

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ПЕЛАГИАЛИ ЦЕНТРАЛЬНОГО АРКТИЧЕСКОГО БАСЕЙНА

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, обуславливающего 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 стает 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
T-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	"	"
T-3, Bravo, 1957	Общая гидробиология, первичная продукция	Apollonio, 1959
"Alpha", 1957-1958	Общая гидробиология, зоопланктон	English, 1959, 1961; Johnson, 1963
T-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
T-3, 1963-1964	Зоопланктон	Harding, 1966; Hunkins, 1965
T-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 общепрограммных 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-

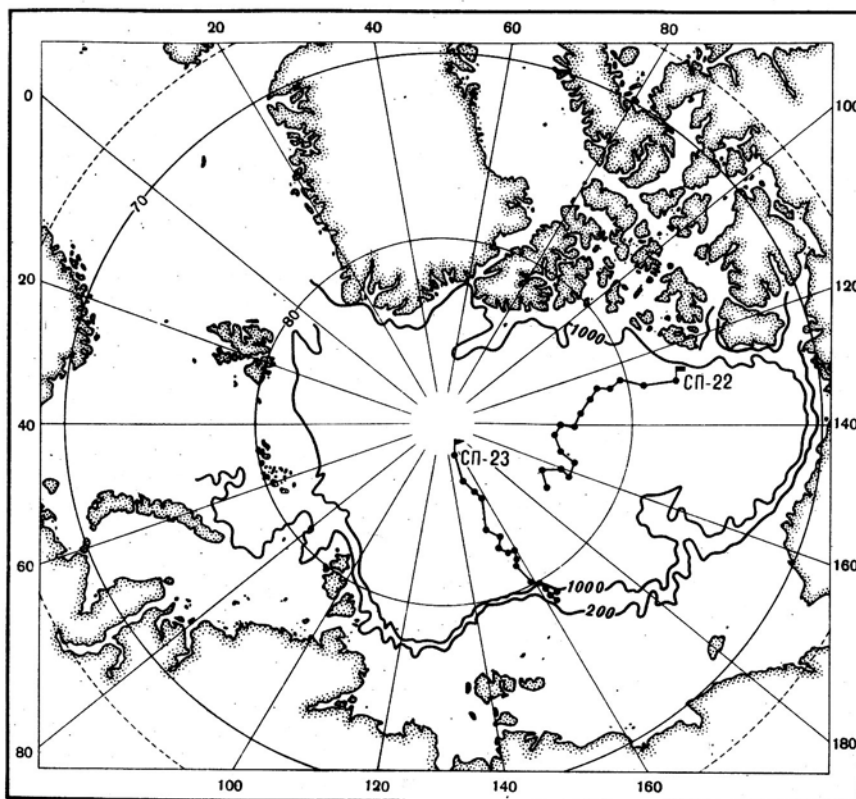


Схема дрейфа станции СП-22 и СП-23 в 1975-1978 гг.

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 снежниках, 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., Цинковский 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. 1st Intern. Oceanogr. Congr. New York, 1959.