchicus, C. hyperboreus* и *Pseudocalanus elongatus* в Северной Атлантике [Sömme, 1934; Wiborg, 1954; Ostvedt, 1955], *C. plumchrus, C. cristatus* и *Eucalanus bungii* в северной части Тихого океана [Виноградов, 1955; Гейнрих, 1961], а также с миграциями ряда размножающихся вблизи поверхности интерзональных антарктических копепод [Воронина, 1974, 1975, 1977].

Возрастной состав популяций и изменения вертикального распределения трех следующих видов рассматриваются только по материалам СП-22 и СП-23.

Oithona similis Claus, 1866

Изменения возрастного состава в 1975–1977 гг. приведены на рис. 5, *А*. Взрослые самки всегда довольно многочисленны в популяции, доминируют в апреле–июне и примерно с середины августа до середины сентября. Количество самцов очень невелико в течение всего периода исследований. Яйценосные самки присутствовали в 1975–1976 гг. с начала мая до начала июля, а 1 экз. был найден 25.VIII.75 г. В 1977 г. яйценосные самки обнаружены на всех станциях, кроме 1.VII и 1.IX.

В 1977 г. пики всех стадий сдвинуты на более поздние сроки, чем в 1975 г. К октябрю 1975 г. в популяции доминировала V ко-

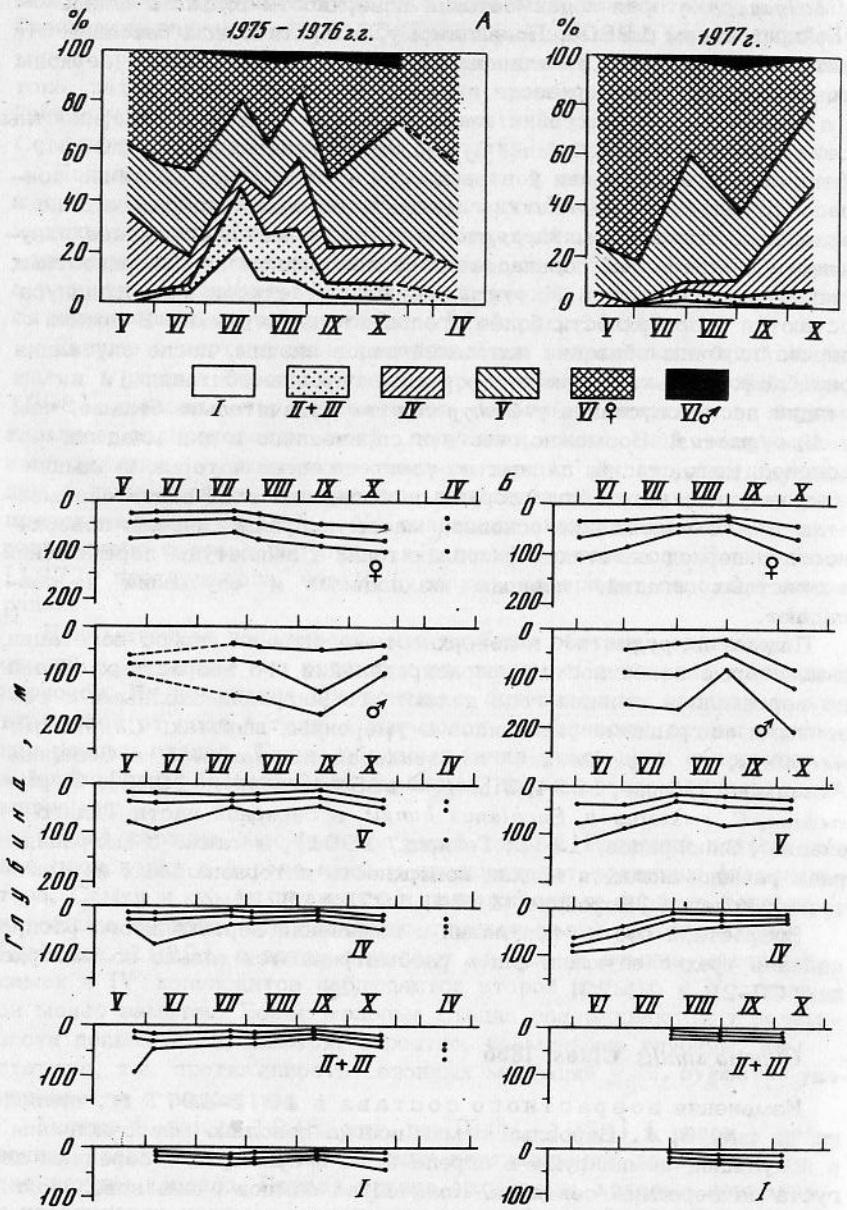


Рис. 5. Возрастной состав популяции (*А*) и вертикальное распределение копеподитных стадий (положение 25-, 50- и 75%-ного уровней численности) (*Б*) *Oithona similis*

Римскими цифрами обозначены копеподитные стадии

копеподитная стадия, в 1977 г. в это время преобладала IV стадия, а процент V копеподитов не изменился по сравнению с августом.

Вертикальное распределение. Во всем столбе воды от дна до поверхности обнаружены только самки, но их численность за пределами арктических поверхностных вод крайне мала (не более 2–6%), а до 50% самок встречаются в слое 0–50 м. Остальные стадии также наиболее многочисленны в слое 0–50 м, а глубже 200 м встречаются единично.

Глубины обитания основной массы самок в течение изученного периода изменяются незначительно, однако можно говорить о большей подтянутости гемипопуляции к поверхности в июле–августе и некоторой концентрации ее в эти месяцы в 1977 г. (рис. 5, *Б*). В сентябре–октябре значения медиан выше, чем в предшествующие месяцы, что свидетельствует о тенденции самок к опусканию в осенний период. Самцы рассредоточены по вертикали больше, чем все остальные стадии, но до 75% их обитает в слое 0–200 м.

Вертикальное распределение V стадии сходно с таковым у самок и имеет те же особенности в течение исследованного периода. Для IV стадии характерна более высокая концентрация по сравнению с V–VI. Положение ядра в апреле 1976 и в июне 1977 гг. свидетельствует в пользу того, что в отсутствие фитопланктона основная часть гемипопуляции обитает на бо́льших глубинах, чем в период вегетации. Распределение I–III стадий в общем сходно и характеризуется высокой сконцентрированностью в слое 0–25, 0–50 м (см. рис. 5, *Б*).

O. similis – один из самых широко распространенных планктонных видов [Шувалов, 1974]. Многие авторы [Гейнрих, 1961; Wiborg, 1954; и др.] указывали, что в умеренных широтах для него характерно почти круглогодичное размножение, однако наиболее многочисленная генерация возникает в период вегетации фитопланктона. Массовое размножение *O. similis* в Арктическом бассейне, судя по относительному обилию I копеподитов (см. рис. 5, *А*), предшествовало периоду развития фитопланктона [Беляева, 1980]. Сроки обнаружения самок с яйцевыми мешками и I копеподитов указывают на то, что размножение растянуто на длительный период и, по-видимому, также может происходить в течение всего года.

Развитие основной массы особей новой генерации совпадало с периодом обилия фитопланктона. Осенью в планктоне присутствуют все копеподитные стадии, но большинство особей успевает достичь IV–V стадий. Доминирование взрослых самок и уменьшение процента I–IV стадий на апрельской станции 1976 г. могут говорить о том, что основная часть летней генерации заканчивает развитие в осенне-зимний период. В то же время большую долю в популяции еще составляют рачки V копеподитной стадии, которые не завершают цикла до весны. II–III и IV стадии, найденные в апреле, вероятно, являются потомками самок, размножавшихся позднее основной массы.

Продолжительность развития *O. similis* в Арктическом бассейне, по-видимому, значительно превышает длительность ее жизненного

цикла в умеренных широтах. Одной из причин этого является то, что все развитие протекает при отрицательной температуре, так как почти вся популяция обитает в слое арктических поверхностных вод.

Сезонные изменения вертикального распределения этого типичного эпипланктонного вида в Северной Атлантике и северной части Тихого океана хорошо изучены [Виноградов, 1954, 1968]. В Арктическом бассейне они описаны только Хьюзом [1968]. Он показал, что максимум численности популяции располагается ближе всего к поверхности в июне-июле, а наиболее глубоко – в августе-октябре и феврале. Данные о распределении отдельных стадий в литературе отсутствуют.

Наши материалы показали, что для *O. similis* характерны различия глубин обитания на разных стадиях онтогенеза. Младшие копеподитные стадии населяют узкий приповерхностный слой, а по мере повзросления происходит некоторое рассредоточение особей по вертикали.

В вертикальном распределении отдельных стадий в исследованный отрезок года происходят периодические изменения, которые носят характер сезонных миграций. Миграции неодинаково выражены у разных стадий. Старшие копеподиты (VI♀, V и, возможно, IV) совершают сезонные миграции, характеризующиеся подъемом к поверхности перед развитием фитопланктона, более или менее выраженной концентрацией в поверхностном слое в период вегетации и опусканием после окончания цветения. I–III стадии в период исследований почти постоянно сконцентрированы в узком приповерхностном слое, и основная их масса, по-видимому, не совершает миграций, поскольку за период вегетации успевает перейти на более поздние стадии. Возможно, что особи, достигшие ко времени осеннего опускания популяции лишь I–III стадий, следуют за опускающимися и рассредоточивающимися старшими стадиями.

В период исследований амплитуда сезонных перемещений старших стадий была невелика и составляла несколько десятков метров. Данные Хьюза [1968] показывают, что в феврале популяция довольно равномерно распределена до глубины 180 м, а медиана равна примерно 100 м (медиана части популяции, обитающей в слое 0–180 м), т.е. 50%-ный уровень популяции расположен в феврале на глубине, большей, чем 50%-ный уровень любой стадии в октябре, по нашим данным. При этом надо принять во внимание, что часть особей, обитающая глубже 180 м, недоучтена, и медиана всей популяции должна располагаться еще глубже. Вероятно, зимой происходит рассеяние *O. similis* по вертикали, как в других районах океана [Виноградов, 1954, 1968].

Oncaea borealis G.O.Sars, 1918

Молодь видов рода *Oncaea* проходит через ячеи сети Джеди из газа № 38 [Цалкина, 1970], поэтому в пробах, помимо взрослых особей, присутствовали в основном IV–V копеподитные стадии, которые были просчитаны суммарно.

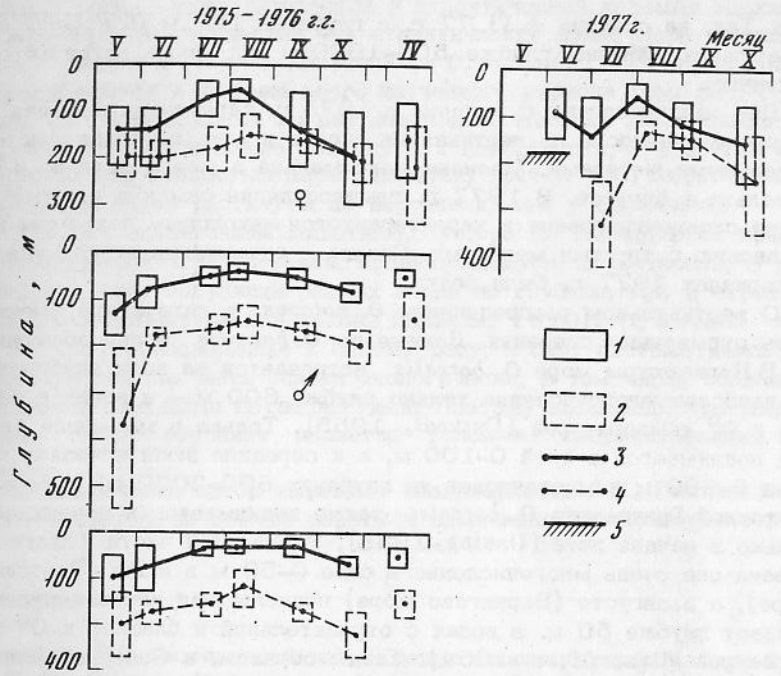


Рис. 6. Положение ядер гемипопуляций самок, самцов и копеподитных стадий *Oncaea borealis* (*1*) и *Oncaea notopus* (*2*); *3* – линия, соединяющая медианы стадий *O. borealis*; *4* – то же, *O. notopus*; *5* – дно

Самки *O. borealis* обнаружены от дна до поверхности, хотя численность их глубже 300 м невелика. Самцы и копеподиты редко встречались глубже 200 м.

По значению медиан распределения и растянутости ядер гемипопуляций самок, самцов и копеподитов (рис. 6) видно, что в апреле-июне гемипопуляции более рассредоточены по вертикали, и основная часть особей обитает на больших глубинах, чем в последующей период – в конце июля-начале августа. В это время концентрация особей в узком приповерхностном 50-метровом слое наиболее высока. Большинство самцов и копеподитов обитает на меньших глубинах, в слое меньшей вертикальной протяженности, и они дольше остаются у поверхности, чем самки. В сентябре-октябре у всех стадий заметна тенденция к опусканию, а у самок – и к некоторому рассредоточению по вертикали.

Oncaea notopus Giesbrecht, 1891

Этот вид обитает на больших глубинах, чем *O. borealis* (см. рис. 6). Численность *O. notopus* в поверхностном 100-метровом слое невелика, нередко вид вообще отсутствует в верхних горизон-

тах. Так, на станции 4.VI.77 г. с глубиной 177 м *O. notopus* не обнаружена. Обычно глубже 500–1000 м вид также встречается единично.

Для распределения *O. notopus* в 1975 г. характерна большая рассредоточенность по вертикали в апреле и мае по сравнению с остальными месяцами. Медиана максимальна в мае и октябре и минимальна в августе. В 1977 г. гемипопуляция самок в августе более сконцентрирована и характеризуется некоторым подъемом по сравнению с другими месяцами. Самцы и копеподиты этого вида в материалах 1977 г. были редки.

О вертикальном распределении *O. notopus* в литературе имеются лишь отрывочные сведения. Данные по *O. borealis* более обширны.

В Норвежском море *O. borealis* встречается на всех глубинах, но наиболее многочисленна только глубже 600 м – в водах с близкой к 0° температурой [Ostvedt, 1955]. Только в мае–июне этот вид поднимается в слой 0–100 м, а к середине июля исчезает из слоя 0–600 м и многочислен на глубинах 600–2000 м. У берегов восточной Гренландии *O. borealis* также поднимается к поверхности только в начале лета [Ussing, 1938]. В северной части Тихого океана она очень многочисленна в слое 0–50 м в июне (Охотское море), а в августе (Берингово море) подавляющая часть популяции обитает глубже 50 м, в водах с отрицательной и близкой к 0° температурой [Виноградов, 1954]. Таким образом, в Северной Атлантике и северотихоокеанских морях *O. borealis* совершает протяженные сезонные миграции, и пребывание ее в поверхностных слоях совпадает с обилием в них фитопланктона.

Глубины обитания *O. borealis* в разных частях ареала сильно отличаются, поскольку этот вид предпочитает воды с низкой температурой, а структура вод в перечисленных районах и в Арктическом бассейне отлична. В Северной Атлантике *O. borealis* обитает в наиболее холодных и "частично арктических" районах [Jespersen, 1939] и, по мнению ряда авторов, может быть использована как индикатор арктических вод.

Некоторые данные о сезонных изменениях вертикального распределения этого вида в Арктическом бассейне имеются в работе Хьюза [1968]. Максимум численности *O. borealis* в августе–октябре обнаружен им глубже, чем в июле–августе, а наибольшая численность в поверхностном слое приходилась на июнь–июль.

По нашим данным, самки, самцы и старшие копеподиты *O. borealis* и *O. notopus* совершают сезонные миграции, поднимаясь ближе к поверхности в период вегетации и опускаясь, когда количество фитопланктона идет на убыль. Средние глубины обитания на разных стадиях развития у *O. borealis* различны, а у *O. notopus* почти одинаковы.

Рассматриваемые виды различаются между собой по глубинам обитания. *O. borealis* населяет в основном слой арктических вод, и ее миграции в исследованный период происходят в его пределах. *O. notopus* обитает в том же слое глубже 100 м, заходит в переходный слой между арктической и атлантической водными массами и в небольшом количестве – в атлантические воды. Ядра гемипопуляций самцов и старших копеподитов *O. borealis* и *O. notopus* не перекрываются в течение всего изученного периода (см. рис. 6). Ядра самок расходятся по вертикали в те месяцы, когда самки *O. borealis* максимально подтянуты к поверхности, а в другие – частично или полностью перекрываются, причем у *O. borealis* они в это время более растянуты по вертикали, чем у *O. notopus*.

Как все планктонные животные, Cyclopoida подчиняются принципу конкурентного исключения, проявляющемуся, в частности, в расхождении ядер популяций разных видов по глубине, т.е. в чередовании слоев доминирования видов [Цалкина, 1970]. *O. borealis* и *O. notopus*, принадлежащие к одному роду, в силу систематической близости должны быть близки экологически, в том числе обладать сходными пищевыми потребностями. Поэтому возможно, что расхождение слоев обитания является условием сосуществования этих видов.

В заключение автор выражает благодарность А.К. Гейнрих и Ю.А. Рудякову за ценные советы и замечания при подготовке работы.

ЛИТЕРАТУРА

Беляева Т.В. Фитопланктон района дрейфа станции "Северный полюс–22". – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.

Богоров В.Г. Зоопланктон по сборам экспедиции на л/п "Г. Седов" 1937–1939 гг. – В кн.: Труды дрейфующей экспедиции Главсевморпути на ледокольном пароходе "Г. Седов", 1937–1940 гг., М.; Л.: Главсевморпуть, 1946, т. 3.

Бродский К.А., Баскаков Г.А. Ускоренный счетный метод обработки зоопланктона. – Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва, 1952, т. 3.

Бродский К.А., Никитин М.М. Гидробиологические работы. – В кн.: Материалы наблюдений научно-исследовательских дрейфующих станций 1950/51 г. Л.: Морской транспорт, 1955, т. 1.

Бродский К.А., Павштикс Е.А. Планктон центральной части Арктического бассейна. – Вопр. географии, 1976, т. 101.

Виноградов М.Е. Суточные вертикальные миграции зоопланктона дальневосточных морей. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1954, т. 8.

Виноградов М.Е. Вертикальное распределение и миграции планктона Охотского и Берингова морей и северной части Тихого океана: Дис... канд. биол. наук. М.: Ин-т океанол. АН СССР, 1955.

Виноградов М.Е. Вертикальное распределение океанического зоопланктона. М.: Наука, 1968.

Воронина Н.М. Вертикальное распределение антарктических копепод *Calanus propinuus* и *Calanoides acutus*. – Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва, 1974, т. 20.

Воронина Н.М. К экологии и биогеографии планктона Южного океана. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1975, т. 103.

Воронина Н.М. Сообщества умеренных и холодных вод южного полушария. – В кн.: Биологическая продуктивность океана. М.: Наука, 1977 (Океанология; Биология океана; т. 2).

Гейнрих А.К. Сезонные явления в планктоне Мирового океана. I. Сезонные явления в планктоне средних и высоких широт. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1961, т. 51.
Гейнрих А.К., Кособокова К.Н., Рудяков Ю.А. Сезонные изменения вертикального распределения некоторых массовых копепод Арктического бассейна. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.
Мельников И.А. Гидробиологические исследования в центральной части Северного Ледовитого океана. – Океанология, 1976а, т. 16, вып. 3.
Мельников И.А. Гидробиологические исследования в центральной части Северного Ледовитого океана (весна 1976 г.). – Океанология, 1976б, т. 16, вып. 6.
Мельников И.А., Циновский В.Д. Гидробиологические исследования в Северном Ледовитом океане на СП-23 (май-октябрь 1977 г.). – Океанология, 1978, т. 18, вып. 2.
Павштикс Е.А. О сезонных явлениях в планктоне у Северного полюса. – В кн.: Биологические процессы в морских и континентальных водоемах. Кишинев, 1970.
Павштикс Е.А. Гидробиологическая характеристика вод Арктического бассейна в районе дрейфа станции "Северный полюс-17". – Тр. Аркт. и Антаркт. науч.-исслед. ин-та, 1971а, т. 302.
Павштикс Е.А. О сезонных изменениях численности зоопланктона в районе Северного полюса. – Докл. АН СССР, 1971б, т. 196, № 2.
Павштикс Е.А. Сезонные изменения возрастного состава популяций веслоногих рачков Calanoida в Арктическом бассейне. – В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1977, т. 19(27).
Цалкина А.В. Особенности распределения Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) в тропических районах Тихого и Индийского океанов: Автореф. дис... канд. биол. наук, М.: Ин-т океанол. АН СССР, 1970.
Шувалов В.С. Географическая изменчивость некоторых видов сем. Oithonidae (Copepoda, Cyclopoida). – В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1972, т. 12(20).
Digby P.S.B. The biology of the marine planktonic copepods of Scoresby Sound, East Greenland. – J. Anim. Ecol., 1954, vol. 23, N 2.
Grainger E.H. Zooplankton from the Arctic Ocean and adjacent Canadian waters. – J. Fish. Res. Board Canada, 1965, vol. 22, N 2.
Hughes K.H. Seasonal vertical distributions of copepods in the Arctic water in the Canadian Basin of the North Polar Sea. – MS. Thesis. Seattle: Univ. Washington, 1968.
Jespersen P. Investigation on the copepod fauna in East Greenland waters. – Medd. Grønland, 1939, vol. 119, N 9.
Johnson M.W. Arctic ocean plankton. – Proc. Arctic Basin Symposium, Hershey (Pennsylvania), Oct. 1962. 1963a.
Johnson M.W. Zooplankton collections from the high Polar Basin special reference to the Copepoda. – Limnol. and Oceanogr. 1963b, vol. 8, N 1.
Østvedt O.J. Zooplankton investigation from weather ship "M" in the Norwegian Sea. 1948–1949. – Hvalrådets skr., 1955, N 40.
Sömme J.D. Animal plankton of the Norwegian coast waters and open sea. 1. Production of *Calanus finmarchicus, Cal. hyperboreus* in the Lofoten area. – Fiskeridirekt. skr. Havundersökn., 1934, vol. 4, N 9.
Ussing H.H. The biology of some important planktonic animals in the fiords of East Greenland. – Medd. Grønland, 1938, vol. 100, N 7.
Wiborg K.F. Investigations on zooplankton in coastal and offshore waters off western and northwestern Norway. – Rept Norw. Fish. Inv., 1954, vol. 11, N 1.

УДК 577.475(268.9)

ЛОВЫ БЕЗ ЗАМЫКАНИЯ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО И ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕЛАГИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ В АРКТИКЕ

К.Н. КОСОБОКОВА, А.С. КУЛИКОВ, Ю.А. РУДЯКОВ

Со времен возникновения количественной планктонологии известны два метода сбора материала о распределении планктона по глубине вертикальным обловом водной толщи [Schutt, 1892]. Один из них, метод непосредственного измерения, получил широкое распространение и состоит в послойных обловах водной толщи замыкающимися сетями. Другой способ состоит в получении сведений об обилии планктона в слоях от поверхности до глубины $z_1, z_2, \ldots, z_n$. При этом обилие планктона в некотором слое от z_i до z_{i+1} оценивается разностью значений обилия в ловах с глубины z_{i+1} и z_i. Это метод косвенного измерения, аналогичный, например, многим методам аналитической химии и, в частности, методу определения веса по разности результатов взвешивания сосуда с веществом и пустого сосуда.

Метод косвенного измерения, который обычно называют методом ступенчатых ловов, не завоевал широкого признания планктонологов по трем основным причинам. Во-первых, тотальная обработка полученных проб оказывается более трудоемкой, чем проб, полученных ловами с замыканием. Во-вторых, при увеличении толщины облавливаемого слоя возрастает опасность засорения сети и, следовательно, снижения ее фильтрационной способности. В-третьих, при составлении ряда разностей с целью построения распределения по глубине некоторые из них оказываются отрицательными.

Вместе с тем метод ступенчатых ловов обладает рядом несомненных достоинств, обусловленных простотой и безотказностью необходимого оборудования. Известно, что обычно применяемые механические замыкатели иногда при хорошей погоде и довольно часто при волнении срабатывают до прихода посыльного груза, в большинстве таких случаев еще при спуске сети. Даже при своевременном срабатывании замыкателя сеть иногда закрывается столь неудачно, что при дальнейшем ее подъеме сохраняется возможность прилова. Такие неполадки ведут к перерасходу экспедиционного времени, но могут привести и к грубейшим ошибкам, если останутся незамеченными. Кроме того, фактическая глубина замыкания, как правило, отличается от желаемой в связи с обычными непредсказуемыми изменениями угла наклона троса, скорости вращения барабана лебедки и скорости дрейфа судна. Ошибка определения глубины замыкания может быть весьма значительной. Об этом свидетельствуют результаты испытаний электромагнитного замыкателя "Мурена" [Флинт и др., 1978], идею которого можно считать максимально возможным приближением к идеалу, достижимому при вертикальном облове.

Однако замыкатель такой конструкции очень дорог и может быть применен только при наличии достаточно мощной кабельной лебедки, т.е. только в условиях хорошо оснащенного научно-исследовательского судна.

В свете приведенных сведений некоторые преимущества ступенчатых ловов становятся очевидными, если цель работы состоит не в определении глубины поимки каждой особи, а в изучении характеристик вертикального распределения всего множества особей, к которому она относится. Это обстоятельство и послужило основанием для того, чтобы рассмотреть метод ступенчатых ловов практически, сравнив результаты его применения с результатами традиционного способа облова замыкающимися сетями.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал собран в апреле 1978 г. на дрейфующей станции "Северный полюс-23" в точке с координатами 88°28′ с.ш., 142°28′ в.д. Глубина - 2520 м. Орудие лова - сеть Джеди 37/50 с площадью устья 0,1 м^2 из газа № 38 (размер ячеи 180 мкм). Скорость спуска и подъема сети 0,6-0,8 м/сек, средняя скорость дрейфа 4 см/сек, угол наклона троса 0°.

Серия ловов без замыкания была взята 16 апреля. Ловы проведены по схеме: 50-0 м, 100-0 м, 150-0 м и т.д. Итого до глубины 1000 м получено 20 проб в последовательности, соответствующей увеличению глубины.

Серия ловов с замыканием получена 18 апреля по слоям 0-25, 25-50, 50-100, 100-200, 200-500, 500-1000 и 1000-2500 м. Последовательность отбора проб - от глубоководных к мелководным.

В сборе материала принимал участие И.А.Мельников, что обеспечило возможность выполнения этой работы.

Для анализа были выбраны четыре вида: *Calanus glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa* и *Scaphocalanus magnus*. Раздельный подсчет самок, самцов и копеподитных стадий проведен при тотальной обработке проб. Результаты подсчета представлены в табл. 1, 2[1].

Сравнение методов облова было проведено путем сопоставления полученных в результате их применения оценок обилия и медианы вертикального распределения (т.е. глубины "50%-ного уровня") выделенных однородных групп, вычисленных для слоя 0-1000 м.

В случае ловов с замыканием оценка обилия получена суммированием числа особей во всех пробах, а медиана - графическим методом, состоящим в построении зависимости накопленного числа особей от нижней границы слоя облова. Соединив полученные точки плавной кривой, легко определить значение глубины, выше и ниже которой обнаружено равное число особей.

[1] В таблицы включены данные по гемипопуляциям, представленным в обеих сравниваемых сериях более чем одной особью.

Таблица 1

Число особей изученных видов по результатам ловов с замыканием

Вид	Пол, стадия	Слой облова, м						
		0-25	25-50	50-100	100-200	200-500	500-1000	1000-2500
C. glacialis	♀	0	5	64	22	0	0	0
	V	0	1	34	22	0	2	0
	IV	0	2	6	2	0	0	0
C. hyperboreus	♀	0	0	0	3	3	6	4
	V	0	0	0	2	8	10	15
	IV	0	0	0	1	8	37	19
	III	0	0	0	1	4	4	0
M. longa	♀	1	3	18	25	0	0	1
	♂	0	0	0	0	3	1	0
	V	0	10	31	3	1	3	0
	IV	1	1	5	20	3	1	3
	III	0	7	17	24	0	1	0
	II	0	1	0	3	0	0	0
S. magnus	♀	0	0	1	6	0	0	0
	V	0	0	2	10	1	0	2
	IV	1	0	0	4	7	1	0
	III	0	0	0	3	9	0	0

Таблица 2

Число особей изученных видов в пробах, полученных ловами без замыкания

Вид	Пол, стадия	Глубина начала лова, м									
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
C. glacialis	♀	2	19	26	36	37	35	34	17	27	35
	V	1	11	17	16	18	11	20	7	18	15
	IV	0	3	1	6	3	2	0	4	5	3
C. hyperboreus	♀	0	3	9	4	5	12	9	7	8	12
	V	0	0	1	4	7	5	2	8	9	19
	IV	0	0	2	3	4	3	6	8	14	16
	III	0	0	0	1	0	0	3	4	3	2
M. longa	♀	0	18	17	17	27	32	18	28	19	24
	♂	0	0	0	1	1	1	4	5	8	3
	V	0	12	17	19	25	28	26	29	27	33
	IV	0	5	11	25	34	24	21	26	23	25
	III	0	10	14	15	20	24	24	24	18	10
	II	0	1	2	1	3	0	1	1	3	2
S. magnus	♀	0	1	3	6	11	7	4	3	1	9
	V	0	0	5	4	13	11	9	11	10	15
	IV	0	1	2	5	11	14	8	22	14	16
	III	0	0	0	2	7	5	8	11	10	6

Таблица 2 (окончание)

Вид	Пол, стадия	Глубина начала лова, м									
		550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
C. glacialis	♀	42	33	31	49	36	33	34	46	36	40
	V	22	24	26	26	23	16	18	21	22	26
	IV	2	2	5	2	3	3	1	3	1	9
C. hyperboreus	♀	9	12	15	8	12	5	12	12	12	18
	V	8	8	12	14	18	7	11	17	15	16
	IV	16	26	25	34	44	18	39	62	63	54
	III	1	4	8	5	2	7	6	12	6	7
M. longa	♀	28	38	28	28	25	13	22	27	19	25
	♂	8	3	4	5	4	3	3	7	7	1
	V	25	28	46	40	17	22	10	21	20	32
	IV	31	29	30	22	31	23	15	15	18	24
	III	24	17	28	17	17	21	8	16	17	18
	II	1	1	2	2	1	3	0	2	2	0
S. magnus	♀	6	4	6	7	5	1	5	5	6	2
	V	11	13	7	14	5	8	4	7	5	9
	IV	21	14	18	13	14	9	10	22	14	20
	III	18	9	9	6	10	8	3	8	9	8

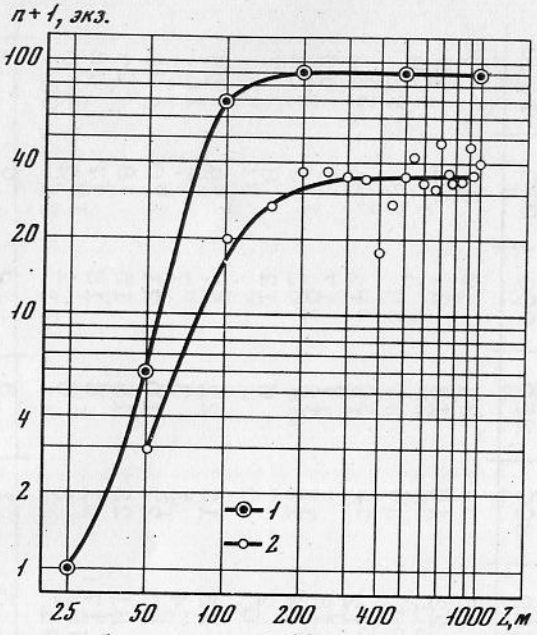


Рис. 1. Изменение обилия самок *Calanus glacialis* (*n*) в слое от поверхности до глубины z

1 – серия ловов с замыканием; *2* – серия ловов без замыкания

Числовая обработка результатов серии ступенчатых ловов представляет известные трудности. Исследователя интересует функция распределения обилия изучаемых организмов по глубине, тогда как результатом измерений оказываются значения интеграла этой функции, а непосредственное численное дифференцирование затруднено низкой точностью измерений. Решение задачи может быть достигнуто выравниванием ошибок отдельных измерений в результате некоторой процедуры интерполяции. Существенную трудность представляет выбор аппроксимирующей функции, так как в общем известно только то, что она монотонна, т.е. ее производная неотрицательна. Решение может быть получено при использовании электронной вычислительной техники, но для широкого использования можно рекомендовать графический метод, состоящий в построении зависимости числа особей в пробе от глубины начала подъема сети. Так как обилие планктона в повторяющихся ловах обычно имеет лог-нормальное распределение [Cassie, 1968], то шкалу обилия естественно взять логарифмической, откладывая на ней значения $n+1$, где n – число особей, или линейной, откладывая значения логарифмов увеличенных на единицу значений обилия. Что касается шкалы глубины, то для слоя 0–1000 м ее также удобнее взять логарифмической, так как вертикальное распределение видов в этом слое обычно имеет положительную асимметрию [Рудяков, 1979]. Проведя по

экспериментальным точкам графика плавную кривую S-образной формы типа логистической кривой или кривой накопленных частот нормального распределения, можно оценить обилие в слое облова и глубину, соответствующую 50% оценки обилия, т.е. медиану.

В качестве примера на рис. 1 приведена обработка данных по вертикальному распределению самок *C. glacialis*. Для ловов с замыканием обилие равно 91 экз. и медиана равна глубине, выше и ниже которой встречено 45,5 экз., т.е. приблизительно 80 м. По данным ступенчатых ловов, обилие приблизительно равно 37 экз. и медиана – около 100 м. Если цель исследования состоит в построении вертикального распределения, то обилие в слоях 0–50, 50–100, 100–150 м и т.д. оценивается разностями снятых с графика выравненных значений интеграла.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценки обилия и медианы вертикального распределения изученных гемипопуляций приведены в табл. 3. Результаты определения медианы по данным обоих методов сбора материала находятся, как правило, в хорошем соответствии и не свидетельствуют о наличии какой-либо систематической ошибки. Это ясно показывает график на рис. 2, точки которого расположены вдоль прямой, соответствующей случаю равенства медиан, т.е. вдоль биссектрисы угла между осями координат. Иная картина наблюдается при сопоставлении оценок обилия (см. табл. 3), которые по данным ловов с замыканием часто оказываются более высокими. Дополнительную информацию относительно соотношения оценок обилия по данным сравниваемых методов можно получить из рис. 3, показывающего, что при ловах без замыкания оказались заниженными в 1,2–3,3 раза оценки обилия лишь приповерхностных видов с медианой менее 200 м.

Таким образом, серия ловов без замыкания дает верное представление о глубине обитания пелагических животных. Что же касается оценок обилия, то представленные здесь результаты как будто свидетельствуют о снижении фильтрационной способности применявшейся сети при тотальном облове верхнего 200-метрового слоя. Материал не позволяет считать это заключение абсолютно бесспорным, так как сравниваемые серии ловов были взяты с интервалом в двое суток и за это время распределение планктона под льдиной могло существенно измениться. Однако правильность сделанного заключения подтверждается результатами других исследований. В частности, применяя сеть из газа с размером ячеи около 180 мкм, Виборг [Wiborg,1978] обнаружил снижение фильтрационной способности на 19% при сравнении ловов 0–20 и 0–200м и на 20% при сравнении ловов 0–20 и 0–300 м у побережья Норвегии. Даже в относительно малопродуктивных тропических районах океана сеть из газа № 38 в четырех случаях из пяти обнаруживает признаки снижения коэффициента фильтрации в 1,1–1,6 раза

Таблица 3

Соотношение оценок обилия (экз.) и медианы вертикального распределения (м) изученных видов по данным ловов с замыканием (З) и без замыкания (БЗ)

Вид	Пол, стадия	Обилие		Медиана	
		З	БЗ	З	БЗ
C. glacialis	♀	91	40	82	100
	V	59	20	92	90
	IV	10	3	75	80
C. hyperboreus	♀	12	13	500	200
	V	20	19	500	550
	IV	46	60	680	700
	III	9	10	463	600
M. longa	♀	47	26	106	110
	♂	5	5	400	280
	V	48	29	73	130
	IV	31	24	142	150
	III	49	19	102	100
	II	4	2	133	80
S. magnus	♀	7	5	142	130
	V	13	10	145	180
	IV	13	15	264	230
	III	12	9	300	250

при облове слоя 0–100 (или 0–200) м по так называемым стандартным слоям облова протяженностью 25, 50 и 100 м по сравнению с результатами облова того же приповерхностного слоя по 10-метровым слоям (неопубликованные данные, любезно предоставленные в наше распоряжение А.Г. Тимониным).

По-видимому, обычно применяемый для пошива сетей газ с размером ячеи порядка 180 мкм разумно заменить капроновым ситом с бо́льшим размером ячеи, исходя из эмпирического соотношения, что двукратное увеличение размера ячеи приводит к шестикратному уменьшению вероятности засорения сети (Tranter, Smith, 1968). В обозримом будущем сеть останется незаменимым орудием изучения редко встречающихся относительно крупных организмов. Что же касается мелкого зоо- и фитопланктона, то его изучение предпочтительнее проводить батометрами большого объема.

Таким образом, при условии применения крупноячеистых сетей метод ступенчатых ловов позволяет получить несмещенные оценки не только глубины обитания, но и обилия планктонных организмов,

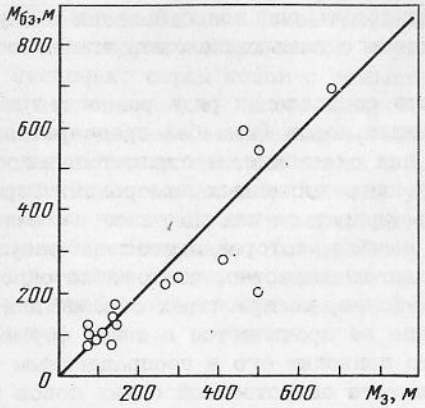


Рис. 2. Соотношение значений медианы вертикального распределения изученных гемипопуляций, вычисленных по результатам ловов с замыканием ($M_з$) и без замыкания ($M_{бз}$)

Проведенная прямая соответствует случаю равенства значений медианы

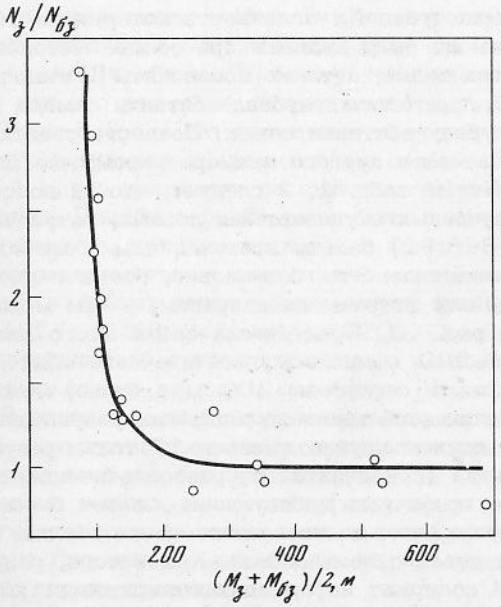


Рис. 3. Изменение отношения оценок обилия, полученных по данным ловов с замыканием ($N_з$) и без замыкания ($N_{бз}$) с изменением глубины обитания изученных гемипопуляций

$M_з$ и $M_{бз}$ – медианы вертикального распределения по данным ловов с замыканием и без замыкания. Аппроксимирующая кривая проведена от руки

и его можно рекомендовать для использования в случае отсутствия оборудования для ловов с замыканием или его недостаточной надежности.

Тот факт, что при составлении ряда разностей непосредственно по данным ступенчатых ловов (т.е. без предварительной интерполяции) некоторые из них оказываются отрицательными, никак не может опорочить саму идею косвенных измерений. Отрицательные разности должны рассматриваться как полезное напоминание исследователю о величине ошибки, которой отягощены результаты его измерений. Планктонологам известно, что ошибка одного лова может достигать 100% и более, но при ловах с замыканием без повторений ошибка никогда не проявляется в явной форме, и оптимизм исследователя часто приводит его к неоправданным попыткам выдать полученные в результате единственной серии ловов результаты за точное отражение объективной реальности [Shulenberger, 1978].

Применяя метод ступенчатых ловов, необходимо считаться с увеличением стоимости тотальной таксономической обработки полученного материала. Однако этот рост расходов в значительной мере окупается существенно большей информативностью достигнутых результатов. Прежде всего в этой связи уместно сообщить, что в пробах, полученных ступенчатыми ловами, были обнаружены представители гемипопуляций, численность которых настолько мала, что они совсем не были найдены при облове методом замыкания. Это самцы всех видов, а также копеподиты III стадии *C. glacialis* и II стадии *C. hyperboreus;* глубина обитания самцов у всех видов превышает глубину обитания самок. Ценность сведений такого рода очевидна. В качестве другого примера рассмотрим данные о самках *C. glacialis*. Из табл. 1, 2 следует, что на подсчет этих рачков в пробах, полученных ступенчатыми ловами, затрачено приблизительно в 7 раз (648:91) больше времени, чем в пробах, полученных ловами с замыканием. Это, безусловно, большое увеличение стоимости. Однако эти затраты не напрасны, в чем можно убедиться, рассматривая рис. 1. Практически самки этого вида населяют только слой 0–200 м, поэтому все значения обилия, полученные тотальными ловами с глубины 200 м и более, можно рассматривать в отношении этой гемипопуляции как результаты повторных измерений. В данном случае имеется 17 таких результатов, и их среднее значение (приблизительно равное значению обилия, полученному ранее графически), безусловно, имеет более узкий доверительный интервал, чем единственная оценка обилия, полученная по данным серии ловов с замыканием. Кроме того, результаты этих 17 измерений содержат информацию относительно характера пространственного размещения особей (полученные результаты изложены в следующем разделе работы). По-видимому, полученные сведения в значительной мере оправдывают высокую стоимость обработки ступенчатых ловов. Вообще говоря, выбор соотношения стоимости и точности исследования в значительной мере определяется важностью поставленной задачи. Поэтому в некоторых случаях необходимая точность может быть достигнута при обработке лишь некоторой доли объема пробы, тем более что возникающая при этом ошибка меньше ошибки параллельных ловов [Рудяков, 1971а].

Разумеется, несколько серий ловов с замыканием дадут более ценную информацию относительно воспроизводимости результатов измерений и закономерностей размещения организмов в пространстве. Однако продолжительность одного лова с замыканием и без замыкания приблизительно одинакова. Поэтому увеличение числа серий ловов с замыканием требует пропорционального увеличения затрат времени на сбор материала. По-видимому, экономия времени работы экспедиции важнее экономии времени при лабораторной обработке собранных проб и это соображение должно быть учтено при выборе метода лова.

НЕОДНОРОДНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА В ВЫСОКОЙ АРКТИКЕ

Закономерности размещения организмов в пространстве давно привлекают внимание экологов [Грейг-Смит, 1967]. Этот интерес вполне понятен, так как в конечном итоге целью исследований такого рода являются заключения относительно причинности наблюдаемой картины распределения особей. В качестве меры отклонения распределения от случайного обычно используют отношение дисперсии к среднему значению обилия. При случайном распределении это отношение, или, как его называют, коэффициент дисперсии (КД), равно единице. Если КД < 1, то это свидетельствует о тенденции к упорядоченному (регулярному) размещению особей. В большинстве случаев КД > 1, что указывает на склонность организмов образовывать скопления. Подобные результаты были получены и для планктонных организмов, причем пятнистость принято хотя бы отчасти считать следствием пространственной неоднородности физико-химических полей, подобных полям температуры, солености и плотности [Cassie, 1957, 1959; McAlice, 1970]. Одним из источников этих неоднородностей считают локальные изменения скорости процессов взаимодействия океана и атмосферы [Краснопевцев и др., 1977]. В связи с этим представляет существенный интерес исследование пространственного распределения планктона в районах, где можно ожидать большей однородности физических полей. Таким районом, видимо, может считаться покрытый в течение большей части года сплошным слоем льда и снега приполюсный участок Северного Ледовитого океана, где подобные исследования планктона до сих пор не проводились.

Для испытания на значимость разности между полученным значением КД и единицей можно сравнить эту разность с ее ошибкой с помощью критерия Стьюдента, вычисляя ошибку по формуле

$$m_{КД} = \sqrt{2/(n-1)},$$

где n – число проб.

Таблица 4

Число проб (n), послуживших основой для вычисления коэффициента дисперсии (КД), ошибки коэффициента дисперсии ($m_{КД}$) и стандартного отклонения десятичных логарифмов оценок обилия (σ_{lg})

Вид	Пол, стадия	n	КД	$m_{КД}$	σ_{lg}
C. glacialis	♀	17	1,43	0,35	0,0952
	V	14	1,36	0,39	0,1388
	IV	15	1,57	0,38	0,2372
C. hyperboreus	♀	11	1,01	0,45	0,1316
M. longa	♀	14	1,51	0,39	0,1077
	♂	8	0,99	0,53	0,1944
	V	13	3,40	0,41	0,1625
	IV	13	1,28	0,41	0,1058
	III	14	1,60	0,39	0,1384
	II	15	0,69	0,38	0,2049
S. magnus	♀	13	1,21	0,41	0,2226
	V	12	1,50	0,43	0,1658
	IV	11	1,19	0,45	0,1166
	III	9	0,57	0,50	0,1338

В табл. 4 приведены значения КД и ошибки отклонения КД от единицы для исследованных гемипопуляций. Пятнистое распределение можно считать доказанным лишь в отношении копеподитов V стадии *M. longa*. Однако КД оказался меньше единицы лишь в трех случаях из 14, что может указывать на общую тенденцию к аггрегированному распределению. Таким образом, пространственное размещение планктонных организмов в высокой Арктике оказывается не более случайным, чем в других районах Мирового океана. Этот вывод подтверждается данными последнего столбца табл. 4, где приведены значения стандартного отклонения логарифмов оценок обилия. Эти значения заключены в интервале от 0,10 до 0,24, составляя в среднем 0,154. Отсюда логарифмический коэффициент вариации равен $(100{,}154-1)\times 100 = 43\%$. Это значение находится в хорошем соответствии с полученными ранее для вертикальных ловов (40–50%) как в умеренных [Winsor, Clarke, 1940; Motoda, Anraku, 1955], так и в тропических [Рудяков, 1971][1] районах океана.

[1] Стандартное отклонение логарифмов численности для *Cypridina sinuosa* получено извлечением квадратного корня из среднего квадрата ошибки (табл. 2 цитированной работы) и равно 0,156.

Этот вывод представляется весьма существенным. Дело в том, что исследование распределения планктона с дрейфующих станций представляет уникальную возможность одновременного измерения в нескольких точках, разнесенных на строго определенное расстояние. Это позволит получить детальные сведения о характерных размерах биологических неоднородностей, необходимые для решения важных задач продукционной гидробиологии. Результаты данной статьи позволят трактовать полученные сведения более широко, чем можно было ожидать.

ЛИТЕРАТУРА

Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М.: Мир, 1967. 358 с.

Краснопевцев А.Ю., Виноградова К.Г., Кузьмина Н.П. О пространственной изменчивости поля температуры в поверхностном слое океана (обзор). – В кн.: Мезомасштабная изменчивость поля температуры в океане. М.: Ин-т океанол. АН СССР, 1977, с. 6–32.

Рудяков Ю.А. Методы дисперсионного и регрессионного анализа в планктонных исследованиях. – В кн.: Инструкция по сбору и обработке планктона. М.: ВНИРО, 1971а, с. 23–64.

Рудяков Ю.А. Детали горизонтального распределения и суточные вертикальные миграции *Cypridina* (=*Pyrocypris*) *sinuosa* (G.W. Mueller) (Crustacea, Ostracoda) в западной части экваториальной Пацифики. – В кн.: Функционирование пелагических сообществ тропических районов океана. М.: Наука, 1971б, с. 213–227.

Рудяков Ю.А. Закономерности вертикального распределения пелагической фауны в районе Канарских островов. – Океанология, 1979, т. 19, вып. 1, с. 139–145.

Флинт М.В., Тимонин А.Г., Гептнер М.В., Поляков М.С. Опыт использования электронного замыкателя планктонных сетей с датчиком глубины ("Мурена"). – Океанология, 1978, т. 18, вып. 2, с. 365–372.

Cassie R.M. The sampling problem, with particular reference to marine organisms. – Rept. Proc. N.Z. Ecol. Soc., 1957, vol. 4, p. 38–51.

Cassie R.M. Micro-distribution of plankton. – Rept N.Z. J. Sci., 1959, vol. 2, N 3, p. 398–409.

Cassie R.M. Sample Design: Monographs on Oceanographic Methodology. 2. Zooplankton Sampling. UNESCO, 1968, p. 105–121.

McAlice B.J. Observations on the small-scale distribution of estuarine phytoplankton. – Mar. Biol., 1970, vol. 7, N 2, p. 100–111.

Motoda S., Anraku M. The variability of catches in vertical plankton hauls. – Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 1955, vol. 6, N 2, p. 152–175.

Schutt F. Analytische Plankton-Studien. Kiel; Leipzig: Lipsius. 1892, p. 60.

Shulenberger E. Vertical distribution, diurnal migrations and sampling problems of hyperiid amphipoda in the North Pacific central gyre. – Deep-Sea Res., 1978, vol. 25, N 7, p. 605–623.

Tranter D.J., Smith P.E. Filtration Performance: Monographs on Oceanographic Methodology. 2. Zooplankton Sampling. UNESCO, 1968, p. 27–56.

Wiborg K.F. Variations in zooplankton volumes at the permanent oceanographic stations along the Norvegian Coast and at weathership station "M" (ike) in the Norvegian Sea during the years 1949–1972. – Fisc. Dir. scr. Ser. Havunders, 1978, N 16, p. 465–487.

Winsor C.P., Clarke G.L. A statistical study of variation in the catch of plankton nets. – J. Mar. Res., 1940, vol. 3, N 1, p. 1–34.

НЕКТОН (СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ)

УДК 597(268.9)

О МАССОВЫХ СКОПЛЕНИЯХ КРИОПЕЛАГИЧЕСКИХ ТРЕСКОВЫХ РЫБ (*BOREOGADUS SAIDA* И *ARCTOGADUS GLACIALIS*) В ОКОЛОПОЛЮСНЫХ РАЙОНАХ АРКТИКИ

А. П. АНДРИЯШЕВ, Б. Ф. МУХОМЕДИЯРОВ И Е. А. ПАВШТИКС

Дрейфующие станции "Северный полюс", кроме решения своих основных исследовательских задач, обеспечили также и возможность получения чрезвычайно ценных материалов по биологии высоких широт Арктического бассейна. В результате многолетнего творческого содружества гидробиологов Зоологического института АН СССР и сотрудников Арктического и Антарктического научно-исследовательского института на дрейфующих станциях, начиная с СП-2, круглогодично, по единой методике проводились сборы планктона. Благодаря этому были получены принципиально новые данные о видовом составе планктона Центральной Арктики, о его вертикальном распределении и связи с водными массами, его сезонной и многолетней динамике [Виркетис, 1957, 1959; Бродский, Никитин, 1956; Павштикс, 1971, 1977; Бродский, Павштикс, 1976; и др.]. Не столь велики по объему и значению были данные, полученные полярниками на СП о рыбах высоких широт, но и они представляют значительный интерес. Так, по материалам СП-6, дрейфовавшей в высоких широтах Восточно-Сибирского моря, был установлен новый для фауны СССР и очень мало изученный вид тресковых рыб – *Arctogadus glacialis*, который раньше был известен лишь от берегов Гренландии [Андрияшев, 1954, 1957]. Наблюдения и сборы рыб проводились по нашему заданию и на ряде других дрейфующих станций СП, в результате чего было установлено, что в околополюсных районах Арктики (80–88,5°с.ш.) под паковыми льдами живут два вида тресковых рыб (*Boreogadus saida* и *Arctogadus glacialis*), которые временами образуют многочисленные стаи, легко доступные для облова. Этот факт имеет важное значение для понимания функциональной структуры экосистемы пелагиали Арктического бассейна, но представляет и некоторый практический интерес как источник возможного снабжения свежей рыбой участников различных полярных экспедиций и транспортных судов и ледоколов, работающих на высокоширотных трассах Северного морского пути. Уместно вспомнить о многих терпевших бедствие полярных экспедициях, участники которых погибали от голода, не подозревая о наличии пищи у них под ногами.

Ихтиологические материалы передали нам следующие сотрудники дрейфующих станций: В.И. Шильников (СП-4), Е.М. Гущенков (СП-6), В.И. Улитин (СП-10), Е.Б. Константинов и К.И. Грачев (СП-16), Н.И. Блинов (СП-17), В.С. Антонов и Г.Л. Павлов (СП-19), А.Т. Божков (СП-23) и др. Все этим полярникам, проявившим много внимания и инициативы при сборе и сохранении пойманных рыб, авторы выражают свою глубокую благодарность.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Кроме записей наблюдений и устных сообщений об условиях и результатах подледнего лова рыб, в Зоологический институт АН СССР с семи дрейфующих станций СП поступили значительные коллекционные сборы (замороженные или в этаноле) по двум видам рыб – сайке, или полярной тресочке (*Boreogadus saida*), и ледовой, или черной, треске (*Arctogadus glacialis*; см. табл. 2 и 5).

Наибольшие сборы рыб и наиболее систематические и полные записи наблюдений (Фенологический дневник с 9 мая 1968 по 30 марта 1969 г.) поступили от Е.В. Константинова и К.И. Грачева со станции СП-16, которая бо́льшую часть года дрейфовала над псевдоабиссальными глубинами Канадской котловины Арктического бассейна (глубина более 2000 м) в районе, находившемся примерно на середине между о-вом Врангеля и Северным полюсом. Из дневника станции следует, что отдельные мелкие тресковые рыбы отмечались в гидрологических лунках и в трещинах льда в течение всего года, а в массовых количествах наблюдались и ловились с конца ноября до конца марта, в апреле же клев прекратился. Лов рыбы в разное время проводился от поверхности до глубины 25 м различными способами: наживленный крючок, сачок для очистки лунки от осколков льда, короткий багорчик. Первое массовое появление рыб было отмечено 27 ноября, когда на крючок с мясной наживкой за 4 часа было поймано 450 рыб длиной 7–20 см. В последующие дни ноября и начала декабря рыба ловилась на крючок почти ежедневно по нескольку десятков и сотен экземпляров. 11 декабря "рыба кишела в лунке", и на крючок и просто ледовым сачком было выловлено более 1600 рыб длиной от 8–12 см (преобладающее количество) до 17–21 см. Всего в Фенологическом дневнике СП-16 сделаны записи о рыбе 90 раз (дней), из них 15 раз о визуальных наблюдениях (от единичных замеченных рыб до "тысячных стай") и 75 раз рыбы вылавливались, и при этом отмечалось количество пойманных рыб, глубина и орудия лова, минимальная и максимальная длина выловленных рыб. Данные о количестве ловов и пойманных рыб, естественно, могли зависеть от самых различных причин – от степени занятости полярников научными наблюдениями и хозяйственными работами, от

Таблица 1

Вылов рыб по записям фенологического дневника СП-16

Месяц	Количество дней с ловами	Поймано рыб, экз.	
		за 1 день	всего за месяц
Ноябрь	4	28-450	650
Декабрь	26	3-1600	5560
Январь	20	1-205	995
Февраль	12	50-1000	3605
Март	10	15-200	665
Всего	72		11475

погодных условий, от отвлечения довольно частыми посещениями медведей и т.д. По этой причине цифры за разные месяцы трудно сравнивать, но тем не менее они сами по себе представляют определенный интерес (табл. 1).

Из табл. 1 следует, что с конца ноября до конца марта в высоких широтах (80°04 по 81°23,5′ с.ш.) на меридиане о-ва Врангеля под паковыми льдами постоянно встречались стаи рыб, причем наибольшие подходы ("тысячные стаи") отмечались в течение почти всего декабря (с 7 по 24) и в первой половине февраля. Сравнение записей в дневнике с видовым составом зафиксированных проб рыб (см. табл. 2 и 5) показало, что среди рыб, отмеченных как "ледовая треска"; в действительности оказалась не только *Arctogadus glacialis*, но и обычная сайка *Boreogadus saida*. Учет указанных в уловах размеров рыб не дает гарантии видового определения, но все же заслуживает анализа. Так, минимальные размеры рыб в массовых уловах изменялись довольно закономерно: в ноябре, согласно записям в дневнике, наименьшая длина была (5[1]) - 7 см, в декабре - 8 см (очень много), в январе - 9-10 см, в феврале - 10-11 см. Такие размеры могли бы соответствовать увеличивающейся от ноября к февралю длине сайки в возрасте 1+, однако это могла быть и молодь ледовой трески, темп роста которой неизвестен. Кроме того, можно отметить записи в дневнике о "сайке", плававшей в лунке единично или стайками (но не пойманной): 25 мая дважды наблюдалась "сайка" длиной около 3-4 см; 16 июня 2 "сайки" длиной около 6-7 см, во второй половине ноября - отдельные стайки рыб длиной от 5 до 7 см; 6 января в гидрологической лунке "плавала одна маленькая рыбка длиной 2,5 см".

Наибольшие размеры выловленных (но не фиксированных) рыб в ноябре-январе были довольно однообразны, около 17-19, реже до 20-22 см, но в феврале-марте рыбы были заметно крупнее: в первой половине февраля максимальные размеры в каждом улове

[1] Примерная длина плававших в лунке, но не выловленных мальков.

были до 23,5-30,5 см, а во второй половине февраля - до 30-38 см и в марте - до 30-43 см. При этом существенно заметить, что в фиксированных пробах с СП-16 (7 проб, 167 экз.) наибольшая длина *B. saida* за все время наичаще не превышала 15-17 см, реже до 19 см.

Все это дает основание предполагать, что с ноября по январь в массовых подледных ловах в основном была сайка, а в феврале и марте преобладала более крупная ледовая, или черная, треска (*A. glacialis*). Этот вывод из дневниковых записей соответствует и фактическому видовому составу фиксированных проб; в них *A. glacialis* имеется лишь в февральских и мартовских пробах и только один раз (СП-10, 75°32′ с.ш.) попалась во второй половине января; в остальные же месяцы во всех сборах с дрейфующих станций оказалась только сайка (см. табл. 5). Правда, в фенологическом дневнике СП-16 есть отдельные записи о сравнительно крупных рыбах (т.е. предположительно о черной треске) и в декабре. Так, при массовом лове 23-24 декабря (при помощи багорчика было выкинуто на лед около тысячи рыб) длина одной из рыб была 23,5 см, а 8 декабря "в лунке плавала рыбина длиной около 30 см, заглотила приманку с крючком, оторвала и ушла". Таким образом, *A. glacialis*, по-видимому, находилась в подледном слое и в декабре, но, вероятно, реже, чем сайка.

Некоторые выводы, по записям дневника, можно сделать и о глубине рыбных скоплений. В темное время года (ноябрь-февраль) все рыбы, возможно, привлеченные светом электроламп, ловились близ поверхности (не глубже 2-3,5 м), и поэтому для лова часто применялись сачок и багорчик. Во второй половине февраля рыбу чаще ловили на крючок на глубине до 5-15 м, а в марте с появлением солнца рыба держалась глубже и к концу марта ловилась преимущественно на глубине 10-25 м.

Этим, к сожалению, ограничиваются выводы, которые можно считать более или менее достоверными на основании анализа записей фенологического дневника СП-16. Что касается проб фиксированных экземпляров рыб, то было сделано 136 рентгенограмм сайки и 30 - ледовой трески для изучения изменчивости числа позвонков и некоторых других меристических признаков; у 19 экземпляров *A. glacialis* был определен возраст[1] (Ф.Б. Мухомедияров), и у нескольких десятков рыб обоих видов было просмотрено и определено содержимое желудков (Е.А. Павштикс). Авторы с благодарностью отмечают также помощь, оказанную О.Л. Христофоровым (Ленинградский гос. университет) при определении состояния гонад у обоих видов.

[1] Для будущих сборов рыб на СП следует иметь в виду следующее: у всех экземпляров *B. saida*, долго находившихся в замороженном состоянии, отолиты были не целые, а в осколках (хорошо видно на рентгенограммах), и только в одной пробе, зафиксированной в эталоне, все отолиты сохранились хорошо.

Arctogadus glacialis (Peters) (рис. 2)

Материалы. 30 экземпляров абс. длиной 136–412 мм (табл. 2, рис. 1).

У 30 экз.: ID 10–13, наичаще 11–12, II D 16–21, чаще 17–20, III D 20–25, чаще 21–23, I A 19–24, чаще 20–22, II A 19–25, чаще 21–22. В первом междорсальном промежутке (между I и II D) свободных (не насущих лучей) interneuralia нет [Андрияшев, 1955], но опорные элементы хорошо развиты как во втором междорсальном промежутке (4–8, чаще 5–6), так и в межанальном промежутке (3–8, чаще 5–7 свободных interhemalia). В хвостовом плавнике, считая все краевые лучи, включая передние, очень короткие, обычно 51–53 луча (23–25 + 4 + 23–24), причем на уростилярном позвонке (на единственном сильно редуцированном hypurale) наичаще сидит лишь 4 луча; краевые лучи доходят вперед до вертикали 11-го (с конца) позвонка. Туловищных позвонков 19–21, наи-

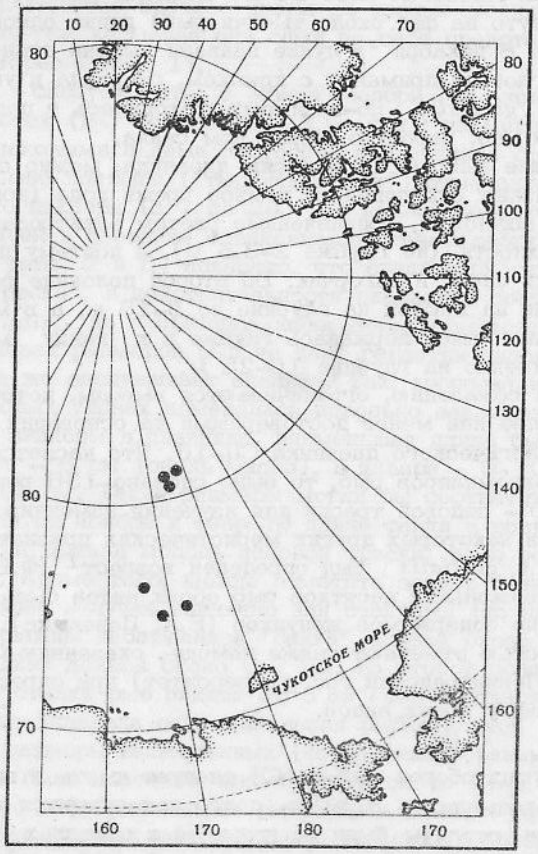


Рис. 1. Местонахождения *Arctogadus glacialis*, по коллекциям дрейфующих станций "Северный полюс" 1957–1977 гг.

Таблица 2

Ледовая треска (*Arctogadus glacialis*), полученная с дрейфующих станций "Северный полюс" с 1957 по 1977 г.

Станция	Дата	Координаты	
		с.ш.	в.д.
СП-6	24.II 1957	75°34'	174°16'
СП-10	19.I 1962	75 32	169 33
СП-16	7–12.II 1969	80 53	176 09
СП-16	9.III 1969	80 58	175 33
СП-16	30.III 1969	81 24	178 16
СП-23	14.II 1977	76 29	167 08

Таблица 2 (окончание)

Станция	Число экз.	Абсолютная длина, мм	Инв. номер ЗИН АН
СП-6	10	136–249	35669 37311
СП-10	1	283	36986
СП-16	1	247	44320
СП-16	18	250–365	40234
СП-16	1	412	40232.
СП-23	1	144	43795

чаще 20, хвостовых – 38–40, всего позвонков 58–61, чаще 59–60, в среднем 59, 39 (табл. 3). Жаберных тычинок на 1-й дужке 28–34, пилорических придатков 29–35.

Зубы на небных обычно хорошо развиты, хотя и варьируют в числе (5–12), в основном однорядные; у одного экземпляра длиной 29 см зубы на небных отсутствовали, хотя по другим признакам этот экземпляр не отличался от остальных *A. glacialis;* это же отмечалось и у американских рыб [Nielsen, 1967].

Подбородочный усик у наших экземпляров отсутствует, или имеется рудимент в виде бугорка или смещенного назад малозаметного треугольного кожного придатка; реже развит сидящий на своем месте рудиментарный усик длиной менее 2 мм.

Чешуйный покров обычный для тресковых рыб – чешуя черепицеобразно налегающая, более или менее удлиненная, циклоидная, мелкая; нет чешуек или костных пластинок с шипиком.

Таблица 3

Число позвонков у *Arctogadus glacialis* с дрейфующих станций "Северный полюс"

Станция	Туловищные			Хвостовые	
	19	20	21	38	39
СП-6	1	5	4	-	5
СП-10	-	1	-	-	1
СП-16	1	15	2	6	6
СП-23	-	-	1	-	1
Всего	2	21	7	6	13

Таблица 3 (окончание)

Станция	Всего					N
	40	58	59	60	61	
СП-6	5	-	4	4	2	10
СП-10	-	-	1	-	-	1
СП-16	6	6	6	5	1	18
СП-23	-	-	-	1	-	1
Всего	11	6	11	10	3	30

Таблица 4

Размеры, вес и возраст *Arctogadus glacialis* с СП-16 (17 ♀♀ и 2 ♂♂)

Возраст, лет	Абсолютная длина, мм		Стандартная длина, мм		Вес, г		N	Примечание
	пределы	средн.	пределы	средн.	пределы	средн.		
5+	250, 250	250,0	230, 231	230,5	99, 119	109,0	2	Включая 1 ♂ весом 119 г
6+	273-317	296,0	253-292	271,8	144-281	202,3	13	Включая 1 ♂ абс. длиной 290 мм и весом 185 г
7+	313, 340	326,5	290, 308	299,0	317, 366	341,5	2	
8+	365	-	331	-	353	-	1	
9+	412	-	377	-	655	-	1	

Окраска темная, верх, бока и низ головы черновато-коричневые, как и тело, лишь немного светлеющее на боках и брюхе; все плавники черные. Перитонеум черновато-коричневый. Молодые экземпляры окрашены заметно светлее.

Возраст был определен Ф.Б. Мухомедияровым по чешуе и отолитам у 19 крупных экземпляров; в пробе преобладали 7-летки (табл. 4). Наиболее интенсивный рост происходит в первые 3-4 года жизни, судя по широким и четким первым кольцам на отолитах, в то время как кольца последующих лет более узки.

В сборах из Канадской Арктики стандартная длина наибольшего экземпляра была равна 325 мм [Nielsen, 1967], в наших материалах лишь у двух экземпляров она была больше - 331 и 377 мм.

У самок стандартной длиной 27 см и более гонады находились в начале III стадии зрелости (начало трофоплазматического роста); по-видимому, эти самки сравнительно недавно (не более 2-3 месяцев назад) отнерестились. Наиболее крупная самка (абс. длина 412 мм) имела нитевидно редуцированные гонады, вероятно, в результате физиологического старения [Христофоров, 1978].

Пищу взрослых ледяных тресок составляли рыбы (по-видимому, сайка длиной 8-12 см), сравнительно крупные амфиподы *Lagunogammarus wilkitzkii, Apherusa glacialis, Pseudalibrotus nanseni, Parathemisto libellula* и др. (определение Н.Л. Цветковой), часть из которых населяет нижнюю поверхность плавучих льдов, т.е. может быть отнесена к категории криопелагических форм [Андрияшев, 1967, 1976, 1978; Аверинцев, Голиков, 1977; Мельников, Куликов, 1980]; мелкие планктонные ракообразные из Calanoida (*Calanus hyperboreus, Pareuchaeta glacialis, Metridia longa* и др.) встречаются в желудках ледовой трески заметно реже, чем у сайки, но светящаяся *M. longa* попадается довольно часто.

Вальтерс [Walters, 1961] отмечал массовые скопления *A. glacialis* также в зимнее время (с конца ноября до начала января)

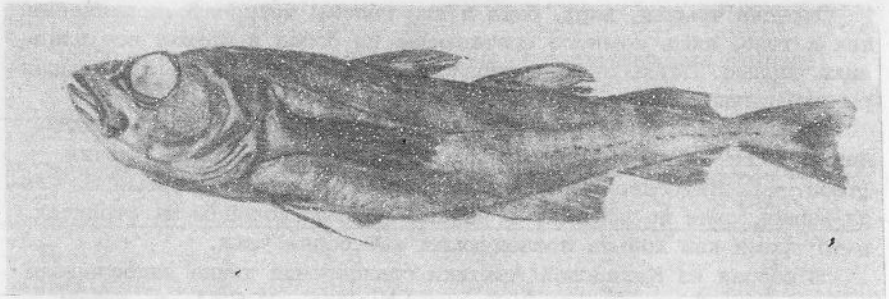


Рис. 2. Ледовая или черная треска (*Arctogadus glacialis*) СП-16, 30 марта 1969 г. Абс. длина 412 мм

примерно в этом же районе, но миль на 200 южнее (около 77° с.ш.) Поскольку в материалах Вальтерса отсутствовали зрелые самки, он считал, что подледные скопления *A. glacialis* связаны с зимней кормовой миграцией (желудки были наполнены "мелкими ракообразными").

Boreogadus saida (Lepechin)

Материалы. 176 экз. абс. длиной 64–248 мм (табл. 5, рис. 3).

По рентгенограммам 136 экз. была определена изменчивость числа позвонков сайки с СП-16: (54)55–57, наичаще 56, в среднем 55,79; из них туловищных 18–19(20), в среднем 18,59, хвостовых (35)36–38(39), в среднем 37,25 (табл. 6). Из табл. 6 видна значительная однородность различных проб по среднему числу позвонков. Правда, можно заметить, что средние в пробах немного увеличиваются от ноября к февралю, что в основном соответствует небольшому увеличению широты местоположения СП-16 от 80°15′ с.ш. до 80°53′ с.ш. Однако ограниченность материалов и незначительность смещения СП-16 к северу совершенно недостаточны для выводов о широтной изменчивости числа позвонков.

Чешуйный покров *B. saida* резко отличается от такового у всех других представителей семейства Gadidae двумя морфологическими особенностями: 1) очень мелкие, овальные, циклоидные чешуйки расположены рядом друг с другом, иногда соприкасаясь краями, но не налегая черепицеобразно друг на друга, как это имеет место у остальных тресковых рыб [Jensen, 1948; Андрияшев, 1954; Nielsen, 1967]; 2) кроме обычных чешуек, на теле много костных пластиночек, каждая из которых вооружена шипиком с притупленным и направленным вверх и назад кончиком. Эти шиповатые пластиночки хорошо видны на рентгенограммах и прокрашиваются ализарином гораздо интенсивнее, чем чешуя, расположены по всему телу, кроме головы и спины перед ID, и делают

Таблица 5

Сайка (*Boreogadus saida*), полученная с дрейфующих станций "Северный полюс" с 1955 по 1973 г.

№ станции	Дата	Координаты	
		с.ш.	долгота
СП-4	11.VIII.55	82°15′	172°44′ зап.
	22.VI.56	87 08	161 34
	18.III.56	87 02	170 04
СП-16	6.VIII.68	77 42	176 55 вост.
	27.XI.68	80 15	176 44
	5.XII.68	80 06	177 05
	7.XII.68	80 26	176 51
	11.XII.68	80 36	177 17
	21.I.69	81 07	174 06
	7–12.II.69	80 53	176 07
СП-17	6.II.69	88 26	126 26
СП-19	9.VIII.72	88 25	06 44
	14.II.73	85 22	42 03

Таблица 5 (окончание)

№ станции	Число экз.	Абсолютная длина, мм	Инвентарный номер ЗИН
СП-4	1	211	37310
	4	73–93	40170
	1	192	40614
СП-16	1	78	41236
	21	105–189	40235
	42	95–169	40236
	49	116–183	40237
	47	86–176	40238
	3	173–196	40239
	4	125–248	41504
СП-17	1	64	41235
СП-19	1	116	41505
	1	139	41511

Таблица 6

Число позвонков у *Boreogadus saida* с СП-16

Дата	Туловищные			Хвостовые				
	18	19	20	35	36	37	38	39
27.XI.68	9	12	–	–	6	12	2	1
5.XII.69	18	23	1	–	7	18	17	–
7.XII.69	20	29	–	–	7	23	17	1
11.XII.69	9	12	–	1	2	8	10	–
7–12.XII.69	1	3	–	–	–	3	1	–
5 проб	56	79	1	1	22	64	47	2

Таблица 6 (окончание)

Дата	Всего				*N*	Среднее
	54	55	56	57		
27.XI.68	1	11	7	2	21	55,48
5.XII.69	2	10	23	7	42	55,83
7.XII.69	1	12	28	7	48	55,85
11.XII.69	1	6	9	5	21	55,86
7–12.XII.69	–	1	2	1	4	56,00
5 проб	5	40	69	22	136	55,79

поверхность тела на ощупь шероховатой, как наждачная бумага. На ализариновом препарате кожи сайки хорошо различимы все стадии развития шиповатых пластиночек от образования на заднем крае обыкновенной чешуйки крошечного шипика, который, постепенно разрастаясь, образует отдельную базальную пластинку с шипиком, внешне напоминающую мелкую плакоидную чешую. Но эта уникальная для тресковых рыб особенность чешуйного покрова заслуживает специального рассмотрения с детальной фотодокументацией.

В наших фиксированных сборах с дрейфующих станций преобладают сайки абсолютной длиной от 8,5 до 18–19 см. Это в большинстве были неполовозрелые особи до 16–17 см, которые не дозреют к очередному нересту. Однако вместе с ними встречаются рыбы длиной 16–19 см, которые, по заключению О.Л. Христофорова, будут участвовать в очередном нересте: это самцы в IV стадии зрелости и самки в III стадии, имеющие ооциты незавершенного трофоплазматического роста диаметром 0,6–0,9 мм. Кроме того, в пробах есть отдельные крупные особи (до 25 см) с нитевидно редуцированными гонадами в результате физиологического старения. Таким образом, основную массу подледных стай сайки в околополюсных широтах составляют впервые созревающие особи, только часть из которых будет участвовать в очередном нересте.

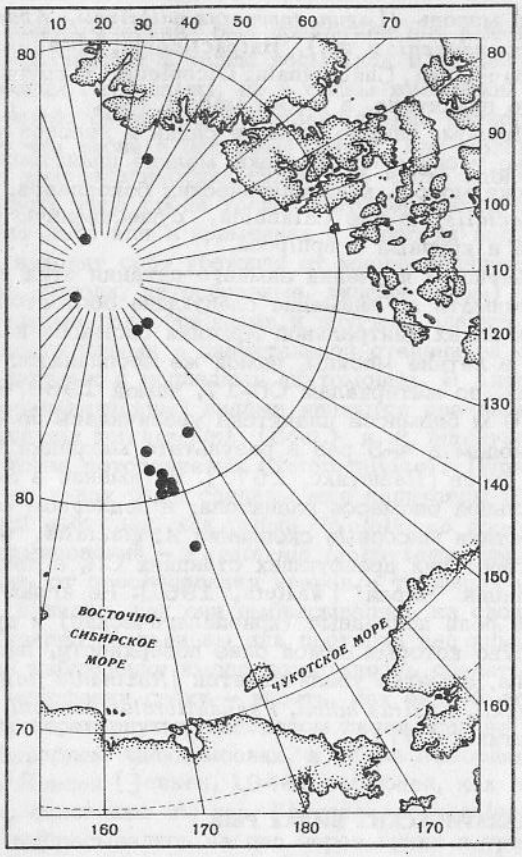


Рис. 3. Место нахождения *Boreogadis saida*, по коллекциям с дрейфующих станций "Северный полюс", 1955–1973 гг.

Пищу сайки с СП-16, определенную Е.А. Павштикс по 30 желудкам, составляют обычные в Центральной Арктике виды планктонных животных, в основном Calanoida – *Calanus hyperboreus, C. glacialis, Pareuchaeta glacialis, Chiridius obtusifrons, Pseudocalanus major* и особенно *Metridia longa* (до 230 экз. в одном желудке). Метридия в районе Северного полюса составляет (по численности) около 15% зоопланктона [Павштикс, 1977] и, хотя плотность ее популяций не превышает 10 экз./м^3, способность этих рачков светиться, делает их в полярную ночь легкой добычей рыб. Кроме Calanoida, в желудках сайки были обнаружены Hyperiidae (*Parathemisto libellula* juv. et ad.), криопелагические виды Amphipoda, преи-

мущественно молодь (*Lagunogammarus wilkitzkii, Apherusa glacialis, Pseudalibrotus nanseni* и др.), Harpacticoida, Limacine, ювенильные стадии Euphausiacea, Chaetognata, Oicopleura и другие организмы арктического планктона, а также молодь рыб.

Таким образом, зимнее питание сайки и ледовой трески довольно сходно, но у сайки преобладают мелкие планктонные ракообразные, а также молодь криопелагических бокоплавов, в то время как у *A. glacialis*, кроме Calanoida, существенную роль, видимо, играет рыба и крупные Amphipoda.

При дальнейшем изучении зимнего питания этих видов тресковых следует принимать во внимание следующие обстоятельства. В поверхностных водах центральной Арктики биомасса планктона наиболее высока в летние месяцы, зимой же зоопланктон опускается на глубину. Так, по материалам СП-17, зимой 1968/69 г. на глубине 100-250 м биомасса планктона увеличилась по сравнению с летним периодом в 4-5 раз в результате миграции туда планктона из верхних слоев [Павштикс, 1971]. Но именно в зимнее время, при минимальной биомассе планктона, в подледном слое в высоких широтах Арктики массовые скопления *A. glacialis* и *B. saida* наблюдались на советских дрейфующих станциях СП, а также на американской станции "Чарли" [Walters, 1961]. Не играют ли здесь положительной роли подледные (криопелагические) и другие Amphipoda, количество которых зимой близ поверхности, например в котловине Нансена, заметно увеличивается [*Rozinante fragilis, Lagunogammarus wilkitzkii, Eusirus holmi, Pseudalibrotus nanseni, P. glacialis* и др.; Павштикс, 1971].

О КРИОПЕЛАГИЧЕСКИХ ВИДАХ РЫБ

Новые данные о распространении сайки и ледовой трески в подледных водах высоких широт Арктического бассейна дают основание коротко остановиться на характеристике особой категории экологических форм – криопелагических видов. Общепринято считать всякого рода льды отрицательным фактором для существования жизни вообще и рыб в частности. Однако давно известно, что в Арктике и Антарктике имеются виды рыб, жизнь которых проходит в значительной степени среди припайных и дрейфующих льдов. Предварительная характеристика этих рыб, названных криопелагическими [Andriashev, 1968; Парин, 1968], была дана одним из авторов настоящей статьи на Симпозиуме по антарктической биологии в Кембридже (1968) в докладе "Криопелагические рыбы Арктики и Антарктики и их значение в полярных экосистемах" [Andriashev, 1970]. Поскольку этот доклад, имеющий прямое отношение к настоящей статье, не был опубликован в отечественной прессе, а был напечатан лишь в малодоступном томе трудов упомянутого Симпозиума, мы позволим себе в тезисной форме напомнить некоторые положения доклада, дополнив их позднее опубликованными сведениями по этому вопросу [Андрияшев, 1976, 1978].

Термин "криопелагический" был предложен для рыб полярных морей, активно плавающих в толще воды (как в пределах шельфа, так и над большими глубинами), но в своем жизненном цикле более или менее тесно связанных с припайным или разного рода дрейфующим (в том числе и паковым) льдом. Как молодь, так и взрослые особи криопелагических видов рыб часто наблюдаются у нижней поверхности льда среди толщи полусмерзшихся кристаллических пластинок льда или в промоинах и полостях подтаявших льдин, где они находят себе убежище от многочисленных врагов (морские птицы, тюлени, китообразные, хищные рыбы) и одновременно питаются мелкими ракообразными и другими планктонными организмами, существующими в значительной степени за счет первичной продукции ледовых и подледных диатомовых. В Антарктике основными криопелагическими видами являются два вида широколобиков – *Pagothenia borchgrevinki* (Boul.) и *P. brachysoma* (Pappenh.) из семейства нототениевых (Nototheniidae). Первые описания поведения рыб во льдах были сделаны еще капитаном Джеймсом К. Россом, который наблюдал, как рыбки "*Notothenia phocae*" [по современной терминологии – *Pagothenia brachysoma*, см. Андрияшев, 1976] прятались от преследования врагов в трещинах и полостях паковых льдин, и видел, как они выбрасывались из своих убежищ, когда корабль ударял по льдинам или проходил над ними [Ross, 1847]. Сходные наблюдения имели возможность сделать многие и в Арктике в отношении сайки – видеть, как она бьется на нижней поверхности перевернутых ледоколом льдин, где ее схватывают следующие за кораблем чайки-моевки, а также поморники. У берегов Гренландии Йенсен [Jensen, 1948] наблюдал, как преследуемые тюленями рыбы, описанные им как *Phocaegadus megalops* (=*Arctogadus glacialis*), выбрасывались на лед через лунки и трещины между льдинами. Эти простые, но достоверные наблюдения уточнены в наше время исследованиями биологов-аквалангистов как в Антарктике, так и в Арктике. Таким образом, высказанная впервые еще капитаном Дж. К. Россом [Ross, 1847] мысль о биполярности существования связанных со льдом жизненных форм рыб ("*Merlangus polaris*" или сайка и замещающая ее на крайнем юге "*Notothenia phocae*") получила подтверждение и уточнение в современных исследованиях. Более того, было показано, что лед служит необходимым биотопом не только для отдельных криофильных видов, но и для целых сообществ – амфиподно-диатомовых или криопелагических биоценозов [Андрияшев, 1967, 1978; Грузов, 1974; Голиков и Аверинцев, 1977; и др.]. Интересно, что трофическая, а в значительной степени и таксономическая структура этих биоценозов весьма сходна: ледовые (планктонные и эпонтические) диатомовые → ракообразные, главным образом амфиподы (*Cheirimedon fougneri, Pontogoneia antarctica, Paramoera walkeri* и др. в Антарктике, *Lagunogammarus wilkitzkii, Apherusa glacialis* и др. в Арктике) → рыбы (нототениевые в Антарктике, тресковые в Арктике) → морские птицы (пингвины, трубконосые в Антарктике, чайки, чистиковые и

др. в Арктике) и морские млекопитающие (антарктические тюлени, киты-минке и др. в Антарктике; гренландский тюлень, кольчатая нерпа, морской заяц, белуха, нарвал и др. в Арктике). Нахождение массовых подледных скоплений двух видов тресковых рыб в высоких широтах Арктики уточняет некоторые черты рассматриваемой проблемы, но в большинстве своем они лишь только намечены и потребуется еще много усилий полярных экологов, чтобы полнее расшифровать и количественно оценить роль криопелагических рыб в экосистемах полярных морей обоих полушарий.

ЛИТЕРАТУРА

Андрияшев А.П. Рыбы северных морей СССР. – Определители по фауне СССР. Л.: Изд-во АН СССР, 1954, № 53.

Андрияшев А.П. Новый для фауны СССР вид рыб семейства тресковых [*Arctogadus glacialis* (Peters)] с дрейфующей станции "Северный полюс". – Зоол. журн., 1957, т. 36, вып. 11.

Андрияшев А.П. Новая для фауны СССР рыба – эрилепис [*Erilepis zonifer* (Lock.), Pisces, Anoplopomidae] из прикамчатских вод Тихого океана. – Вопр. ихтиол., 1955, т. 5, вып. 4.

Андрияшев А.П. О микрофлоре и фауне, связанной с антарктическим припайным льдом. – Зоол. журн., 1967, т. 46, вып. 10.

Андрияшев А.П. О первых рыбах из Антарктики, добытых экспедицией капитана Джеймса К. Росса, и о некоторых вопросах морской криобиологии. Сообщ. 1. – Зоол. журн., 1976, т. 55, вып. 6.

Андрияшев А.П. О первых рыбах из Антарктики, добытых экспедицией капитана Джеймса К. Росса, и о некоторых вопросах морской криобиологии. Сообщ. 2. – Зоол. журн., 1978, т. 57, вып. 2.

Андрияшев А.П., Грузов Е.Н. Биологические сообщества у берегов Антарктиды. – В кн.: Наука и человечество. М.: Знание, 1974.

Бродский К.А., Никитин М.М. Гидробиологические работы. – В кн.: Материалы наблюдений научно-исследовательских дрейфующих станций 1950/51 г. Л.: Морской транспорт, 1955, т. 1.

Бродский К.А., Павштикс Е.А. Планктон центральной части Арктического бассейна. – Вопр. географии, 1976, т. 101.

Виркетис М.А. Некоторые данные о зоопланктоне центральной части Арктического бассейна. – В кн.: Материалы наблюдений научно-исследовательской дрейфующей станции "Северный полюс-3" и "Северный полюс-4" 1954/1955. М., 1957, т. 1.

Виркетис М.А. Материалы по зоопланктону центральной части Арктического бассейна. – В кн.: Результаты научно-исследовательских работ дрейфующей станции "Северный полюс-4" и "Северный полюс-5", 1955-1956. М., 1959, т. 2.

Голиков А.Н., Аверинцев В.Г. Биоценозы верхних отделов шельфа архипелага Земля Франца-Иосифа и некоторые закономерности их распределения. – В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1977, т. 14(22).

Грузов Е.Н. Лед как абиотический фактор верхнего шельфа Антарктиды. – В кн.: Гидробиология и биогеография шельфов холодных и умеренных вод Мирового океана: Тез. докл. Л.: Наука, 1974.

Павштикс Е.А. Гидробиологическая характеристика вод Арктического бассейна в районе дрейфа станции "Северный полюс-17". – Тр. Аркт. и Антаркт. науч.-исслед. ин-та, 1971, т. 302.

Павштикс Е.А. Сезонные изменения возрастного состава популяций веслоногих рачков Calanoida в Арктическом бассейне. – В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1977, т. 19(27).

Парин Н.В. Ихтиофауны океанской эпипелагиали. М.: Наука, 1968.

Христофоров О.Л. Функциональные основы старения и естественной смертности рыб на примере сайки [*Boreogadus saida* (Lep.)] – Изв. ГосНИОРХ, 1978, т. 137.

Andriashev A.P. The problem of the life community associated with the Antarctic fast ice. – In: SCAR Sympos. Antarct. Oceanogr., 1966. Santiago. Chile. Publ. by Scott Polar Res. Inst., Cambridge, 1968.

Andriashev A.P. Cryopelagic fishes of the Arctic and Antarctic and their significance in polar ecosystems. – In: Antarctic Ecology/Ed. M.W. Holgate. London; New York: Acad. Press, 1970, vol. 1.

Jensen A.S. Contribution to the ichthyofauna of Greenland. – Spolia Zool. Mus. Hauniens, 1948, Bd. 9.

Nielsen J.G. Revision of the Arctic cod genus *Arctogadus* (Pisces, Gadidae). – Meddel. Grønl., 1967, Bd. 184, N 2.

Peters W. Säudetiere und Fische. – In: Zweite Deutsche Nordpolarfahrt. Leipzig, 1874. Bd. 2.

Ross J.C. A voyage of discovery and research in the Southern and Antarctic regions during the years 1839–1843. London: J. Murray Publ., vol. I, II.

Walters V. Winter abundance of *Arctogadus glacialis* in the Polar Basin. – Copeia, 1961, N 2.

УДК 597 (268.9)

О НАХОЖДЕНИИ *LIPARIS KOEFOEDI* (LIPARIDAE, OSTEICHTHYES) В ВОДАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

В. Д. ЦИНОВСКИЙ, И. А. МЕЛЬНИКОВ

Летом 1977 г. во время подледных водолазных работ на дрейфующей станции "Северный полюс-23" были пойманы два экземпляра *Liparis koefoedi* Parr. [Мельников, Циновский, 1978]. Эти обычные для арктической фауны рыбы, встречающиеся на глубинах от 40 до 600 м [Андрияшев, 1954], обнаружены в непосредственной близости от нижней (морской) поверхности многолетнего дрейфующего льда над глубинами более двух километров.

Первый экземпляр – абсолютная длина (*TL*) 43,2 мм, стандартная длина (*SL*) 39,0 мм – пойман 3 июля 1977 г. под 80°01′ с.ш., 158°02′ в.д.; второй – TL 43,2 мм, SL 39,0 мм – 17 июля 1977 г. под 81°10′ с.ш., 158°00′ в.д. Кроме того, мальки этого вида неоднократно наблюдались во время водолазных работ подо льдом, однако поймать их не удалось.

У наших экземпляров тело довольно плотное, подкожная студе-

нистая ткань развита слабо. Окраска светло-серая с широкими, несколько наклоненными вперед полосами, образованными множеством темных пигментных клеток. Особенно заметны полосы на непарных плавниках. Спинной и анальный плавники доходят до середины хвостового. Брюшина черная, желудок большой, 18 массивных пилорических придатков желто-белого цвета.

D 48 и 47, A 40 и 40, P 33 и 32, C 10 и 10, позвонков (без уростиля) 53, radialia в грудном плавнике – по 4.

Измерения одного экземпляра, в % *TL* (43,2 мм): длина головы 26,6; диаметр глаза 7,1; диаметр присасывательного диска 8,2; ширина межглазничного пространства 13,8; длина жаберного отверстия 7,9; длина грудного плавника 21,0.

Перечисленные признаки позволяют отнести наших рыб к *Liparis koefoedi* Parr.

Кроме описанных находок *L. koefoedi*, подо льдом и в гидрологических лунках было поймано 16 экземпляров *Arctogadus glacialis* (Peters). Этот вид встречался водолазам значительно чаще и в больших количествах. Наблюдения показали, что поведение молоди липарид и ледовой трески имеет общие черты: те и другие активно передвигались подо льдом или неподвижно стояли в расщелинах; при попытках поймать их – мгновенно исчезали в лабиринтах нижней поверхности. Именно такое поведение характерно для представителей криопелагических видов рыб, которые используют рыхлый лед в качестве укрытия и для добывания пищи [Андрияшев, 1978].

При описании криофауны биоценоза, связанного с антарктическим припайным льдом [Андрияшев, 1967; Андрияшев, Грузов, 1974], к типичным криопелагическим рыбам были отнесены мальки большого широколобика (*Pagothenia borchgrevinki* Boulenger) и трематом-гонец (*Trematomus newnesi* Boulenger). Массовые скопления этих рыб неоднократно наблюдали под припайным льдом в различных районах Антарктиды. С дрейфующим антарктическим льдом связана жизнь малого широколобика (*Pagothenia brachysoma* Pappenheim). До настоящего времени было известно, что в Арктическом бассейне эта экологическая ниша в криопелагическом биоценозе занята двумя видами тресковых рыб: сайкой (*Boreogadus saida* Lepechin) и ледовой, или черной, треской (*Arctogadus glacialis* Peters) [Андрияшев, Мухомедияров, Павштикс, 1980]. В этой связи поимка молоди *L. koefoedi* подо льдом на значительном удалении от шельфа приобретает существенный экологический интерес.

Нахождение этого нектобентического вида над глубинами более 2 км может быть связано с выносом рыб сильным дрейфовым течением, направленным от шельфа Восточно-Сибирского моря в Центральный Арктический бассейн. Наблюдающийся в этом районе постоянный вынос льда [Трешников, Баранов, 1972] позволяет предполагать возможность образования псевдопопуляций у этого вида. Аналогичное явление отмечено, например, для трехиглой колюшки *Gasterosteus aculeatus*. По классификации Парина [1968], эти рыбы относятся к группе ксеноэпипелагических, представляющих собой

непостоянный элемент ихтиоцена эпипелагиали и неспособных к завершению жизненного цикла [Парин, 1968].

В желудке у одного экземпляра *L. koefoedi* были обнаружены остатки сильно переваренных *Conchoecia* sp. (Ostracoda), *Heterorhabdus norvegicus* и *Augaptilus* sp. (Copepoda) – типичных планктонных форм. Желудок второго экземпляра был пуст. Лишь одна из перечисленных здесь форм – *Conchoecia* sp. – была обнаружена у поверхности льда в группе видов-иммигрантов криопелагического биоценоза [Мельников, Куликов, 1980]. Анализ этих данных позволяет предполагать возможный подъем молоди *L. koefoedi* к поверхности, вызванный действием гидрологического фактора.

С другой стороны, современные представления о динамике вод океана говорят о влиянии вихревых образований на расселение популяций у различных видов животных. Наблюдения последних лет за образованием и распространением вихрей различных масштабов показывают, что вихреобразование обеспечивает стабильность популяций в океане [Черный, 1977]. Для Арктического бассейна характерно петлеобразное движение льдов циклонального и антициклонального направлений [Гордиенко, 1958]. Например, из 174 суток дрейфа льдины, на которой была расположена станция СП-4 в 1955 г., на вихревые перемещения пришлось 87 суток, т.е. 50% времени. Вполне возможно, что существование таких петлеобразных эволюций при дрейфе льдов, а следовательно, и поверхностных вод, обеспечивает "возврат" особей в основу ареала, т.е. на шельф. Можно предполагать, что обнаруженная нами молодь *L. koefoedi* входит в состав гемипопуляции этого вида, проходящего планктонную стадию развития.

ЛИТЕРАТУРА

Андрияшев А.П. Рыбы северных морей СССР. – В кн.: Определители по фауне СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954.

Андрияшев А.П. О микрофлоре и фауне, связанной с антарктическим припайным льдом. – Зоол. журн., 1967, т. 46, вып. 10.

Андрияшев А.П. О первых рыбах из Антарктики, добытых экспедицией Джеймса К. Росса, и о некоторых вопросах морской криобиологии. 2. – Зоол. журн., 1978, т. 57, вып. 2.

Андрияшев А.П., Грузов Е.Н. Биологические сообщества у берегов Антарктиды. – В кн.: Наука и человечество. М.: Знание, 1974.

Андрияшев А.П., Мухомедияров Б.Ф., Павштикс Е.А. О массовых скоплениях криопелагических тресковых рыб (*Boreogadus siada* и *Arctogadus glacialis*) в околополюсных районах Арктики. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.

Гордиенко П.А. Дрейф льдов в центральной части Северного Ледовитого океана. – Проблемы Севера, 1958, вып. 1.

Мельников И.А., Циновский В.Д. Гидробиологические исследования в Северном Ледовитом океане на СП-23 (май-октябрь 1977 г.). – Океанология, 1978, т. 18, вып. 2.

Мельников И.А., Куликов А.С. 1980. Криопелагическая фауна ледово-

го сообщества пелагиали Арктического бассейна. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.
Парин Н.В. Ихтиофауна океанской эпипелагиали. М.: Наука, 1968.
Трешников А.Ф., Баранов Г.И. Структура циркуляции вод Арктического бассейна. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972.
Черный Э.И. Циркуляция вод и распределение промысловых гидробионтов в океане. – В кн.: I съезд советских океанологов. М.: Наука, 1977.
Andriashev A.P. The problem of life community associated with the Antarctic fast ice. – In: SCAR Symp. Antarctic Oceanogr., Santiago (Chile), 1966.
Andriashev A.P. Criopelagic fishes of the Arctic and Antarctic and their significance in polar ecosystems. – In: Antarctic Ecology/Ed. M.W. Holdgate. London: Acad. Press, 1970, vol. I.

УДК 597 (268.9)

К ИХТИОФАУНЕ ГЛУБОКОВОДНЫХ КОТЛОВИН ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

В.Д. ЦИНОВСКИЙ

Ихтиофауна глубоководных котловин Центрального Арктического бассейна до сих пор совершенно не изучена – в литературе нет сообщений о находках глубоководных рыб из этого района. Важность получения таких данных очевидна, поэтому при планировании гидробиологических работ на дрейфующей станции СП-23 в 1977 г. были включены ихтиологические исследования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собирался в мае–октябре 1977 г. во время экспедиции Института океанологии АН СССР на дрейфующей станции "Северный полюс-23" [Мельников, Циновский, 1978]. Ловы глубоководных рыб производились донными тралами и ярусом. Работы осуществлялись через лунку размерами 2 × 1 м во льду толщиной 5–6 м. Использовалась гидрологическая лебедка "Северный полюс" конструкции ААНИИ с электрическим приводом. Мощность лебедки 1,5 кВт, рабочий объем барабана 4000 м троса диаметром 1,7 мм.

Траления выполнялись донными тралами двух вариантов: до глубины 1000 м использовался трал с размерами входного отверстия 6×1,5 м на тросе толщиной 2,3 мм; при работе на глубинах более 1000 м применялся второй вариант трала с размерами входного отверстия 2,5× 0,8 м на тросе толщиной 1,7 мм. Размеры трала для работы на таких глубинах ограничивались диаметром применяемого троса, укладывающегося на барабан лебедки.

Конструктивно тралы представляют собой прямоугольную жесткую раму, к которой крепится сетной конус длиной 6 м из хамсеросной дели с ячеей 5 мм. Стропы выполнены из капронового фала и крепятся к верхней перекладине рамы трала. Нижняя перекладина изогнута дугой перпендикулярно плоскости рамы, что обеспечивает устойчивость трала на дне и бо́льшую уловистость. Кроме того, нижняя перекладина утяжелена дополнительными грузами общим весом 25–30 кг.

Спуск трала производился на "холостом" ходу лебедки, посадка на дно регистрировалась визуально по изменению натяжения троса. По мере удаления ледового поля за счет дрейфа от места посадки трала на дно вытравливалось до 500 м троса. Это давало возможность на глубине 1000 м и скорости траления 0,5 м/сек (скорость дрейфа не учитывалась) пройти тралом по дну расстояние около 200 м. На больших глубинах эта величина соответственно уменьшалась: так, на глубине 2500 м удавалось провести трал по дну всего лишь на 40 м. Отрыв трала от дна регистрировался по изменению нагрузки на лебедке. Всего было проведено 25 тралений на различных глубинах до 3000 м. В результате этих работ, помимо разнообразной, часто богатой фауны беспозвоночных, было добыто два экземпляра *Paraliparis bathybius* Collett.

Ловы ярусом проводились практически ежедневно на протяжении всей экспедиции. Ярус вооружался пятьюдесятью крючками № 10–12. В качестве наживки использовались мясо и рыба. Ярус располагался у дна под небольшим углом: концевой груз лежал на грунте, груз на втором конце хребтины яруса приподнимался от дна на 5–10 м. Проверялся ярус с интервалами от нескольких часов до нескольких суток. Генеральный дрейф льдины, на которой находилась станция, за шесть месяцев (май–октябрь) составил около 1000 км. За это время лишь однажды на крючек, наживленный мясом, удалось поймать один экземпляр *Lycodes frigidus* Collett.

Пользуясь случаем, автор благодарит В.П. Природину, оказавшую большую помощь в приготовлении ализариновых препаратов исследуемых экземпляров.

Lycodes frigidus Collett

Абсолютная длина *(TL)* 413 мм, стандартная длина *(SL)* 402 мм. Пойман 3 октября 1977 г. на ярус с глубины 2505 м, в координатах 83°15′ с.ш., 151°00′ в.д. Экземпляр очень хорошей сохранности, поднят на поверхность живым.

Тело умеренно удлиненное, голова не покрыта чешуей, клиновидно заостряется к рылу, рот нижний, верхняя челюсть достигает вертикали середины глаза. Подбородочные гребни несросшиеся, нижнегубная лопасть резко отграничена от межгубного промежутка. Зубное вооружение довольно сильное: зубы на челюстях небольшие, острые, образуют несколько неправильных рядов; на сошнике и небных костях многочисленные, заостренные или слегка притупленные на вершине зубы. Начало спинного плавника расположено над сере-

диной вентроанального расстояния. Грудные плавники широкие, без выемки по заднему краю. Брюшные плавники рудиментарные, располагаются на горле.

D + 1/2 C 103, A + 1/2 C 87, P 21, позвонков (без уростиля) 104 (23+81), жаберных тычинок на 1-й дуге 4+11 (наружный ряд), 0+12 (внутренний ряд), пилорических придатков – 2.

Чешуя циклоидная, очень мелкая, неналегающая, покрывает все тело, кроме основания грудных плавников и верхней части спины, – от затылка до начала спинного плавника. Отдельные группы чешуй заходят на основания спинного и анального плавников. На вертикали анального отверстия около 50 неправильных рядов чешуй. Боковая линия полная вентральная, образована сравнительно крупными невромастами, хорошо прослеживается над всем основанием анального плавника. Имеется дорзальный ряд широко расставленных невромастов, заходящих далеко за вертикаль анального отверстия. Кроме того, на верхней части спины, от головы до начала спинного плавника, идут два параллельных ряда крупных чувствительных почек; имеются отдельные поры на голове. Прижизненная окраска однотонно светло-коричневая, после фиксации не изменилась. Пилорические придатки и желудок желтые, брюшина черная.

Измерения в процентах *TL:* длина головы 24,7; наибольшая высота тела 12,3; антедорзальное расстояние 30,8; антеанальное расстояние 45,0. Измерения в процентах длины головы (с): длина рыла 34,1; горизонтальный диаметр глаза 11,2; ширина межглазничного промежутка (только кость) 5,1.

Наш экземпляр не совсем соответствует описанию *Lycodes frigidus TL* 266 мм, добытого к северо-востоку от Шпицбергена с глубины 1744 м [Андрияшев, 1964] по ряду признаков:

Экземпляр Андрияшева [1964], *TL* 266 мм.	Наш экземпляр, *TL* 413 мм.
Невромасты дорзального ряда не заходят за вертикаль анального отверстия.	Невромасты дорзального ряда далеко заходят за вертикаль анального отвестия.
Спина и основания грудных плавников покрыты чешуей.	Спина и основания грудных плавников голые.
Жаберных тычинок на 1-й жаберной дуге: 4+12 – наружный ряд, 0+15 – внутренний ряд.	Жаберных тычинок на 1-й жаберной дуге: 4+11 – наружный ряд, 0+12 – внутренний ряд.
Диаметр глаза 17,2% с. Ширина межглазничного расстояния 6,6% с.	Диаметр глаза 11,2% с. Ширина межглазничного расстояния 5,1% с.

Разница в числе жаберных тычинок, по всей вероятности, находится в пределах изменчивости вида, а различия по остальным признакам, возможно, связаны с возрастом (размерами) исследованных особей.

Paraliparis bathybius Collett

Два экземпляра: 1) *TL* 193 мм, *SL* 179 мм, пойман 7 августа 1977 г. тралом на глубине 2824 м, в координатах 81°56′с.ш., 159°00 в.д.; экземпляр хорошей сохранности; 2) *TL* 39,1 мм, *SL* 36,8 мм, пойман 31 августа 1977 г. тралом на глубине 2775 м, в координатах 82°40′с.ш., 153°00′в.д; экземпляр поврежден.

Описание экземпляра длиной 179 мм. Тело голое, сильно удлиненное, голова маленькая, сжатая с боков, высота головы несколько превышает ее ширину, но меньше ее длины. Длина головы (с) содержится 4,7 раза в *SL*. Рыло тупое, широко закругленное, несколько выступает над верхней челюстью и образует небольшую складку над верхней губой. Глаз большой, круглый, равен длине рыла; его диаметр содержится 4,1 раза в длине головы. Круглый зрачок в полтора раза меньше диаметра глаза. Ноздрей одна пара. Жаберные отверстия очень маленькие, доходят лишь до верхнего края основания грудных плавников. Оперкулярная лопасть значительно удлиненная, заметно выдается назад. Жаберных тычинок на 1-й дуге – 9 (наружный ряд) и 11 (внутренний ряд). Задний конец верхней челюсти заходит за вертикаль середины глаза. Зубы на челюстях мелкие, конической формы, расположены в несколько неправильных рядов. Анальное отверстие выдвинуто далеко вперед и находится под основанием нижней части грудного плавника. D 59, A 32, P 14+3+3, C 7. Начало спинного плавника на вертикали конца оперкулярной лопасти, его передние лучи сильно укорочены. Спинной и анальный плавники заходят на хвостовой до его середины. Антедорзальное расстояние 23,2% *SL*, антеанальное расстояние 33,9% *SL*. Грудной плавник с очень глубокой выемкой: верхняя лопасть (14 лучей) доходит до вертикали начала анального плавника; выемку образуют три очень коротких, с широкими промежутками луча; нижняя лопасть (3 луча) доходит до середины промежутка между анальным отверстием и началом анального плавника.

Пояс грудных плавников нашего экземпляра (по ализариновому препарату) имеет аномальные отклонения от типового описания Йонсена [Johnsen, 1921]: базальная пластинка левой стороны несет три округлых radialia; с правой стороны их всего лищь две, причем radiale в коракоидной части базальной пластинки имеет глубокую полукруглую вырезку; средняя radiale отсутствует, на ее месте в базальной пластинке имеется углубление в форме недостающей radiale.

Измерения в процентах SL: длина головы 21,2; ширина головы 13,4; высота головы 16,7; наибольшая высота тела 21,8; высота тела у начала A 19,0; расстояние от вершины рыла до начала основания A 33,9; то же от нижней губы 33,5; длина верхней лопасти P 14,8; длина P в выемке 2,4; длина нижней лопасти P 9,4; длина C 7,8; продольный диаметр глаза 5,3; длина рыла до переднего края глаза 5,1; расстояние между глазами 8,6; расстояние между ноздрями 4,2; ширина жаберной щели 3,3.

Измерения в процентах длины головы: ширина головы 63,2; высота головы 78,9; длина Р 69,7; продольный диаметр глаза 25,0; длина рыла 23,9; расстояние между ноздрями 20,0; ширина жаберной щели 15,5.

Подкожная желеобразная ткань тела и плавников развита очень сильно. Окраска однотонно черная с фиолетовым отливом. Жаберно-ротовая и брюшная полости черные. Наш экземпляр – самка со зрелой (накануне вымета) икрой; икра крупная (4,3–5,0 мм), ярко-желтого цвета.

Признаки нашего экземпляра хорошо соответствуют описаниям *P. bathybius*, приводимым авторами ранних работ [Burke, 1930; Collett, 1878; Günther, 1887]. Некоторые отличия в пластических и меристических признаках лежат, по-видимому, в пределах внутривидовой изменчивости.

Нахождения *L. frigidus* и *P. bathybius* в околополюсных районах подтверждают предположение о широком распространении этих видов в глубинах Северного Ледовитого океана, в том числе и в центральной его части [Андрияшев, 1954, 1964].

Малочисленность собранной нами коллекции может быть объяснена скудностью глубоководной ихтиофауны этого района или, что более вероятно, несовершенством применявшихся орудий лова и трудностями, связанными с их использованием с дрейфующего льда в условиях Арктики.

ЛИТЕРАТУРА

Андрияшев А.П. Рыбы северных морей СССР. – В кн.: Определители по фауне СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954.

Андрияшев А.П. Список рыб, собранных экспедицией на л/р "Ф. Литке" (1955 г.) севернее Земли Франца-Иосифа и Шпицбергена. – Тр. ААНИИ, 1964, т. 259.

Андрияшев А.П., Неелов А.Ф., Природина В.П. К методике изучения морфологии и систематики рыб сем. Liparidae. – Зоол. журн., 1977, т. 56, вып. 1.

Мельников И.А., Циновский В.Д. Гидробиологические исследования в Северном Ледовитом океане на СП-23 (май-октябрь 1977 г). – Океанология, 1978, т. 18, вып. 2.

Burke V. Revision of the fishes of the fam. Liparidae. – Bull. U.S. Nat. Mus., Wash., 1930, N 150.

Collett R. Fiske fra Nordhavs-Expeditionens sidste Togt, Sommeren 1878. Christiania Vidensk. – Selskab. Forhandl., 1878, N 14.

Günther A. Report on the deep-sea fishes collected by H.M.S. Challenger during the years 1873–1876. – Rept Sci. Res. Voyage of Challenger, Zool., 1887, vol. 22.

БЕНТОС (СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ)

УДК 577.472 (268.9)

К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ ГЛУБОКОВОДНОЙ ДОННОЙ ФАУНЫ КАНАДСКОЙ КОТЛОВИНЫ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА

И. Ф. АФАНАСЬЕВ, З. А. ФИЛАТОВА

Большой интерес к всесторонним исследованиям Арктического бассейна существовал уже давно, однако из-за трудностей, связанных с его ледовым режимом, такие исследования проводились в первую очередь на северных окраинах морей, расположенных в пределах шельфовой зоны Евразии и Гренландии и доступных для исследования в летний сезон. Глубины Арктического бассейна долгое время оставались слабо изученными, что затрудняло решение целого ряда вопросов глобальной биогеографии, связанных, в частности, с происхождением населяющей его донной фауны и ее связями с фауной глубин Атлантического и Тихого океанов. Впервые большая и смелая задача длительного изучения собственно арктического бассейна была поставлена и разрешена в конце прошлого века Ф. Нансеном во время знаменитого ледового дрейфа его маленького деревянного корабля "Фрам" (1893–1896). "Ему первому принадлежит честь открытия больших океанических глубин центральной впадины, им первым дано представление о стратификации вод Арктического бассейна и о причинах, определяющих эту стратификацию" [Зенкевич, 1947, с. 13].

В тридцатых годах нашего века впервые были произведены сборы глубоководной донной фауны в южных окраинных частях Арктического бассейна во время плаваний больших ледокольных судов – "Красина" (1928 г., в районе к северу от Шпицбергена), "Садко" (1935 г., между Землей Франца-Иосифа и Северной Землей, вплоть до 82°42' с.ш.) и "Ф. Литке" (1948 г.).

Работы на дрейфующей станции СП-1 (1937–1938 гг.) положили начало исследованиям принципиально нового типа с ледовых дрейфующих полей. Начиная с 50-х годов дрейфующие станции СП ежегодно и регулярно работают в Арктическом бассейне, давая ценнейшие сведения по гидрологии, химии, биологии и геологии его больших глубин. Американские исследования такого же типа проводятся главным образом в канадском секторе Арктики [Menzies, 1974; Paul, Menzies, 1963]. Огромную работу по исследованию

Арктики начиная с 50-х годов проделала Воздушная высокоширотная экспедиция, выполнившая со льдов много кратковременных станций и взявшая сотни различных проб (за исключением донных осадков и фауны). Благодаря всем этим и другим многолетним исследованиям Советского Союза, США и Канады в корне изменились существовавшие ранее представления об Арктическом бассейне и в первую очередь о рельефе его дна.

Предположение о существовании в Арктическом бассейне большой подводной преграды высказывалось различными учеными – и геологами, и гидрологами [см.: Гаккель, 1957]. Г.П. Горбунов [1946а] и Е.Ф. Гурьянова [1957], обработавшие сборы донной фауны экспедиций на "Садко" и "Седове", установили факт разобщенности глубоководного бентоса в районах к западу и к востоку от Новосибирских островов и окружающего их мелководья. Наконец, в апреле 1948 г. сотрудники Воздушной высокоширотной экспедиции впервые измерили на 86° с.ш. необычно малую глубину (около 1300 м), что послужило началом открытия огромного подводного хребта Ломоносова, пересекающего весь Арктический бассейн от Новосибирских островов до Канады. Важность такого открытия для понимания распределения водных масс Арктического бассейна и распространения его глубоководной донной фауны и планктона трудно было переоценить. В настоящее время, кроме хребта Ломоносова, открыты и другие менее крупные формы рельефа – хребет Менделеева с поднятием Альфа в восточной части бассейна и хребет Гаккеля в западной. Они разделяют отдельные глубокие бассейны (абиссальные равнины), из которых наиболее крупной является Канадская котловина [Churkin, 1969]. Такой рельеф дна (рис. 1) способствует изоляции глубинных вод котловин и обитающей в них донной фауны, а также затрудняет исследования отдельных желобов и впадин, так как вместо обычных целенаправленных исследований с судов приходится довольствоваться тем, что можно сделать, работая с дрейфующей льдины. Поскольку дрейф льдины всецело зависит от скорости и направления поверхностных течений под ней, изученность донной фауны отдельных районов Арктики, естественно, весьма различна. Наиболее важные аспекты исследования этого биома сформулированы Е.Ф. Гурьяновой (1957).

До настоящего времени имелась всего 41 обработанная проба донной фауны с глубины более 1000 м (в том числе 9 с глубины более 3000 м). Из них бо́льшая часть добыта в экспедициях на л/п "Садко" (1935, 1936/37 гг.), 1 – на л/р "Литке" (1948) и 19 проб были собраны на дрейфующих станциях СП-3 и СП-4 (1950–1955 гг. [Бродский, Никитин, 1955]. В этом материале было определено около ста видов макробентоса, из центральных частей Арктического бассейна: корненожек – 14, губок – 7, кишечнополостных – 2, полихет – 16, амфипод – 15, изопод (паразитических) – 1, кумовых раков – 2, десятиногих раков – 4, мшанок – 9, моллюсков (разных, пустые раковины) – 14, иглокожих – 9 [Горбунов, 1946а,б; Гурьянова, 1957].

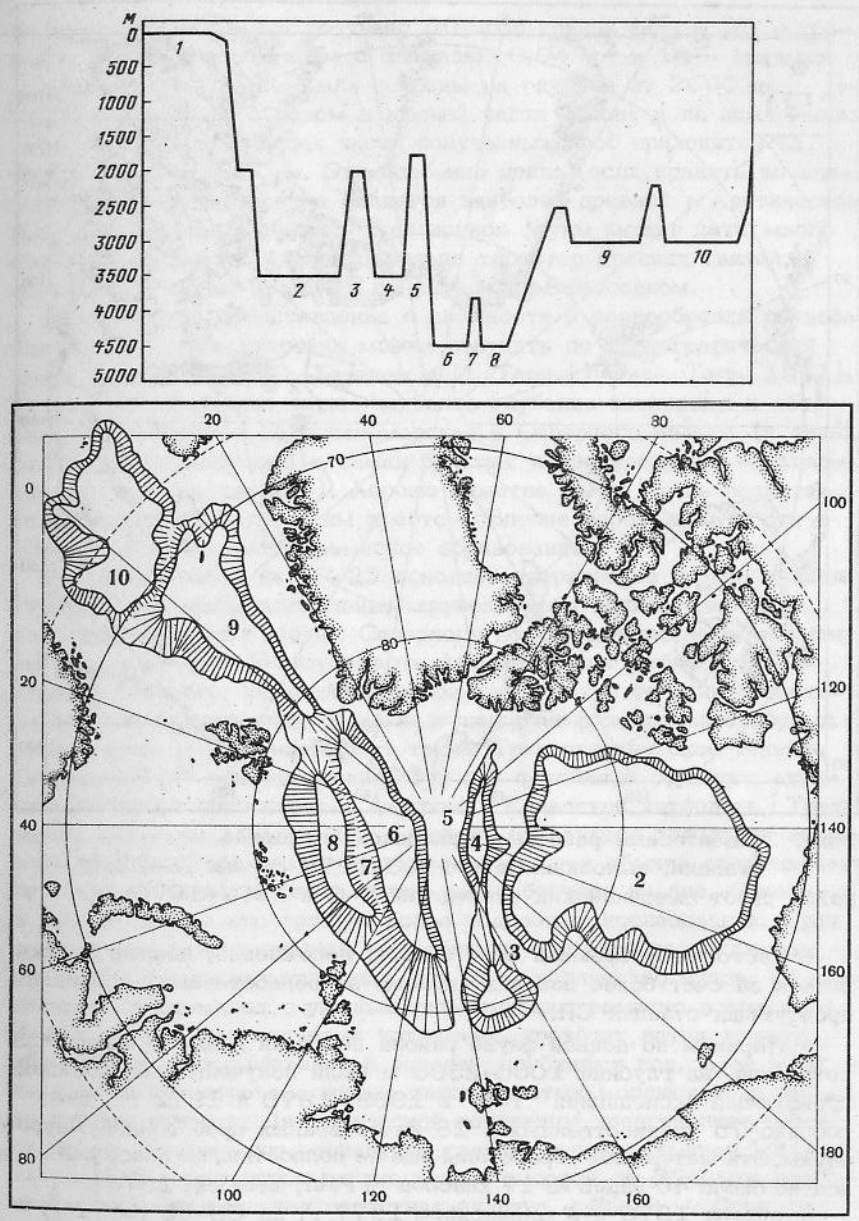


Рис. 1. Профиль дна (*А*) и его положение на карте Арктического бассейна (*Б*) [по Paul, Menzies, 1974]

1 – Берингов пролив; *2* – Канадская котловина; *3* – хребет Менделеева; *4* – котловина Макарова; *5* – хребет Ломоносова; *6* – котловина Амундсена; *7* – хребет Гаккеля, *8* – котловина Нансена; *9* – Гренландская котловина; *10* – Норвежская котловина

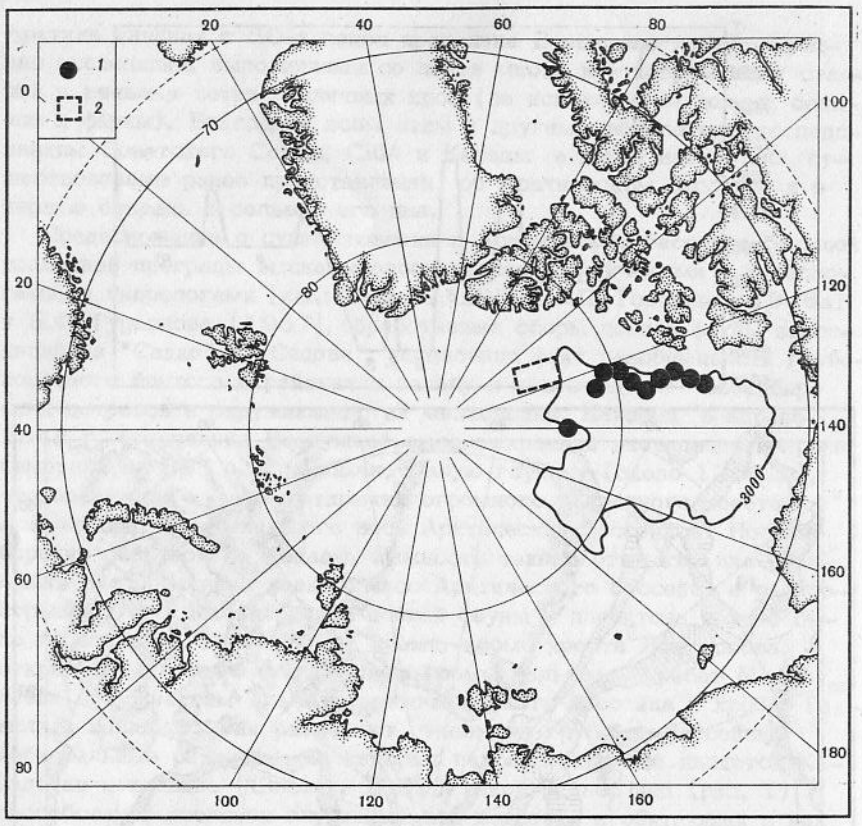


Рис. 2. Бентосные работы в Канадской котловине

1 – станции, выполненные в 1976–1978 гг. на СП-22; *2* – район работ американских экспедиций Т-3 в 1971–1976 гг.

К настоящему времени этот список, несомненно, должен увеличиться за счет более поздних (но еще не обработанных) сборов с дрейфующих станций СП.

Материалы по донной фауне района поднятия Альфа в Канадской котловине, на глубине 1000–2500 м были получены американской дрейфующей экспедицией "Т-3" в 1969, 1970 и 1972 гг. Было собрано 75 количественных и 28 качественных проб донной макрофауны. Эти материалы обработаны еще не полностью, но в них уже определено около 40 видов из 17 классов [Paul, Menzies, 1974].

В апреле 1976 и в мае–ноябре 1977 г. на СП-22 Институт океанологии АН СССР проводил исследования глубоководной донной макрофауны[1] на западном склоне Канадской котловины (рис. 2).

[1] Эти работы были продолжены на той же дрейфующей станции с октября 1978 г. по апрель 1979 г. сотрудниками Института океанологии И.Ф. Афанасьевым и Л.И. Москалевым.

За время исследований получено 50 проб донной фауны: 25 – тралами, 13 – дночерпателем с площадью 0,04 м^2 и 12 – донными ловушками. Все пробы были собраны на глубине от 2600 до 3550 м, главным образом в нижней части склона и на ложе Канадской котловины. Большая часть полученных проб приходится на глубины более 3000 м. Это особенно ценно, если принять во внимание, что эта котловина является наиболее древней в Арктическом бассейне. Состав населяющей ее донной фауны может дать много интересных данных, указывающих на характер древних связей с океанами, которые граничат с Арктическим бассейном.

Современное представление о сложности и разнообразии рельефа дна Арктического бассейна можно получить по физиографической карте, составленной Б. Хизеном и М. Тарп [Heezen, Tarp, 1971], на которой отчетливо видны наиболее глубокие котловины и абиссальные равнины – Баренцевоморская и Северного полюса (к западу от хребта Ломоносова) и самая большая и изолированная – Канадская (к востоку от него). Хорошо заметна также связь поднятий со Срединно-Атлантическим хребтом. Вполне вероятно, что эти котловины имеют разновременное образование.

Во время работ на СП-22 основное направление дрейфа льдины определялось антициклональным круговоротом подповерхностных вод, охватывающим районы Северного полюса и Канадской котловины и занимающим бо́льшую часть Амеразийского суббасейна, по окраине которого проходит Западное арктическое течение атлантического происхождения. Большое влияние на формирование водных масс в этом районе оказывает также Трансокеаническое течение тихоокеанского происхождения. Эти два течения и образуют антициклонический круговорот с центром в Канадской котловине [Трешников, Баранов, 1972]. Здесь, видимо, образуется халистатическая зона, подобная таковым в других океанах, что обычно сопровождается обеднением планктона в толще вод и бентоса на дне. Однако в данном районе это требует более подробных исследований. Судя по полученным материалам, макробентос обитает здесь главным образом на склонах котловины, при этом количество видов, их численность и биомасса с уменьшением глубины заметно возрастают. Именно здесь, над склонами котловины, проходят ветви течений, обеспечивая перемешивание и аэрацию глубинных вод. В ее абиссали совсем не встречено живых двустворчатых моллюсков, а только их пустые створки. Дно Канадской котловины представляет собой типичную абиссальную равнину со слабым уклоном (менее 1:1000), на которой встречаются редкие холмы высотой до 500 м и возвышенности; максимальная известная глубина – 3940 м. Судя по очень незначительной скорости осадконакопления (менее 1 см за 1000 лет) и небольшой мощности донных отложений [Churkin, 1969], можно полагать, что Канадская котловина является одной из самых древних в Арктическом бассейне, что весьма существенно для выяснения происхождения населяющей ее глубоководной донной фауны.

В полученных нами пробах грунт довольно однороден и представляет собой серовато-коричневый глинистый ил, часто с примесью обломочного материала (ледовый разнос?).

Для качественного сбора донной макрофауны применялись малые модели тралов Сигсби и Сандерса. У обоих размер рабочего отверстия 800×150 мм, рамы из нержавеющей стали. Отгибающиеся ножи трала Сандерса из листовой стали толщиной 2 мм, рама трала Сигсби – из прутка диаметром 12 мм, с двумя оттяжками толщиной 10 мм для крепления мешка. На конце оттяжек подвешивался небольшой груз, крепившийся одновременно к куту тралового мешка. Конусный мешок трала длиной 3 м изготовлялся из капроновой дели с ячеей 5 мм. В узкую часть мешка вшивался кут из капронового газа № 8. На конце троса – груз около 25 кг, за ним, через вертлюг, капроновый фал диаметром 8–10 мм, длиной до 50 м, к которому и крепился сам трал со стальной цепью впереди (для выравнивания его на грунте). Приборы опускались на стальном тросе диаметром 1,6 и 1,2 мм; работы велись с гидрологической лебедки СП конструкции ААНИИ с электрическим приводом.

Для промывки проб грунт с фауной небольшими порциями помещался в сито промывного станка, т.е. в большой бак, в верхней части которого встроен конусный желоб (слив). В этот же бак направлялась струя воды, которая постепенно размывала грунт, а животные всплывали на поверхность и выносились потоком воды через слив, попадая на два сита, поставленные друг на друга. В зависимости от характера грунта и размера пробы использовались почвенные сита с отверстиями 3; 1; 0,5 и 0,1 мм. Под ситами закреплялся конус из шелкового газа № 61. Отобранная фракция с каждого сита складывалась в отдельную банку и фиксировалась 4%-ным формалином. Перед разборкой в лабораторных условиях пробы переводились в 80%-ный этиловый спирт.

Ко времени написания этой статьи не все группы макробентоса были определены до вида, приводимые ниже списки не следует считать полными.

В настоящей статье рассматриваются лишь материалы качественных траловых проб, полученных на СП-22 в 1976/77 г. на глубинах 2600–3500 м (количественные пробы еще не обработаны). В них определено около 40 видов донной макрофауны, относящихся к 11 классам, и обнаружено 5 новых видов полихет, 4 из которых относятся к новым родам, а также 1 новый вид амфипод.

Судя по предварительному просмотру количественных проб донной фауны, ее биомасса в среднем должна быть довольно низкой и сравнимой или близкой к той, которая обычна в олиготрофных районах ложа Тихого океана. Сходное представление дают и результаты американских экспедиций (Т-3), по которым величина биомассы макробентоса была около 0,04 г/м^2 [Paul, Menzies, 1974].

В траловых пробах попадаются почти исключительно пустые створки фораминифер, моллюсков (особенно двустворчатых) и брахиопод, в том числе очень молодых форм, часто довольно сильно окатанные или свежие. Среди фораминифер большая часть – секреционные формы, раковинки которых, однако, еще не растворились. Можно думать, что створки моллюсков были снесены с меньших глубин, возможно, со склона, где условия их обитания (в первую очередь питания) лучше, чем в абиссали. Среди полихет преобладали представители сем. Polynoidae, причем в уловах малого трала иногда оказывалось более 400 экз. одного вида.

Среди просмотренных при обработке групп макрофауны преобладали скандско-северо-атлантические и панокеанические формы с небольшим количеством эндемичных арктических видов.

ГЛУБОКОВОДНЫЕ ДОННЫЕ ЖИВОТНЫЕ, НАЙДЕННЫЕ В КАНАДСКОЙ КОТЛОВИНЕ (ПО МАТЕРИАЛАМ СП-22, 1977 Г.)

Foraminifera (определения Т. А. Хусид)

Quinquelocina recenta Saidova; *Pyrgo murraina* (Schwager); *Dentalina pauperata* d'Orbigny; *Stetsonia horrathi* (Green); *Oridossalis tenerus* (Brady); *Alalaminoides exiguus* (Brady); *Joanella tumidula* (Brady); *Cibicidoides wuellerstorfi* (Schuager).

Кроме того, в сборах имеется ряд форм, не определенных до вида из родов *Saccorhiza, Sorosphaera, Cribrostomoides, Trochammina, Quinqueloculina, Triloculina, Lagena* (2 вида), *Nodosaria, Oolina, Nonionella, Elphidium, Bolivina, Buliminella, Fursenkoina* (всего 15 видов).

Большая часть фораминифер – секреционные, и только 3 рода агглютинирующих. Около 60% общего их количества приходится на 2 секреционных вида: *O. tenerus* и *J. tumidula*.

Почти все особи – мертвые, живые встречены единично. Для отделения живых материал окрашивался красителем "бенгальская роза".

Spongia (определения В. М. Колтуна)

Thenea abyssorum Koltun – глубоководный вид, обычен в центральной части Арктического бассейна, в Гренландском и Норвежском морях.

Polymastia sol (Schmidt) – эврибатный вид, в Арктике – циркумполярно [Колтун, 1966]. В пробах 1977 г. представлен большим количеством мелких особей (до 130 экз. в улове).

Hyalospongia – фрагменты.

Actiniaria (определение С. Д. Гребельного)

Bathyphellia margaritacea (Danielssen), 14 экз.; этот вид ранее находили в Скандской впадине на глубине 1620–2750 м.

1/4 15. Зак. 1672

Polychaeta (определения Р. Я. Левенштейн и И. А. Жиркова)

Наиболее многочисленны представители сем. Polynoidae (до 440 экз. в улове трала).

Macellicephala longipalpa Ushakov, 9 экз.; – арктический, преимущественно батиальный вид.

Bathyfauvelia affinis (Faufel) 30 экз.; Арктика, Северная Атлантика и северная часть Тихого океана, преимущественно в абиссали.

В исследованном материале обнаружено также 4 новых вида полиноид (один из них в количестве 440 экз., остальные – по 1 экз.), три из которых принадлежат к новым родам.

Nephthys malmgreni (Theel), 4 экз. – эврибатный арктическо-бореальный вид.

Ammotrypane cylindricaudatus Hansen, 4 экз. – арктическо-бореальный вид.

Amagopsis klugei Pergament et Chlebovitch, 2 экз. – арктический, преимущественно батиальный вид.

Hyalopomatus claparedii Marenzeller, 1 экз. – арктический абиссальный вид.

Кроме того, в исследованном материале обнаружено много экземпляров нового вида и рода из сем. Acrocirridae.

Brachiopoda (определения О. Н. Зезиной)

Pelagodiscus atlanticus (King). Одна пустая дорзальная створка, глубина 2747 м. Всесветно распространенный батиально-абиссальный вид. В высоких широтах Южного полушария имеет верхнюю границу распространения 1100–1200 м. В низких широтах, в местах подъема вод известен до 336 м. Нижняя граница распространения – 5530 м, створки – до 7600 м. В Северном Ледовитом океане обнаружен впервые [Зезина, 1980].

Bivalvia (определения З. А. Филатовой)

В материалах из Канадской котловины на большей части станций обнаружены только пустые (часто окатанные, без периострака) створки двустворчатых моллюсков. Среди них имеются как створки глубоководных форм, ранее отмеченных в абиссали Арктического бассейна, так и створки видов, живущих на шельфе и вынесенных сюда льдами.

Malletia (?) *abyssopolaris* Clarke – эндемик абиссальной зоны Арктического бассейна.

Malletia cuneata (Jeffr.) – широко распространенный абиссальный вид.

Propeamussium groenlandicus Sowerby – широко распространенный в Арктике и в Северной Атлантике батиально-абиссальный вид.

Hyalopecten fridigus Jensen – глубоководный вид Северной Атлантики и Скандской впадины.

Bathyarca frielei (Jeffreys) – скандско-атлантический и арктический батиальный вид.

Yoldiella annenkovae Gorbunov – эндемик Арктического бассейна.

Из эндемичных для Арктического бассейна видов, указанных Кларком [Clarke, 1960], не найден пока лишь *Nucula zophos* Clarke. Все они, кроме *Malletia abyssopolaris*, встречаются в северной части Атлантики, а также в северных частях шельфовых морей Арктики. Судя по сборам прежних экспедиций на "Садко", "Седове" и др. на глубинах 1445–3800 м, для южных окраинных частей абиссали Арктического бассейна также характерны *Tindaria derjugini* Gorbunov, *Ledella tamarae* Gorbunov, *Thyasira ottoschmidti* Gorbunov, *Lyonsiella ushakovi* Gorbunov [Горбунов, 1946б; Филатова, 1957]. В Канадской котловине эти виды пока не найдены, что может отчасти объясняться значительной ее изоляцией.

Створки сублиторальных форм: *Portlandia arctica siliqua, Yoldiella intermedia, Serripes groenlandicus, Astarte borealis.*

Gastropoda (определение В. Я. Лус)

Sipho danielsseni Friele (Buccinidae) – фрагменты, 3 экз., глубина 3550 м; арктический, северо-атлантический глубоководный вид; встречается на глубине от 1445 м (Гренландское море) до 2899 м (Арктический бассейн к северу от Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа).

Cephalopoda (определения К. Н. Несиса)

Cirroteuthis muelleri Eschricht – глубоководный вид, эндемик Арктического бассейна; постоянное местообитание – придонные слои, может подниматься и выше. Широко распространен во всем Арктическом бассейне.

Amphipoda (определения О. Е. Каменской)

Cleippides quadricuspis Heller – арктический вид, на глубине от 100 до 2750 м.

Pardalisca abyssi Boeck – Северная Атлантика, Арктический бассейн, на глубинах 100–3500 м.

Halice abyssi Boeck – Северная Атлантика, северные моря, Арктический бассейн, от 150 до 2910 м.

Eurythenes gryllus (Lichtenstein), космополит, глубина 0–6000 м.

Lilljeborgia sp. n. – абиссаль Арктического бассейна.

Holothurioidea (определения Г. М. Беляева)

Elpidia ex gr. *glacialis* sp. n. – глубина 3500 м, 1 экз.; глубина 3500 м – 5 экз.

Elpidia sp. n. – глубина 2750 м – 7 экз.

Ранее все нахождения голотурий из группы *Elpidia* относили

к одному виду *Elpidia glacialis*, распространенному во всем Арктическом бассейне от сублиторали (в Карском море) до абиссали (в высоких широтах Арктики). В настоящее время это название следует применять лишь к сублиторальной форме; остальные нахождения относятся к другим (возможно, новым) видам.

Crinoidea (определения В. Г. Кликушина)

Фрагмент морской лилии (проксимальная часть стебелька d = 5,3 мм, высота – 2 мм). Из рода *Metacrinus* семейства Isocrinidae. Группа видов, близких к *Metacrinus nobilis* Carpenter, часто объединяемых в роде *Saracrinus*. Антропоген западной и юго-западной частей Тихого океана, от Японии до Австралии (на глубине 55–1130 м). Представитель Isocrinidae найден в Северном Ледовитом океане впервые.

Ophiuroidea (определения Н. М. Литвиновой)

Ophiocten striatum Mortensen, найден на трех станциях на глубинах от 2340 до 3550 м; североатлантический батиальный вид (глубины 698 до 1395 м) на северных склонах Карского моря и моря Лаптевых, у северо-восточной Исландии.

ЛИТЕРАТУРА

Афанасьев И.Ф. Исследования глубоководной донной фауны центральной части Северного Ледовитого океана. – Океанология, 1978, т. 18, вып. 5.

Бродский К.А., Никитин М.М. Гидробиологические работы. – В кн.: Материалы наблюдений научно-исследовательской дрейфующей станции 1950/51 г. Л.: Морской транспорт, 1955, т. 1.

Гаккель Я.Я. Наука и освоение Арктики. Л.: Морской транспорт, 1957.

Горбунов Г.П. Донное население новосибирского мелководья и центральной части Северного Ледовитого океана. – В кн.: Труды Дрейфующей экспедиции на л/п "Г. Седов", 1937–1940 гг. М.; Л.: Главсевморпуть, 1946а, т. 3.

Горбунов Г.П. Новые и интересные виды Mollusca и Brachipoda из Северного Ледовитого океана. – В кн.: Труды Дрейфующей экспедиции Главсевморпути на л/п "Седов", 1937–1940 гг. М.; Л.: Главсевморпуть, 1946б, т. 3.

Гурьянова Е.Ф. К зоогеографии Арктического бассейна. – В кн.: Материалы научно-исследовательских дрейфующих станций СП-3 и СП-4 в 1954/55 г. Л.: Морской транспорт, 1957, т. 1.

Жирков И.А. К фауне полихет абиссали Канадской котловины. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.

Зенкевич Л.А. Фауна и биологическая продуктивность моря. Моря СССР. М.: Сов. наука, 1970, т. 2.

Трешников А.Ф., Баранов Г.И. Структура и циркуляция вод Арктического бассейна. Л.: Гидрометеоиздат, 1972.

Филатова З.А. Зоогеографическое районирование северных морей по распространению двустворчатых моллюсков. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1957, т. 23.

Churkin M.I. Paleozoic tectonic history of the Arctic basin north of Alaska. – Science, 1969, v. 165, N 3893.

Clarke A.H. Arctic archibenthal and abyssal mollusks from Driftig Station Alpha. – Breviora, 1960, N 119.

Heezen B., Tarp M. Arctic ocean. – Nat. Geogr. Mag., 1971, vol. 140, N 4 (Suppl.).

Menzies R.Y. The abyssal fauna of the sea floor of the Arctic ocean. – In: Proc. Arctic Basin Symp. 1962. Arctic Inst. N. Amer., 1963.

Paul A.Z., Menzies R.J. Benthic ecology of the High Arctic deep sea. – Mar. Biol., 1974, vol. 27, N 3.

УДК 595.14 (268.9)

К ФАУНЕ ПОЛИХЕТ АБИССАЛИ КАНАДСКОЙ КОТЛОВИНЫ

И. А. ЖИРКОВ

Дрейфующими станциями СП-22 и СП-23 в 1976–1977 гг. было собрано 26 траловых и 13 дночерпательных проб из абиссали Канадской котловины с глубин более 2000 м. В большинстве из них были обнаружены полихеты. Полиноиды и акроцирриды, переданные на обработку Р.Я. Левенштейн, не рассматриваются в настоящей статье.

Ранее [Ушаков, 1957] для абиссали Канадской котловины было указано 2 вида полихет (помимо серпулид, отмеченных только по трубкам, и полиноид): *Aglaophamus malmgreni* и *Hyalopomatus claparedi*, оба найдены в исследованном материале.

Методика сбора материала изложена в работах Афанасьева [1978] и Мельникова и Циновского (1978). Основные данные по местам сбора материала приведены в таблице.

Aglaophamus malmgreni (Theel, 1879)

Nephthys malmgreni: Горбунов, 1946:38; Зацепин, 1948:121; Wesenberg-Lund, 1950:22; Ушаков, 1955:217; 1957:1665.

Материал. СП-22: ст. 42(1)[1], 47(1), 50(1), 54(1), СП-23:2921 м (2). Глубины 2821–3440 м.

Арктическо-бореальный эврибатный вид.

[1] В скобках указано количество найденных экземпляров.

Станции СП-22 и СП-23 в абиссали Канадской котловины, на которых были найдены полихеты (без полиноид и акроциррид)

№ станции	Координаты		Глубина, м	Орудие лова*
	с.ш.	з.д.		
7	83°43′7	141°7′4	2747	Т. Сигсби
10	Около 82°	Около 127°	3470	То же
11	81°54′1″	127°2′3″	3400	Дч.
12	81 53 9	127 22 2	3410	Т. Сигсби
14	81 42 3	126 50 5	3510	То же
15	81 41 5	126 33 9	3464	"
20	81 13 9	127 27 5	3540	"
21	81 06 7	128 23 8	3550	"
27	80 08 2	128 12 9	2750–2370	"
33	80 08 2	128 12 9	3285	"
34	79 26 2	127 38 8	3290	"
41	79 22 2	128 18 6	3440	Дч.
42	79 23 3	128 27 8	3440	Т. Сигсби
47	79 04 0	126 34 0	3230	Т. Сандерса
48	79 04 0	126 34 0	3200	Дч.
49	79 07 2	125 49 6	3200	Т. Сигсби
50	78 45 0	126 36 0	2990	Т. Сандерса
54	77 50 7	129 40 5	3110	То же
	–	–	2821	Т. Сигсби

* Т. Сигсби – малый трал Сигсби (800×150 мм); т. Сандерса – малый трал Сандерса; дч. – дночерпатель "Океан", 0,1 м^2.

SYLLIDAE GEN. SP.

Материал. СП-22:ст. 7 (2 фрагмента без голов). Глубина 2747 м.

CIRRATULIDAE GEN. SP.

Материал. СП-22:ст. 41(3). Глубина 3440 м.

Все три экземпляра очень плохой сохранности, в связи с чем определение даже до рода не представляется возможным.

Ammotrypane cylindricaudatus Hansen, 1882

Ammotrypane cylindricaudatus Hansen, 1882:36, pl. VI, fig. 20–27.

Ammotrypane cylindricaidatus: Fauvel, 1927: 133–134, fig. 47a–e; Горбунов, 1946:39; Зацепин, 1948:138, табл. XXXIII, 8; Wesenberg-Lund, 1950:38; Ушаков, 1955:319–320, рис. 118 *D*; Хлебович, 1964:174; Hartman, 1965:188; Левенштейн, 1966: :49.

Материал. СП-22:ст. 49(2), 50(2). Глубины 3200 и 2990 м.

Устройство и число жабр у экземпляров из типового местонахождения (из Норвежского моря) подвержены сильной изменчивости. Следы от оторванных мною жабр не заметны даже при окрашивании. Поэтому устройство жабр вряд ли может служить видовым признаком в роде *Ammotrypane*. Форма анального цилиндра и последних сегментов тела у всех исследованных экземпляров такая же, как у топотипичных.

Арктическо-бореальный, преимущественно арктический вид.

Myriochele danielsseni Hansen, 1878

Myriochele danielsseni Hansen, 1882:42, pl. VI, fig. 13–15.

Myriochele danielsseni: Горбунов, 1946:39; Ушаков, 1957: 1666–1667.

Owenia fusiformis: Хлебович, 1964:174 (partim).

Материал: СП-23: 2821 м (1).

При просмотре экземпляров, определенных В.В. Хлебовичем [1964] как *O. fusiformis*, оказалось, что большая их часть относится к *M. danielsseni*, а остальные – к *M. sarsi* и *Melythasides laubieri*. *O. fusiformis* же не была обнаружена вовсе.

Арктический абиссальный вид.

Amagopsis klugei Pergament et Chlebovitch, 1964

Amagopsis klugei: Хлебович, 1964:176–177, рис. 1; not Кучерук, 1976:97.

Материал. СП-22:20(2). Глубина 3540 м.

Эндемичный арктический батиальный вид. Обычен в батиали Норвежского и Гренландского морей (наши неопубликованные данные).

Сравнение экземпляров из Норвежского моря с экземпляром из залива Аляска [Кучерук, 1976] показало, что последний относится к другому виду, однако из-за плохого состояния материала описание нового вида является нецелесообразным (устное сообщение Н.В. Кучерука).

Terebellides sp.

Материал. СП-23: 2821 м (1 фрагмент).

Сильно мацерированный экземпляр был лишен головы. Он имел одну жабру с двумя гребенчатыми лопастями и не менее 14 торакальных щетинконосных сегментов (точнее установить не удалось). Невроподиальные щетинки в середине торакса мотыговидные, на абдомене – авикулярные. Те и другие в один ряд.

?Josephella sp.

Материал. СП-22 : ст. 33(1). Глубина 3285 м.

Диагноз. 5 торакальных щетинконосных сегментов, торакальной мембраны нет, между торакальными и абдоминальными щетинконосными сегментами длинный бещетинковый промежуток. Крышечка отсутствует, но, возможно, утеряна, так как жабры были высунуты из трубки. Все указанные признаки (за исключением отсутствия крышечки) согласуются с диагнозом рода Josephella [Fauvel, 1927, Fauchald, 1977]. Описание нового вида кажется нецелесообразным до получения дополнительного материала.

Hyalopomatus claparedi Marenzeller, 1878

Hyalopomatus claparedi: Горбунов, 1946:39; Ушаков, 1957: 1668.

Материал. СП-22:ст. 14(1), 50(1). Глубины 2990 и 3500 м.

Арктический абиссальный вид.

SERPULIDAE

Материал. Пустые трубки. СП-22:ст. 8, 10, 11, 12, 14, 15, 20, 21, 27, 33, 34, 48, 50, 54; СП-23:2821 м. Глубины 2370-3550 м.

SPIRORBIDAE GEN. ET SP.

Материал: СП-22:ст. 14(1); трубки: СП-22:ст. 27, 49, СП-23:2821 м. Глубины: червь - 3500 м, трубки - 2370-3200 м.

Трубки завернуты по часовой стрелке, без килей. Три торакальных щетинконосных сегмента. Воротничковые щетинки отличаются от таковых обоих арктических видов *(Spirorbis granulatus, S. borealis)* отсутствием пучка шипиков у основания зазубренной части щетинки.

Изложенные выше данные, а также неопубликованные результаты обработки проб из абиссали Норвежского моря (2000-3820 м) позволяют составить новый список полихет абиссали Арктики (без полиноид). При составлении нового списка нами использовались все литературные данные по фауне полихет абиссали Арктики [Горбунов, 1946; Анненкова, 1952; Ушаков, 1957; Хлебович, 1964; Hansen, 1882; Wesenberg-Lund, 1950; Desbruyeres, 1978]. Зоогеографическая характеристика каждого вида определялась путем анализа всех опубликованных находок как из Арктики, так и из других частей Мирового океана. Также использовались неопубликованные материалы коллекций кафедры общей экологии и гидробиологии МГУ по Норвежскому и Гренландскому морям и частично Зоологического института АН СССР. Этим объясняются расхождения в зоогеографических характеристиках видов со списком В.М. Колтуна [1964] и другими.

В общей сложности в абиссали Арктики (включая Норвежское и Гренландское моря) на глубинах свыше 2000 м найдено 19 видов, не считая форм с неясным систематическим положением (большей частью из-за плохой сохранности) и полиноид. Среди них можно выделить 3 зоогеографические группы.

1. Эндемичные арктические абиссальные виды. Многие из них поднимаются в батиаль, некоторые почти до сублиторали. Но их биомасса, частота встречаемости и плотность в абиссали гораздо выше, чем в батиали (биомасса - на один или два порядка). К этой группе относятся восемь видов: Acrocirridae gen. et sp. nov., *Myriochele danielsseni, Myriochele sarsi, Melythasides laubieri, Potamethus malmgreni, Potamethus* sp. nov., *Hyalopomatus claparedi, ?Josephella* sp.

2. Арктические батиальные и преимущественно батиальные виды. Все они достигают наибольшего развития в батиали Арктики (примерно 600-1300 м), но могут заходить на сублитораль и спускаться в абиссаль. К этой группе относятся семь видов: *Notomastus* aff. *latericeus, Amagopsis klugei, Melinnexis arctica, Polycirrus albicans, Jasmineira schaudinni, Apomatus globifer, Protula arctica.*

3. Арктическо-бореальные, преимущественно арктические виды. Все они встраются и за пределами Арктики, но гораздо реже. В Арктике, как и за ее пределами, они предпочитают глубины нижней сублиторали и батиали. Возможно, некоторые из них принадлежат к предыдущей группе. Сюда относятся четыре вида: *Aglaophamus malmgreni, Spiochaetopterus typicus, Ammotrypane cylindricaudatus, Myriochele oculata.*

Кроме того, из абиссали Норвежского моря указана *Potamilla neglecta* [Hansen, 1882]. В нашем материале из абиссали этого района (более 50 проб) данный вид отсутствует. Поэтому, как нам кажется, последнее указание нуждается в подтверждении.

Помимо приведенных в списке, из различных районов абиссали Арктики указано еще девять видов. Они исключены из списка на следующих основаниях.

1. *Thyphlonereis gracilis,* описанный из абиссали Норвежского моря, является неопределимым [Hartman, 1959; Fauchald, 1977].

2. *Ophriotrocha puerillis* представляет собой группу видов-двойников, различимых лишь по особенностям размножения и хромосомным наборам [Reish, 1977].

3. Указание П.В. Ушаковым [1957] *Spirorbis ? granulatus,* основанное на находках пустых трубок, вероятно, относится к *Spirorbidae* gen., sp., обладающему сходной трубкой и найденному в том же районе.

4. Указание *Lumbrinereis fragilis* [Hansen, 1882; Wesenberg-Lund, 1950] из абиссали Норвежского моря, вероятно, относится к *Augeneria sadko* и *Lumbrinereis* sp. nov., так как эти виды обычны в Норвежском море на глубинах 1000-2000 м, тогда как *L.*

fragilis не встречен ни в одной из более чем сотни проб (устное сообщение Н.В. Кучерука и А.Б. Цетлина). Однако, поскольку оба не встречены глубже 2000 м, мы не включаем их в наш список.

5. Указание П.В. Ушаковым [1957] *Ammotrypane aulogaster* к северу от Новосибирских о-вов (глубина 2363 м, сборы "Садко"), вероятно, основано на недоразумении, так как в работе Г.П. Горбунова [1946] этот вид отмечен максимум с 520 м, а на единственной станции с глубиной 2363 м найдена *A. cylindricaudatus*.

6. *Notomastus latericeus* (Wesenberg-Lund, 1950) распространен в сублиторали бореальной области и в глубоководной части Арктики (по нашим данным, - до 3200 м). Такой характер распространения свидетельствует, как нам кажется, о наличии двух видов-двойников: бореального, мелководного *N. latericeus* s. str. и арктического, вероятно, батиального, *N.* aff. *latericeus*.

7. *Myriochele heeri* указана из абиссали Арктики дважды [Хлебович, 1964; Wesenberg-Lund, 1950]. Первое указание, как оказалось при повторном просмотре, относится к *M. oculata;* второе, судя по синонимике, приведенной в работе, и нашим данным по этому району, вероятно, относится к другим видам этого рода: *M. danielsseni, M. sarsi, M. oculata*.

8. Обоснование исключения *Owenia fusiformis* дано выше.

9. Указание *Notoproctus normanni*, вероятно, основано на опечатке в работе В.М. Колтуна [1964]. Такой вид в роде *Notoproctus* не описан, зато имеется сходный по написанию *Notoplites normanni* (Briozoa), действительно встречающийся в абиссали Арктики.

Анализ географического распространения видов, входящих в каждую группу, показывает, что виды первой группы широко распространены в абиссали Арктики. По биомассе, частоте встречаемости и плотности они преобладают над видами второй и третьей групп. Среди видов второй группы только два эндемичны для собственно Арктики и не встречаются в западногренландских водах: *Amagopsis klugei* и *Mellinexis arctica* (не считая *Notomastus* aff. *latericeus* с неясным географическим распространением). Оба они проникают на большие глубины и распространены там шире, чем прочие виды этой группы. Интересно отметить, что они принадлежат к родам, отсутствующим в Атлантике, но имеющимся в Пацифике. Виды третьей группы распространены как в абиссали Арктики (только *Spiochaetopterus typicus* не заходит в абиссаль Полярного бассейна), так и в прилежащих районах Атлантики и Пацифики, в абиссали Арктики они имеют низкую биомассу, частоту встречаемости и плотность.

Относительно происхождения арктических абиссальных видов, вопроса, широко дискутирующегося в литературе, по рассмотренной фауне можно отметить следующие моменты.

1. Из семи родов абиссальных полихет только два имеют представителей в сублиторали Арктики: *Aglaophamus* и *Myriochele*, причем оба они имеют многочисленные виды в других частях Мирового

океана. Таким образом, сублиторальные арктические корни у абиссальной фауны полихет полностью отсутствуют.

2. Два рода - Acrocirridae g. nov. и *Melythasides* - эндемичны для абиссали Арктики, четыре - не ограничены в своем распространении Арктикой и Атлантикой и лишь один (*Josephella*) встречается, кроме Арктики, только в Атлантике, но именно в определении этого рода я сомневаюсь. Таким образом, связь, а тем более происхождение специфической арктической абиссальной фауны полихет из атлантической еще менее очевидны, чем из пацифической.

Указанные моменты не позволяют согласиться с трактовкой арктической абиссали как подобласти атлантической области [Виноградова, 1977]. Более того, все выделяемые в абиссали Мирового океана области имеют хотя и малое, но вполне определенное количество общих абиссальных стенобатных видов. В то же время арктическая абиссаль не имеет ни с каким другим районом абиссали Мирового океана не только ни одного общего стенобатного, но даже эврибатного вида полихет. Поэтому мы считаем, что по фауне полихет (общепризнанно одной из самых широко распространенных групп) ранг арктической абиссали выше, чем любой из областей, и равен рангу абиссали Мирового океана в целом.

Приведенные выше соображения из-за малого количества проб и разнокачественности сборов, безусловно, нельзя считать окончательными, но, вероятно, они близки к действительности.

В заключение хочется выразить благодарность моему руководителю В.И. Зацепину, сотрудникам Института океанологии АН СССР Р.Я. Левенштейн и Н.В. Кучеруку за помощь в написании данной статьи, И.Ф. Афанасьеву и И.А. Мельникову за предоставление собранного ими материала, сотруднику кафедры зоологии беспозвоночных МГУ А.Б. Цетлину за сведения, использованные в данной статье, а также сотруднику Зоологического института АН СССР В.Г. Аверинцеву за предоставление возможности просмотра определений В.В. Хлебовича по овениидам.

ЛИТЕРАТУРА

Анненкова Н.П. Новые виды многощетинковых червей (Polychaeta). - Тр. Зоол. ин-та АН СССР, 1952, т. 12.

Афанасьев И.Ф. Исследования глубоководной донной фауны центральной части Северного Ледовитого океана. - Океанология, 1978, т. 18, вып. 5.

Виноградова Н.Г. Донная фауна абиссали и ультраабиссали. - В кн.: Биологическая продуктивность океана. М.: Наука, 1977. (Океанология; Биология океана, т. 2.).

Горбунов Г.П. Донное население Новосибирского мелководья и центральной части Северного Ледовитого океана. - В кн.: Труды Дрейфующей экспедиции на л/п "Г. Седов", 1937-1940 гг. М.; Л.: Главсевморпуть, 1946, т. 3.

Зацепин В.И. Класс (Polychaeta) - многощетинковые черви. Определитель фауны и флоры северных морей СССР/Под ред. Н.С. Гаевской. М.: Сов. наука, 1948.

Колтун В.М. К изучению донной фауны Гренландского моря и центральной части Арктического бассейна. – Тр. Аркт. и Антаркт. науч.-исслед. ин-та, 1946, т. 259.
Кучерук Н.В. Многощетинковые черви семейства Ampharetidae из глубоководной части залива Аляска. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1976, т. 99.
Левенштейн Р.Я. Многощетинковые черви (Polychaeta) западной части Берингова моря. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1966, т. 81.
Мельников И.А., Циновский В.Д. Гидробиологические исследования в Северном Ледовитом океане на СП-23 (май-октябрь 1977 г.). – Океанология, 1978, т. 18, вып. 2.
Ушаков П.В. Многощетинковые черви дальневосточных морей СССР (Polychaeta). – В кн.: Определители по фауне СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР 1955.
Ушаков П.В. К фауне многощетинковых червей (Polychaeta) Арктики и Антарктики. – Зоол. журн., 1957, т. 36, вып. 11.
Хлебович В.В. Многощетинковые черви (Polychaeta) из северной части Гренландского моря и района островов Шпицберген и Земли Франца-Иосифа. – Тр. Аркт. и Антаркт. науч.-исслед. ин-та, 1964, т. 259.
Debruyeres D. *Melythasides laubieri* gen. et sp. nov. Ampharetidae (Annelides, Polychaetes, Sedentaires). Abyssal de la mer de Norvege. – Bull. Mus. nat. Hist. natur., Zool., 1978, N 353.
Fauchald K. The polychaete worms. Defenitions and keys to the orderes, families and genera. – Nat. Hist. Mus. Los Angeles Country, Sci. Ser. 28, 1977.
Fauvel P. Faune de France. 16. Polychaete sedentaires, 1927.
Hansen G.A. Annelida. Den Norske Nordhavs-Expedition 1876–1878. VII. Christiania, 1882.
Hartman O. Catalogue of the polychaetous annelids of the world. – Allan Hancock Found. Publs Occas. Pap., 1959, N 23.
Hartman O. Deep-water benthic polychaetous annelids off New England to Bermuda and other North Atlantic areas. – Allan Hancock Found. Publ. Occas. Pap., 1965, N 28.
Riesh D.J. The role of life history studies in polychaete systematics: Essays on polychaetous annelids in memory of Dr. Olga Hartman, 1977.
Wesenberg-Lund E. Polychaeta. – In: Ingolf-Exped., 1950, vol. 4.

УДК 593.62(268.5)

ПЕННАТУЛЯРИИ *UMBELLULA ENCRINUS* (L.) ИЗ КАНАДСКОЙ КОТЛОВИНЫ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Ф.А. ПАСТЕРНАК

Из отдельных бассейнов Мирового океана наименее изученным может считаться западная часть Северного Ледовитого океана, в особенности его Канадская глубоководная котловина. Вместе с тем за последние годы, благодаря систематическим исследованиям фауны этого района, проводимым с дрейфующих станций "Северный полюс", стал накапливаться интереснейший материал, который уже сейчас позволяет сделать ряд предварительных выводов о составе фауны, степени ее количественного развития, о ее генезисе и путях формирования. В настоящей заметке приводится описание пяти колоний морских перьев рода *Umbellula*, собранных на дрейфующей станции СП-23 участниками дрейфа И.А. Мельниковым и В.Д. Циновским, которым я приношу свою искреннюю благодарность.

Umbellula encrinus (L.) 1758

Синонимию до 1874 г. см.: Danielssen, Koren, 1884.

Umbellula encrinus: Jungersen, 1904:75–83.

Материал. СП-23, 18. VI. 1977 г., 78°54,0′ с.ш., 161°53,4′ в.д., глубина 266 м, ихтиологический ярус, 4 колонии; СП-23, 27. VI. 1977 г., 79°44,8′ с.ш., 160°55,8′ в.д., глубина 1739 м, ихтиологический ярус, 1 колония.

Замечания. Ни по морфологии осевого стержня и степени его кальцинированности, ни по строению пучка вторичных аутозоидов и характеру распределения сифонозоидов на рахисе собранные колонии не выходят за пределы внутривидовой изменчивости *U. encrinus*, хорошо прослеженной ранее [Danielssen, Koren, 1884]. Только у одного из собранных на мелководье экземпляров билатеральность несколько уплощенного с боков и вытянутого вдоль осевого стержня рахиса оказалась более отчетливой, чем обычно. Двусторонность симметрии этого пучка вторичных аутозоидов подчеркивает формирование непосредственно под терминальным аутозоидом справа и слева от него двух одновременно отпочковывающихся полипов.

Несмотря на то, что мелководные колонии были сильно повреждены во время подъема ихтиологического яруса и последующей транспортировки материала, удалось выполнить почти все основные промеры, за исключением общей длины у тех колоний, у которых стебель сохранился либо частично, либо был утрачен полностью. В отношении первого из этих экземпляров можно утверждать, однако, что общая его длина была не менее 1842 мм. Во всяком случае, такова суммарная длина нижней (1032 мм) и верхней (810 мм) частей стебля. Видимо, небольшой фрагмент средней части стебля, судя по несоответствию диаметров стержней в местах разлома, был утерян уже после фиксации материала. По устному сообщению И.А. Мельникова, эта умбеллула была поднята, хотя и со сломанным осевым стержнем, но с неразорванными мягкими тканями. Наконец, длину последнего, четвертого, экземпляра удалось установить по всем сохранившимся частям стебля, она составила 2065 мм.

Как видно из этих данных, а также из остальных промеров, приведенных в таблице, мелководные умбеллулы, если и не были ре-

Основные промеры колоний *Umbellula encrinus*, собранных на СП-23 (в мм)

Признак	Колонии				
	с глубины 266 м				с глубины 1739 м
	I	II	III	IV	
Общая длина	2065	–	–	–	433
Длина бульбусовидного расширения основания	235	262	–	–	67
Ширина расширения (макс.)	12	19	–	–	4,5
Ширина стебля ниже рахиса	2,2	2,7	2,3	2,1	1,6
Длина рахиса	110	120	68	76	25
Ширина рахиса	27	42	41	32	11
Длина аутозоидов (макс.)	75	85	67	48	17
Ширина аутозоидов	7	8	7	9	4,5
Длина щупалец	65	72	80	75	10
Число аутозоидов	33	51	40	53	10

кордными по своим размерам, то, во всяком случае, сопоставимы с наиболее крупными колониями, известными ранее. Так, самые длинные морские перья этого вида из Карского моря достигают 2400 мм, а из района о-ва Врангеля – 2600 мм [Наумов, 1959].

Колония, поднятая с глубины 1739 м, значительно меньше мелководных, а ее четырехгранный осевой стержень менее кальцинирован и обладает большой гибкостью, что может быть объяснено изменчивостью, связанной с переходом к глубоководному образу жизни. К сожалению, аутозоиды зафиксировались сильно сократившимися, и абсолютные их размеры в расправленном состоянии остаются неизвестными. Так не менее общий облик пучка полипов этой колонии позволяет предположить, что вторичные аутозоиды обладают относительно более крупными размерами, чем у мелководных. Характерно также, что щупальца полипов сравнительно короткие. Все это также соответствует внутривидовой изменчивости морских перьев, проявляющейся у форм, обитающих в разных вертикальных зонах океана [Пастернак, 1970].

В ревизиях рода *Umbellula*, выполненных Брохом (Broch, 1958) и позже мной [Пастернак, 1962], отмечалась близость арктической *U. encrinus* к широко распространенной в Атлантическом, Индийском и Южном океанах *U. lindahli*. В частности, нами было показано, что различия между *U. lindahli* и *U. magniflora*, которые рассматривались Брохом как конспецифичные, оказались более глубокими (особенно при сравнении зрелых колоний), чем между *U. lindahli* и *U. encrinus*. Поэтому и было высказано предположение, что обработка новых материалов по арктическим умбеллулам докажет необходимость объединения *U. encrinus* и *U. lindahli* [Пастернак, 1961, 1962]. В этом отношении новое нахождение сравнительно мелкого экземпляра умбеллулы на глубине 1739 м в Канадской котловине представляет определенный интерес. Несмотря на отмеченную выше изменчивость, этой колонии присущи признаки, которые характерны для мелководных арктических умбеллул, – сравнительно большая мясистость ценосарка, особенно в таких отделах, как рахис, крупные аутозоиды с короткими щупальцами. Этими особенностями строения колонии *U. lindahli*, обитающие на тех же глубинах, не обладают. Да и среди наиболее крупных колоний *U. lindahli*, собранных на субполярных шельфах, до сих пор не удалось найти ни одного экземпляра, сопоставимого по размерам с обычными для арктического мелководья *U. encrinus*. Поэтому приходится отказаться от заманчивого предположения, согласно которому *U. encrinus* и *U. lindahli* должны рассматриваться как идентичные формы, а сходство арктических и антарктических колоний – как пример морфологического параллелизма внутри одного вида.

Распространение. *U. encrinus* – циркумарктический, эврибатный, преимущественно верхнебатиальный вид, часто массовый на небольших глубинах Норвежского, Баренцева, Карского, Восточно-Сибирского и других арктических морей. В Канадской котловине на глубине 1739 м обнаружен впервые.

ЛИТЕРАТУРА

Наумов Д.В. Самое крупное морское перо. – Природа, 1959, № 8.

Пастернак Ф.А. Пеннатулярии (Octocorallia) и антипатарии (Hexacorallia), собранные Советской комплексной антарктической экспедицией в 1955–1958 гг. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1961, т. 46.

Пастернак Ф.А. Пеннатулярии рода *Umbellula* Cuvier (Coelenterata, Octocorallia) из антарктических и субантарктических вод. – В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1962, т. 1 (11).

Пастернак Ф.А. Морские перья (Octocorallia, Pennatularia), найденные в ультраабиссали Курило-Камчатского желоба. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР, 1970, т. 86.

Broch H. Octocorals. Part I. Pennatularians. – Discovery Rept, 1958, vol. 29.

Danielsen D.C., Koren J. Pennatulida. – Norw. North-Atlantic Exped., Zool., 1884, vol. 12.

Jungersen H.F.E. Pennatulida. – Dan. Ingolf-Exped., 1904, vol. 5.

УДК 594.81:591.9(26)

О ГЛУБОКОВОДНОМ НАХОЖДЕНИИ БРАХИОПОД В АРКТИЧЕСКОМ БАССЕЙНЕ

О. Н. ЗЕЗИНА

До последнего времени в Северном Ледовитом океане брахиоподы были известны только на шельфах и склонах в пределах глубин, не превышающих 525 м [Зезина, 1977]. Отсутствие сведений о глубоководных брахиоподах, являясь отчасти результатом недостаточной изученности абиссальной фауны Арктического бассейна, служило косвенным подтверждением представлений о фаунистической изолированности абиссали Северного Ледовитого океана и обедненности его глубоководной фауны.

Сборы глубоководного бентоса, выполненные во время работ дрейфующей станции "Северный Полюс-22" в 1976-1977 гг. [Афанасьев, 1978], принесли первые сведения о глубоководных брахиоподах Арктического бассейна: в северной части Канадской котловины (83°34′ с.ш., 142°51′ з.д.) на глубине 2747 м в траловом улове была обнаружена раковина беззамковой брахиоподы *Pelagodiscus atlanticus* [King, 1968]. Этот вид, известный до сих пор в батиали и абиссали всех океанов, кроме Северного Ледовитого [Зезина, 1976], не только дополняет список фауны Арктического бассейна, но и является в этом бассейне наиболее глубоководной находкой брахиопод. Поскольку эта находка представлена лишь пустой раковиной, нет возможности утверждать с определенностью, что *P. atlanticus* живет в настоящее время в Канадской котловине на данной глубине, но, судя по его современному распространению в других океанах [Зезина, 1965], можно предполагать, что глубина нахождения раковины *P. atlanticus* в Канадской котловине близка к реальной глубине обитания этого вида в Арктическом бассейне в настоящее время или в сравнительно недавнем прошлом.

P. atlanticus – единственный холодноводный представитель семейства Discinidae, все другие современные дисциниды входят в состав тропических и субтропических фаун. *P. atlanticus* в ископаемом состоянии неизвестен, но ближайшие родственные ему формы найдены в раннемиоценовых отложениях Бельгии и плиоценовых отложениях Англии [Thomson, 1927], что свидетельствует о возможности проникновения холодноводных дисцинид в Арктический бассейн в неогене и четвертичном периоде. К сожалению, современных данных недостаточно для того, чтобы судить более точно о времени, когда это произошло, но сам факт обнаружения *P. atlanticus* в Центральной Арктике подтверждает связь холодноводной батиально-абиссальной вторично глубоководной фауны Арктического бассейна с холодноводными фаунами Тихого и Атлантического океанов.

ЛИТЕРАТУРА

Афанасьев И.Ф. Исследования глубоководной донной фауны центральной части Северного Ледовитого океана. – Океанология, 1978, т. 18, № 5, с. 950-951.

Зезина О.Н. О распространении глубоководного вида плеченогих *Pelagodiscus atlanticus* (King). – Океанология, 1965, т. 5, № 2, с. 354-358.

Зезина О.Н. Брахиоподы Западной Арктики: Состав, распространение, роль в биоценозах. – В кн.: Исследования фауны морей. Л.: Наука, 1977, т. 1 (22), с. 205-218.

Зезина О.Н. Экология и распространение современных брахиопод. М.: Наука, 1976. 138 с.

Thomson J.A. Brachiopod morphology and genera (recent and tertiary). – N.Z. Board Sci. and Arts, Manual, N 7, pp. 1-338.

УДК 595.371(268.9)

ГЛУБОКОВОДНЫЕ АМФИПОДЫ (AMPHIPODA, GAMMARIDEA) ИЗ СБОРОВ ЭКСПЕДИЦИИ ДРЕЙФУЮЩЕЙ СТАНЦИИ «СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС-22»

О. Е. КАМЕНСКАЯ

Изучение глубоководной донной фауны Арктического бассейна представляет большой интерес для разработки проблем зоогеографии и истории океана. Исследованию фауны этого района посвящено много работ, основные результаты которых изложены в статьях Г.П. Горбунова [1946], Е.Ф. Гурьяновой [1957, 1964], Р. Мензиса [Menzies, 1963], И.Ф. Афанасьева и З.А. Филатовой [1980]. Значительный интерес представляет суждение о фауне амфипод абиссальных глубин Арктического бассейна. Полученные ранее материалы показали, что абиссальная фауна бокоплавов его котловин в основном единая, так как около 62% видов оказались общими [Гурьянова, 1938]. Сравнение глубоководной фауны Арктики с глубоководной фауной Северной Атлантики, обитающей к югу от порога Томсона, показало, что они совершенно разные. На этом основании был сделан вывод, что абиссаль Северного Ледовитого океана можно рассматривать как самостоятельную зоогеографическую область наравне с абиссалью Атлантического океана [Гурьянова, 1951].

Во время экспедиции дрейфующей станции СП-22 проводились исследования по ряду проблем, в том числе изучалась глубоководная донная фауна. С мая по октябрь 1977 г. в Канадской котловине на глубинах 2710-3580 м было сделано 45 станций. Фауна собиралась с помощью различных орудий лова: малым тралом Сиг-

Станции СП-22, на которых были пойманы исследованные в настоящей работе амфиподы

№ станции	Орудие лова*	Глубина, м	Координаты	
			с.ш.	в.д.
10	ТС	3467	81°44′	121°46′
13	Л	3510	81 46	127 31
14	ТС	3500	81 42	126 51
16	Л	3485	–	–
18	Л	3480	81 27	126 31
21	ТС	3550	81 06	128 24
24	ТС	3530	80 28	128 59
26	Л	2710	–	–
27	ТС	2750-2370	80 08	128 13
28	Л	3270	–	–
29	ТС	2910-2630	–	–
30	Л	3180	–	–
34	ТС	3290	79 2	127 39
35	Л	3290	79 2	127 47
37	Л	3380	–	–
38	ТС	3380	–	–
39	ТС	3370	–	–
40	ТС	3380	–	–
43	Л	3400	79 16	128 23
46	Л	3240	79 01	126 31
50	ТСан	2990-2950	78 45	127 36
51	Л	2850	78 20	127 55
53	ТСан	2810	78 10	128 01
55	ТСан	3170	77 43	130 00

*ТС – малая модель трала Сигсби; ТСан – малая модель трала Сандерса; Л – ловушка [см. Афанасьев, Филатова, 1980].

сби, малым тралом Сандерса, дночерпателем "Океан-0,1", бентосной ловушкой [Афанасьев, Филатова, 1980].

Предварительная обработка материала показала, что ракообразные отряда Amphipoda встретились на 30 станциях. Это представители семейств Lysianassidae, Leucothoidae, Calliopiidae, Stegocephalidae, Phoxocephalidae, Eusiridae, Lilljeborgiidae, Oedicerotidae, Pardaliscidae (всего 17 видов).

В настоящей статье рассматриваются амфиподы из семейств Lysianassidae, Leucothoidae, Pardaliscidae, Eusiridae, Lilljeborgiidae, Calliopiidae. Станции, на которых они были пойманы, указаны в таблице.

СЕМ. LYSIANASSIDAE

Eurythenes gryllus (Lichtenstein, 1822)

Материал. СП-22, ст. 13[1], глубина 3510 м, 7 экз. 10-12 мм; ст. 16, 3480 м, 6 экз. 31-47 мм; ст. 18, глубина 3480 м, 17 экз. 17-71 мм; ст. 26, 2710 м, 7 экз. 14-69 мм; ст. 28, 3270 м, 15 экз. 13-70 мм; ст. 30, 3180 м, 2 экз. 19-66 мм; ст. 35, 3290 м, 14 экз. 10-74 мм; ст. 37, 3380 м, 36 экз. 21-56 мм; ст. 43, 3400 м, 14 экз. 12-56 мм; ст. 46, 3240 м, 126 экз. 10-82 мм; ст. 51, 2850 м, 39 экз. 11-74 мм.

Замечания. Вид встречается в большом диапазоне глубин. С одной стороны, он найден в желудках морских птиц [Stephensen, 1925], с другой – пойман на приманку в ловушки, установленные на глубине 5720 м в олиготрофной части Тихого океана [Shulenberger, Hessler, 1974], и, в нашем случае, на глубинах около 3000 м в Канадской котловине. Известен этот вид и из верхней части ультраабиссальной зоны [Barnard, 1962; Каменская, 1980].

Долгое время не было определенного мнения об образе жизни *E. gryllus*. По строению тела, наличию жировых включений и больших рудиментарных глаз этот вид считали планктонным. Последние исследования [Bowman, Manning, 1972; Shulenberger, Hessler, 1974] показывают, что *E. gryllus* активно передвигается в толще воды и может питаться как в пелагиали, так и на дне.

Сборы с помощью буксируемых орудий лова обычно приносят один или несколько экземпляров. Численность бокоплавов, добытых с помощью ловушек с приманкой, во много раз больше. Это подтверждает мнение Р. Темплемана [Templeman, 1967] о том, что *E. gryllus* скорее трупоед, чем активный хищник, хотя отмечались случаи нападения этих рачков на рыб. Наряду с этим известен случай безвыборочного заглатывания бокоплавом донного осадка [Barnard, 1962].

В литературе [Enequist, 1949] имеются интересные данные о питании некоторых мелководных лизианассид родов *Hippomedon* (*H. denticulatus*, *H. propinquus* и *H. robustus*) и *Tryphosites* (*T. longipes*). Эти амфиподы никогда не ползают по дну, а плавают над ним и при помощи ударов плеопод могут зарываться в грунт. В толще грунта передвигаются, сгибая и разгибая тело, используя в качестве опоры расставленные уроподы. Питаются трупами животных, могут заглатывать грунт, обогащенный органикой разложившихся организмов.

Изучение питания двух ультраабиссальных лизианассид (*Hirondellea gigas* и *Scopelocheirus schellenbergi*) показало, что они относятся к трофической группировке плотоядных амфипод [Каменская, 1977, 1979]. Это, а также указанные выше ловы на приманку

[1] Орудием лова на всех указанных для этого вида станциях служила бентосная ловушка кубической формы со стороной 400 мм, обшитая газом № 8; в качестве приманки использовались рыба и мясо. Время экспозиции ловушки на дне от 1 час 20 мин. до 2 час.

подтверждают мнение П. Энеквиста [Enequist, 1949], что семейство Lysianassidae состоит в основном из хищников и трупоедов. Так как в лабораторных экспериментах никаких контактов амфипод с поверхностью обогащенного органикой грунта до закапывания в него или с жертвой до нападения не было установлено, рачки обладают, вероятно, мощным аппаратом хеморецепции. Особенно этот аппарат развит, по-видимому, у глубоководных амфипод, что подтверждается быстрым скоплением большого количества лизианассид вокруг ловушек с приманкой. Глаза у глубоководных бокоплавов семейства Lysianassidae сильно редуцированы [Жаркова, 1975]. Специальное гистологическое исследование глаз *E. gryllus*, проведенное И.С. Жарковой, также обнаруживает значительную их дегенерацию: кристаллических конусов нет, светочувствительный аппарат значительно редуцирован.

Способность некоторых лизианассид, в частности *E. gryllus*, быстро обнаруживать жертву или останки животных, а в отсутствие их питаться безвыборочно заглатываемым детритом позволяет этим рачкам обитать даже в олиготрофных районах океана, где другие амфиподы практически не встречаются.

Распространение. Космополит [Bowman, Manning, 1972].

СЕМ. LEUCOTHOIDAE

Leucothoe uschakovi Gurjanova, 1951

Материал. СП-22 ст. 21, глубина 3550 м, 3 ♂ 9,8, 25 мм; ст. 24, 3530 м, ♂ 7 мм, ст. 50, 2990-2950 м, 3 ♂ 12, 21, 22 мм; ст. 55, 3170 м, ♂ 24 мм.

Распространение. Гренландское море на глубине 3000 м при температуре -1° 05 и на глубине 2750 м при температуре -1° 40; северо-восточная часть Тихого океана в районе Курильских о-вов [Гурьянова, 1964]. Нами отмечен в Канадской котловине Арктического бассейна на четырех станциях на глубинах 2950-3550 м.

СЕМ. PARDALISCIDAE

Pardalisca abyssi Boek, 1871

Материал. СП-22, ст. 24, глубина 3530 м, ♂♂ 12 и 20 мм; ст. 27, 2750-2370 м, ♀ 20 мм; ст. 39, 2910-2630 м, ♂ 7 мм.

Распространение. Северная часть Атлантического океана у Норвегии и Исландии (100-1500 м), северная часть морей Карского и Лаптевых (до 24 м), у атлантического побережья Америки южнее Галифакса (160 м) [Гурьянова, 1964]. Нами отмечен в восточной и центральной частях Канадской котловины на глубинах 2630-3530 м.

Halice abyssi Boek, 1871

Материал. СП-22, ст. 14, глубина 3500 м, ♂♂ 15, 16 мм, ♀♀ 8, 9, 12 мм фрагменты; ст. 21, 3550 м, ♂♂ 6 мм фрагменты; ст. 29, 2910-2630 м, ♀ 21 мм; ст. 34, 3290 м, ♂ 14 мм.

Распространение. Западная и восточная Гренландия (180-600 м), Скандская впадина* (887-2460 м), вокруг Исландии (150-1090 м), Северное море, Скагеррак и Каттегат, юго-западное побережье Исландии, Дэвисов пролив, западная часть Баренцева моря на глубинах от 500 до 2460 м на илах [Гурьянова, 1964]. Нами отмечен в северной и восточной частях Канадской котловины на глубинах 2630-3550 м.

СЕМ. LILLJEBORGIIDAE

Lilljeborgia dubia sp. nov. (рис. 1,2)

Материал. СП-22, ст. 14, глубина 3500 м, ♂♂ 5, 26, 30 мм; ст. 21, 3550 м, ♂♂ 27, 36 мм, ♀♀ 11, 23, 26, 27, 33 мм; ст. 38, 3380 м, ♂ 31 мм; ст. 39, 3370 м, молодь 2 экз.; ст. 40, 3380 м, ♂ 25 мм, ♀ 28 мм (голотип).

Описание. Тело гладкое. Брюшной и грудной отделы без граней. 1-й и 2-й сегменты уросомы с двумя зубцами, направленными назад. Глаз нет. Добавочный жгутик A_I незначительно короче основного жгута. Жгутик A_{II} равен по длине пятому членику стебелька. Первая коксальная пластинка вытянута вперед; вторая, третья и четвертая имеют закругленный передний край. Вторые гнатоподы самцов и самок одинакового строения - с выпуклым пальмарным краем, ограниченным пучком запирательных шипов. Угол третьей эпимеральной пластинки оттянут в острый зубчик. В основании тельсона сидят две длинные щетинки. Тельсон сильно расщеплен. На концах лопастей в углублениях находится по одному длинному шипу.

Наиболее близок к *L. fissicornis*, отличаясь от нее строением вторых гнатопод.

Распространение. Канадская котловина Полярного бассейна.

СЕМ. EUSIRIDAE

Cleonardo appendiculata (G.Sars, 1879)

Материал. СП-22, ст. 53, глубина 2810 м, ♂ 12 мм.

Распространение. Известен с глубин Скандской впадины (2354 м), из Баффинова залива (1880-3000 м) и Канадской котловины (2810 м).

---

*Глубоководная часть Норвежского и Гренландского морей.

16. Зак. 1672

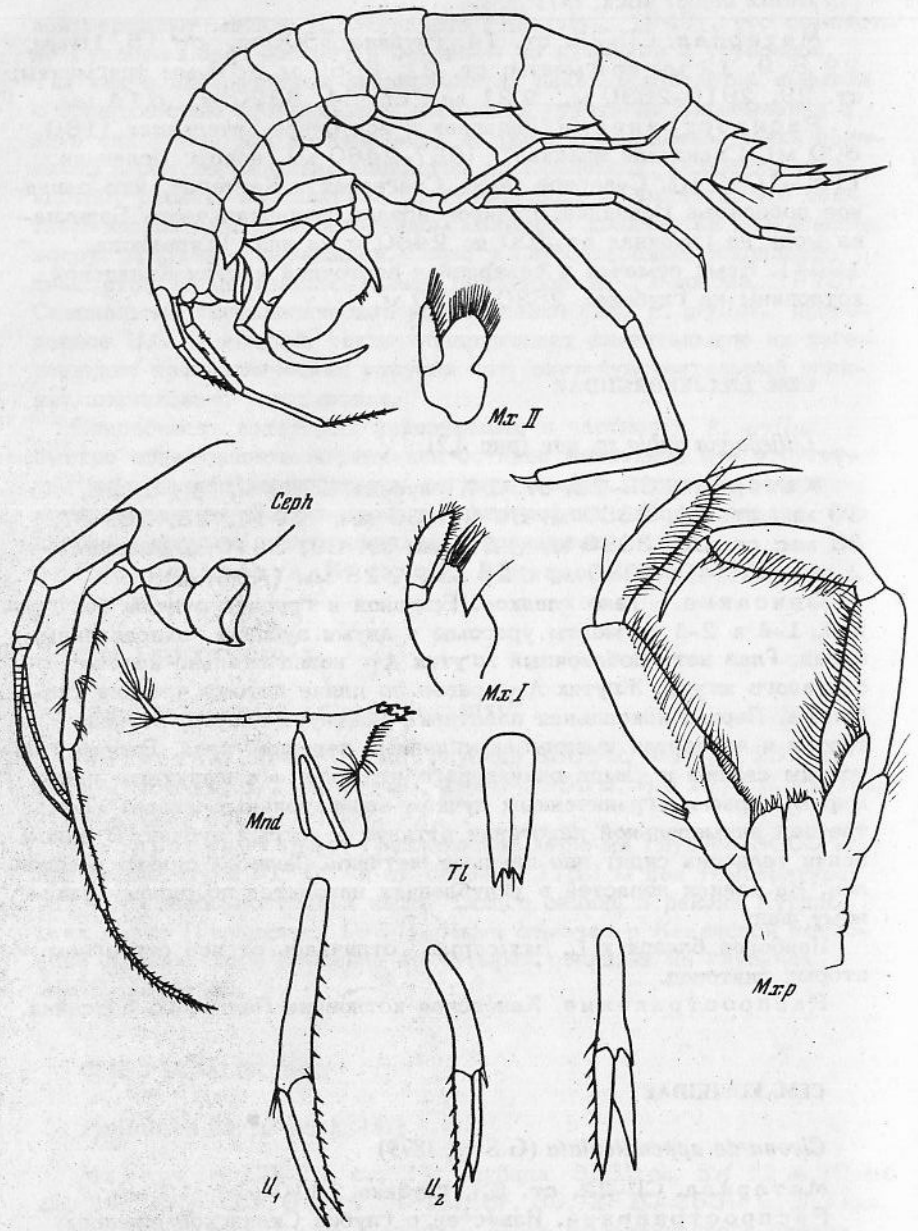


Рис. 1. *Lilljeborgia* dubia sp. nov.

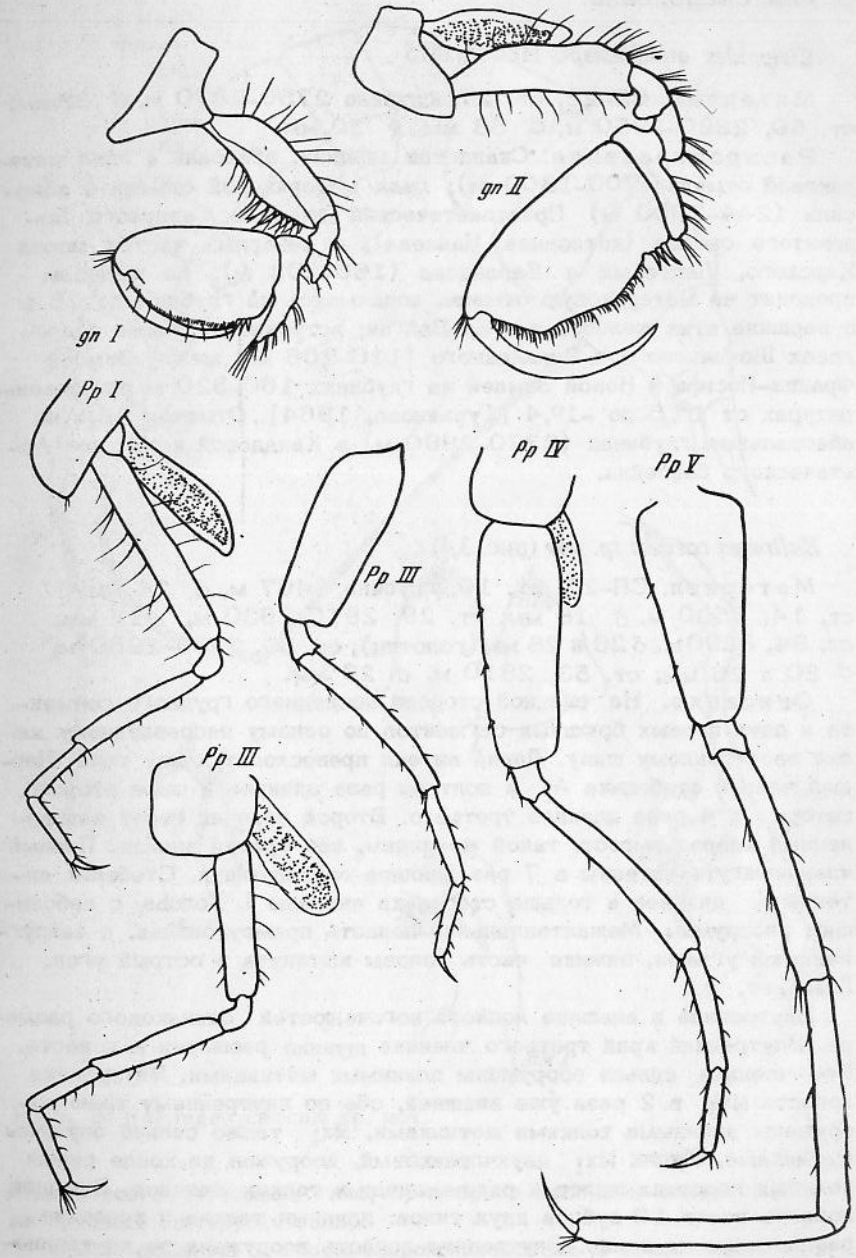


Рис. 2. *Lilljeborgia* dubia sp. nov.

Cleippides quadricuspis Heller, 1875

Материал. СП-22, ст. 27, глубина 2750–2370 м, ♂ 38 мм; ст. 50, 2990–2950 м, ♂ 53 мм, ♀ 20 мм.

Распространение. Скандская впадина, абиссаль и свал материковой отмели (700–1800 м); свал материковой отмели и абиссаль (244–2000 м) Приатлантической впадины Северного Ледовитого океана (котловина Нансена); в северных частях морей Карского, Лаптевых и Баренцева (160–203 м); по желобам проходит на материковую отмель, поднимаясь на глубины до 28 м в вершине этих желобов у о-ва Вайгач; встречается также в проливах Шокальского и Вилькицкого (110–206 м), между Землей Франца-Иосифа и Новой Землей на глубинах 160–520 м при температурах от 1°,5 до -1°,4 [Гурьянова, 1964]. Отмечен нами на абиссальных глубинах (2370–2990 м) в Канадской котловине Арктического бассейна.

Halirages caecum sp. nov (рис. 3,4)

Материал. СП-22, ст. 10, глубина 3467 м, ♂ 24 мм; ст. 14, 3530 м, ♂ 18 мм; ст. 29, 2910–2630 м, ♂ 12 мм; ст. 34, 3290 м, ♂ 26 и 28 мм (голотип); ст. 50, 2990–2950 м, ♂ 20 и 26 мм; ст. 53, 2810 м, ♂ 29 мм.

Описание. На спинной стороне последнего грудного сегмента и двух первых брюшных сегментов по одному направленному назад заостренному шипу. Длина антенн превосходит длину тела. Первый членик стебелька A_I в полтора раза длиннее и шире второго, который в 4 раза длиннее третьего. Второй членник несет направленный вперед вырост, такой же длины, как третий членик. Первый членик жгута антенны в 7 раз длиннее последующих. Стебелек антенны II длиннее и тоньше стебелька антенны I. Голова с небольшим рострумом. Межантеннальная лопасть прямоугольная, с закругленными углами, нижняя часть головы вытянута в острый угол. Глаз нет.

Внутренние и внешние лопасти ногочелюстей одинакового размера. Внутренний край третьего членика щупика расширен в лопасть. Все членики сильно вооружены длинными щетинками. Внутренняя лопасть Mx_I в 2 раза у́же внешней, обе по внутреннему краю вооружены длинными тонкими щетинками. Mx_I также сильно опущены щетинками. Щупик Mx_I двухчлениковый, вооружен на конце рядом толстых коротких шипов и рядом длинных тонких щетинок. Внешняя лопасть несет 10 зубцов двух типов: длинные тонкие и короткие раздвоенные на конце. Внутренняя лопасть вооружена по внутреннему краю щетинками. Нижняя губа с валиками на месте внутренних лопастей. Мандибулы с хорошо развитым зубным отростком.

Наиболее близок к *H. quadridentatus* и *H. gorbunovi*. От первого

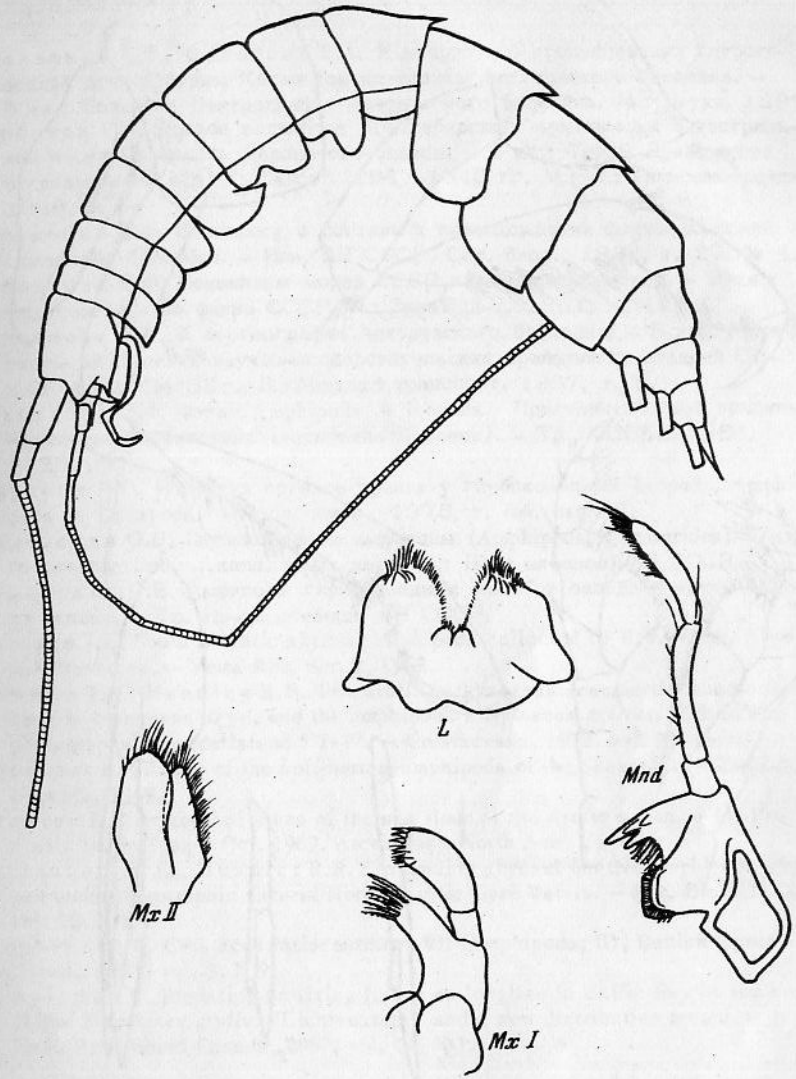


Рис. 3. *Halirages* caecum sp. nov.

отличается отсутствием глаз, от второго наличием спинного киля на грудных сегментах тела.

Таким образом, в обработанном материале с абиссальных глубин Канадской котловины Арктического бассейна нами обнаружено 8 видов амфипод. Один вид *(Eurythenes gryllus)* космополит, обитающий на глубинах от 0 до 6000 м. Три вида *(Pardalisca abyssi, Halice abyssi* и *Cleippides quadricispis)* широко эврибатные (100–3000 м) и отмечены не только в Арктике, но и в северной части

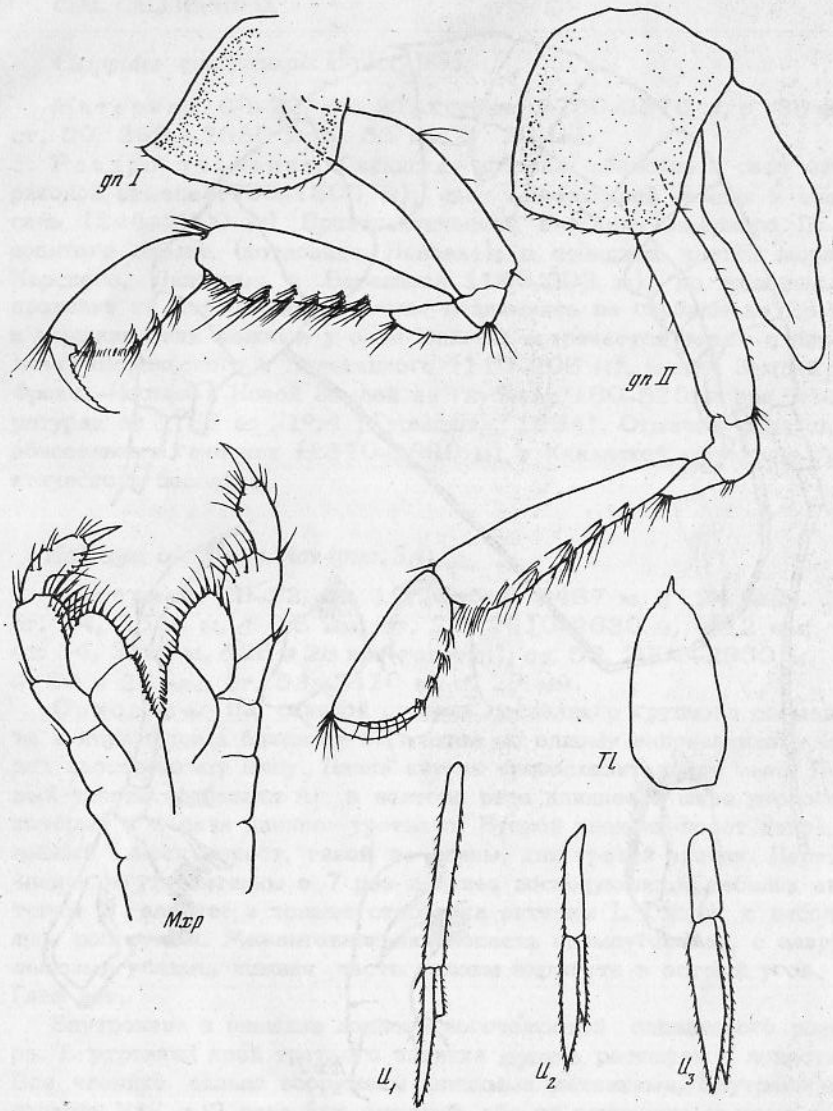


Рис. 4. *Halirages* caecum sp. nov.

Атлантического океана. Остальные 4 вида обнаружены только в абиссали; два из них (*Lilleborgia* dubia и *Halirages caecum*), вероятно, эндемики Канадской котловины, тогда как *Cleonardo appendiculata* отмечен в ряде котловин Арктического бассейна. Особого внимания заслуживает нахождение *Leucothoe uschakovi*, общего для абиссали Арктики и северной части Тихого океана.

ЛИТЕРАТУРА

Афанасьев И.Ф., Филатова З.А. К вопросу об исследованиях глубоководной донной фауны Канадской котловины Арктического бассейна. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980.

Горбунов Г.П. Донное население Новосибирского мелководья и центральной части Северного Ледовитого океана. – В кн.: Труды Дрейфующей экспедиции на л/п "Г. Седов", 1937–1940 гг. М.; Л.: Главсевморпуть, 1946, т. 3.

Гурьянова Е.Ф. К вопросу о составе и происхождении фауны абиссали Полярного бассейна. – Изв. АН СССР. Сер. биол., 1938, т. 20, № 4.

Гурьянова Е.Ф. Бокоплавы морей СССР и сопредельных вод. – В кн.: Определители по фауне СССР. Л.: Зоол. ин-т, 1951, т. 41.

Гурьянова Е.Ф. К зоогеографии Арктического бассейна. – В кн.: Материалы наблюдений научно-исследовательских дрейфующих станций СП-3 и СП-4 в 1954/55 г., Л.: Морской транспорт, 1957, т. 1.

Гурьянова Е.Ф. Фауна Amphipoda и Isopoda Приатлантической впадины Арктического бассейна (котловина Нансена). – Тр. ААНИИ, 1964, т. 259.

Жаркова И.С. Редукция органов зрения у глубоководных Isopoda, Amphipoda и Decapoda. – Зоол. журн., 1975, т. 54, вып. 2.

Каменская О.Е. Глубоководные амфиподы (Amphipoda, Gammaridea) Тихого океана: Дис. ...канд. биол. наук. М.: Ин-т океанол. АН СССР, 1977.

Каменская О.Е. Амфиподы глубоководных желобов западной части Тихого океана. – Тр. Ин-та океанол. АН СССР.

Barnard J.L. South Atlantic abyssal amphipods collected by R.V. Vema. Abyssal Crustacea. – Vema Res. Ser. 1, 1962.

Bowman T.S., Manning R.B. Two arctic bathyal crustaceans: the shrimp *Bathocaris cryonesus* n. sp. and the amphipoda *Eurythenes gryllus*, with in situ photographs ffom Ice Island "T-3". – Crustaceana, 1972, vol. 23, part 2.

Enequist P. Studies of the soft-bottom amphipods of the Skagerrak. – Zool. bidr. Uppsala, 1949.

Menzies R. The abyssal fauna of the sea floor of the Arctic ocean. – In: Proc. Arctic Basin Symp., Oct. 1962. Arctic Inst. North Amer., 1963.

Shulenberger E., Hessler R.R. Scavending abyssal benthic amphipods trapped under oligotrophic Central North Pacific Gyre Waters. – Mar. Biol., 1974, vol. 28, N 1.

Stephensen K. Crustacea Malacostraca, VI: (Amphipoda, II), Danish Ingolf-Exped., 1925, vol. 3, N 9.

Templeman W. Predation on living fishes on longline in Baffin Bay by the amphipod *Eurythenes gryllus* (Lichtenstein) and a new distribution record. – J. Fish. Res. Board Canada, 1967, vol. 24, N 1.

СОДЕРЖАНИЕ

УДК 577.472:577.4(268.9)

Изучение экосистемы пелагиали Центрального Арктического бассейна. Виноградов М.Е., Мельников И.А. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 5–14.

Краткий обзор и критический анализ гидробиологических исследований в Центральном Арктическом бассейне за сто лет. Изложены задачи наблюдений на дрейфующих станциях "Северный полюс" за составом и структурой сообществ пелагиали.

Табл. 1, ил. 1, библ. 56 назв.

УДК 551.464.628:554.465.42(268)

Гидрохимическая характеристика поверхностных вод Арктического бассейна. Русанов В.П. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 15–35.

На основе обобщения материалов гидрохимических наблюдений выполнено химико-океанографическое районирование поверхностных вод Арктического бассейна и установлены средние многолетние характеристики для каждого типа вод. Рассмотрены генезис, ареал распространения и циркуляция каждого типа поверхностных вод, а также их химические и биологические особенности.

Табл. 4, ил. 4, библ. 13 назв.

УДК 551.321:626.02+551.326.3(268)

Морфология поверхностей льдов Арктического бассейна. Грищенко В.Д. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 35–55.

На основе анализа материалов надледных и подводных наблюдений на дрейфующих станциях "Северный полюс" рассмотрены особенности пространственно-временной изменчивости рельефа верхней и нижней поверхностей различных видов льдов Арктического бассейна.

Табл. 5, ил. 14, библ. 20 назв.

УДК 577.472:551.467(268.9)

Краткий исторический обзор криобиологических исследований в Северном Ледовитом океане. Мельников И.А. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, с. 56–61.

Обзор литературных данных о составе и распределении снежной и ледовой флоры в Северном Ледовитом океане. Дается краткий анализ криобиологических исследований, проводившихся вплоть до последнего десятилетия.

Библ. 45 назв.

УДК 577.472:577.4:551.467

Экосистема арктического дрейфующего льда. Мельников И.А. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 61–97.

На основании сезонных наблюдений на станциях СП-22 и СП-23 в 1975–1978 гг. показано, что толща льда и его верхняя и нижняя поверхности представляют собой три различные биотопа. Для каждого из них отмечен специфический состав флоры и фауны, в распределении которых наблюдается вертикальная зональность. Несмотря на подвижность и изменчивость субстрата, лед сохраняет постоянным состав обитающих в нем организмов, что позволяет рассматривать его как целостную экологическую систему, поток энергии в которой направлен снизу вверх. Рассматриваются вопросы биосинтеза на всех стадиях сукцессии дрейфующего льда.

Табл. 5, ил. 13, библ. 65 назв.

УДК 577.475(268.9)

Криопелагическая фауна Центрального Арктического бассейна. Мельников И.А., Куликов А.С. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 97–111.

В течение годичного цикла работ на станции СП-23 в Амеразийском суббассейне в 1977–1978 гг. наблюдали и исследовали фауну, биотопически связанную с морской поверхностью льда. Материал собран при водолазных подледных погружениях и вертикальных сетных ловах планктона от поверхности до дна. У льда встречено 43 вида животных, относящихся к следующим таксонам: Foraminifera, Rotatoria, Nematoda, Polychaeta, Chaetognatha, Copepoda, Mysida, Isopoda, Amphipoda, Decapoda, Pteropoda, Appendicularia. Выделены три экологические группировки видов, жизненный цикл которых частично или полностью связан со льдом: автохтонная, аллохтонная и группа случайных видов, появление которых у льда вызвано действием географического или гидрологического фактора. В первую из них входят: *Gammarus wilkitzkii, Mysis polaris, Derjuginia* af. *tolli, Harpacticus superflexus, Tisbe furcata*; во вторую – *Apherusa glacialis, Metopa longirama, Neupleustes* sp., *Pseudalibrotus nanseni, P. glacialis, Gammaracanthus loricatus*. Третья группа представлена более чем 30 видами, среди которых доминируют планктонные каляниды. Обсуждаются вопросы экологии криофильной фауны.

Табл. 6, библ. 29 назв.

УДК 577.457(268.8)

К экологии двух видов гаммарид (Amphipoda, Gammaroidea) и мизиды (Mysidacea) в криопелагическом биоценозе Центрального Арктического бассейна. Куликов А.С. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 111–118.

По материалам, собранным над глубинами более 2500 м, рассмотрен размерный состав гемипопуляций *Mysis polaris, Gammarus wilkitzkii* и *Apherusa glacialis*. Показано, что размерный состав исследованных

проб из Центрального Арктического бассейна оказался иным, чем из вод шельфа окраинных арктических морей.

Ил. 6, библ. 6 назв.

УДК 551.467:577.475

Механизмы заселения морского льда и возможности развития в нем микрофлоры. Цуриков В.Л. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 118–132.

На основании имеющихся литературных данных рассматриваются структура морского льда (скелетный слой, ячейки с рассолом, каналы стока), объем рассола во льду, включение солей в лед, его опреснение (особое внимание уделяется обмену между рассолом и морской водой через каналы стока). Отмечается, что возможны три механизма включения в лед микроорганизмов и минеральных частиц: при замерзании в выступившей на лед воды, с нижней поверхности путем вмерзания в нарастающий лед и по каналам стока, которые объясняют все формы поселения водорослей во льду. Анализируются условия освещенности во льду и количества содержащихся в нем питательных солей и хлорофилла "а", которые часто бывают большими, чем в подледной воде. Причины их высокого содержания во льду требуют дальнейших исследований. Несомненно, что во включенном в лед рассоле водоросли могут не только жить, но и размножаться.

Ил. 7, библ. 29 назв.

УДК 577.475(268.9)

Фитопланктон района дрейфа станции "Северный полюс–22". Беляева Т.В. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 133–142.

По материалам станции СП–22 исследованы состав и сезонное распределение фитопланктона. Арктическая весна (июль) характеризуется увеличением пеннатных диатомей. Максимум численности фитопланктона наблюдался 7 июля. Увеличение роли центрических диатомей свидетельствовало о начале биологического лета в Арктике, которое, по нашим данным, приходилось на вторую половину августа. Численность центрических диатомей в это время составляла 53% общей численности диатомей. Наблюдалось два максимума численности фитопланктона: весенний – 184500 кл./л (7 июля) и второй, осенний – 19500 кл./л (3 сентября). В конце сентября и начале октября плотность популяции резко сокращается до 3000 кл./л (7 октября).

Табл. 1, ил. 5, библ. 11 назв.

УДК 577.472(26)577.475

О некоторых закономерностях в жизни планктона Центрального Арктического бассейна. Павштикс Е.А. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 142–154.

На основании круглогодичных наблюдений дрейфующих станций "Северный полюс", собравших в 1950–1957 и 1968–1974 гг. в 257

точках 1638 проб зоопланктона, установлено, что, несмотря на то, что температура воды у поверхности очень низка (–1,7°) и почти не изменяется в течение года, в центральной части Арктического бассейна в слое 250–0 м существуют сезонные изменения в составе и численности зоопланктона. В светлый период сюда для откорма и размножения, чередуясь во времени, мигрируют 90% планктонных организмов, в первую очередь каляниды.

Летом под дрейфующими льдами у поверхности размножаются каляниды, зимой – боксплавы (криофауна), поэтому биомасса сестона от сезона к сезону изменяется мало. Над хребтом Ломоносова биомасса сестона 200–500 мг/м^3, над его склонами 100–200 мг/м^3, а над котловинами менее 50 мг/м^3. Пятна высокой биомассы сестона (до 1000 мг/м^3) наблюдаются в районах встречи трансформированных атлантических и тихоокеанских вод.

Илл. 3, библиогр. 40 назв.

УДК 595.34(268.9)

Сезонные изменения вертикального распределения некоторых массовых видов копепод Арктического бассейна. Гейнрих А.К., Кособокова К.Н., Рудяков Ю.А. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 155–166.

В высокой Арктике все копеподитные стадии *Calanus hyperboreus* и *C. glacialis* (кроме взрослых самцов) в период летнего развития фитопланктона откармливаются в верхних слоях воды. Взрослые самки и III–V копеподиты *Metridia longa* весной – в начале лета находятся глубже, чем в остальное время года, а глубина обитания I–II копеподитов не обнаруживает существенных сезонных изменений. Самцы изученных видов обитают глубже самок. Характер онтогенетической миграции сходен: взрослые самки и I копеподиты в среднем обитают на меньшей глубине, чем копеподиты III–IV стадии. Размах онтогенетической миграции не превышает 500–600 м у *C. hyperboreus* и 150–250 м у двух других видов. Размах сезонных миграций в 1,5–3 раза больше. В отличие от массовых калянид умеренных вод северного и южного полушария молодые копеподиты калянид высокой Арктики совершают сезонные миграции значительного размаха. По-видимому, эти перемещения оказываются возможными из-за малой скорости развития более широкого спектра питания и малой определенности сезона размножения.

Табл. 3, ил. 4, библ. 12 назв.

УДК 596.34(268.9)

Сезонные изменения вертикального распределения и возрастного состава популяций *Microcalanus pygmaeus, Oithona similis, Oncaea borealis* и *O. notopus* в Центральном Арктическом бассейне. К.Н. Кособокова. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с.167–182.

По материалам, собранным на дрейфующих станциях СП–22 и СП–23 в 1975–1977 гг., рассмотрены сезонные изменения вертикального распределения и возрастного состава популяций массовых мелких планктон-

ных копепод *Microcalanus pygmaeus, Oithona similis, Oncaea borealis* и *O. notopus*. Перечисленные виды совершают сезонные вертикальные миграции, которые характеризуются подъемом в поверхностные слои и концентрацией в них в период вегетации фитопланктона и нахождением на больших глубинах в остальную часть года. Средние глубины обитания особей трех первых видов в процессе онтогенеза изменяются. У разных копеподитных стадий миграции выражены в разной степени и усиливаются с возрастом. Слои доминирования *O. notopus* и *O. borealis* в основном не перекрываются по вертикали.

Табл. 1, ил. 6, библ. 32 назв.

УДК 577.475(268.9)

Ловы без замыкания как метод изучения вертикального и горизонтального распределения пелагических организмов в Арктике. Кособокова К.Н., Куликов А.С., Рудяков Ю.А. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 183–195.

Изучение вертикального распределения планктона можно проводить либо послойными ловами посредством замыкающихся сетей, либо тотальными ловами с некоторых выбранных глубин до поверхности. Последний способ – метод ступенчатых ловов – отличается простотой и надежностью необходимого оборудования, дает правильное представление о глубине обитания пелагических организмов, а при условии применения крупноячеистых сетей позволяет получить и несмещенные оценки их обилия. Лабораторная обработка проб, полученных методом ступенчатых ловов, требует значительно большего времени, чем проб, полученных замыкающейся сетью, но это увеличение стоимости в значительной мере окупается большей информативностью полученных данных. Это выражается в увеличении надежности оценок обилия, в получении сведений относительно распределения редких форм и в возможности изучения неоднородностей горизонтального распределения планктона. Степень агрегированности зоопланктона в приполюсном районе Арктического бассейна оказалась приблизительно такой же, что и в других районах Мирового океана.

Табл. 4, ил. 3, библ. 17 назв.

УДК 597(268.9)

О массовых скоплениях криопелагических тресковых рыб *Boreogadus saida* и *Arctogadus glacialis* в околополюсных районах Арктики. Андрияшев А.П., Мухомедияров Б.Ф., Павштикс Е.А. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 196–211.

Описаны случаи массового подледного лова сайки, *Boreogadus saida* (Lep.) и ледовой трески, *Arctogadus glacialis* (Peters) в высоких широтах Арктического бассейна с замечаниями о криопелагических рыбах.

Табл. 6, ил. 3, библ. 24 назв.

УДК 597(268.9)

О нахождении *Liparis koefoedi* (Liparidae, Osteichthyes) в водах Центрального Арктического бассейна. Циновский В.Д., Мельников И.А. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 211–214.

Сообщается о нахождении молоди *Liparis koefoedi* Parr, типичного нектобентического вида, под дрейфующим льдом над глубинами 2 км. Обсуждаются некоторые экологические вопросы и причины проявления особей этого вида в эпипелагиали Центрального Арктического бассейна.

Библ. 13 назв.

УДК 597.(268.9)

К ихтиофауне глубоководных котловин Центрального Арктического бассейна. Циновский В.Д. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 214–218.

Дается методика проведения глубоководных ихтиологических работ с дрейфующего льда в центральной части Арктического бассейна. Приводятся данные о нахождениях глубоководных рыб из семейств Zoarcidae и Liparidae в этом районе с описанием собранной коллекции.

Библ. 7 назв.

УДК 577.472(268.9)

К вопросу об исследованиях глубоководной донной фауны Канадской котловины Арктического бассейна. Афанасьев И.Ф., Филатова З.А. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 219–229.

Предварительные результаты обработки траловых проб донной фауны, собранных на дрейфующей станции СП-22 в 1976–1977 гг. Всего получено 50 проб донной макрофауны на глубине 2600–3550 м в Канадской котловине. Определено около 40 видов животных, относящихся к 12 группам. Общая биомасса низкая, менее 1 г/м^2; преобладают пустые створки. Среди двухстворчатых моллюсков преобладают североатлантические формы.

Ил. 2, библ. 15 назв.

УДК 595.14(268.9)

К фауне полихет абиссали Канадской котловины. Жирков И.А. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 229–236.

В абиссали Канадской котловины на глубинах более 2000 м найдено 6 видов полихет (без полиноид и акроциррид). На основе этих, а также всех других доступных данных составлен новый список арктической абиссальной фауны полихет (без полиноид), включающий 19 видов. Обсуждаются зоогеографические связи между этой фауной и абиссаль-

ными фаунами других частей Мирового океана. Предлагается повысить зоогеографический ранг арктической абиссали с подобласти (или области) до равного рангу всей абиссали Мирового океана.

Табл. 1, библ. 20 назв.

УДК 593.62(268.5)

Пеннатулярии *Umbellula encrinus* (L.) из Канадской котловины Северного Ледовитого океана. Пастернак Ф.А. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 236–239.

В восточной части Северного Ледовитого океана на глубине 266 м собрано четыре и на глубине 1739 м одна колония морских перьев *Umbellula encrinus*. В батиали Канадской котловины этот вид обнаружен впервые. Дается описание собранных колоний и обсуждается таксономическая самостоятельность *U. encrinus*.

Табл. 1, библ. 7 назв.

УДК 594.81:591.9(26)

О глубоководном нахождении брахиопод в Арктическом бассейне. Зезина О.Н. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, с. 240–241.

В траловых сборах глубоководного бентоса, выполненных в северной части Канадской котловины на глубине 2747 м в период работы дрейфующей станции "Северный полюс–22" в 1976–1977 гг. обнаружена раковина всесветно распространенного вида беззамковых брахиопод *Pelagodiscus atlanticus* (King). Это наиболее глубоководное нахождение брахиопод в Северном Ледовитом океане и первое обнаружение данного вида в Арктическом бассейне.

Библ. 5 назв.

УДК 595.371(268.9)

Глубоководные амфиподы (Amphipoda, Gammaridea) из сборов экспедиции дрейфующей станции "Северный полюс–22" (I). Каменская О.Е. – В кн.: Биология Центрального Арктического бассейна. М.: Наука, 1980, с. 241–251.

В Канадской котловине Арктического бассейна на глубинах 2710–3580 м амфиподы обнаружены на 30 станциях из 45. По предварительным данным, встретились 17 видов из семейств Lysianassidae, Leucothoidae, Calliopiidae, Stegocephalidae, Phoxocephalidae, Eusiridae, Lilljeborgiidae, Oedicerotidae, Pardaliscidae. Приводятся материалы по экологии и распространению восьми наиболее часто встречающихся видов.

Ил. 4, библ. 16 назв.

2 р. 80 к.