

УДК 574.58 УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ

**БИОТА МОРСКОГО ПОРТА НЕВЕЛЬСК  
ПОСЛЕ СЕЙСМОГЕННОЙ ДЕФОРМАЦИИ  
ШЕЛЬФА****О. Н. Мухаметова (o.muhametova@sakhniro.ru), В. С. Лабай,  
Д. А. Галанин, И. А. Агаманова, И. В. Мотылькова,  
В. А. Сергеев, Н. В. Коновалова**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»)Сахалинский филиал («СахНИРО»)  
Россия, г. Южно-Сахалинск, 693023, ул. Комсомольская, 196

**Мухаметова О. Н., Лабай В. С., Галанин Д. А. и др.** Биота морского порта Невельск после сейсмогенной деформации шельфа // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2022. – Т. 18. – С. 154–178.

В работе представлены результаты комплексных исследований биоты, выполненных в морском порту Невельск через два года после сейсмогенной деформации шельфа, в апреле 2009 г. Сокращение трафика судов и снижение общей техногенной нагрузки в результате снижения глубин у входа в порт благоприятно сказались на развитии планктонных и бентосных сообществ. Средняя биомасса фитопланктона ( $1313 \text{ мг/м}^3$ ) была близка к биомассе в прилежащих водах и выше биомасс, полученных в порту Невельск до и сразу после землетрясения. Снижение в 2009 г. численности эвгленовых свидетельствовало о самоочищении акватории. На большей части порта, занятой илисто-песчаными грунтами, сформировались достаточно изолированные фито- и зообентосные сообщества с высокими показателями обилия. В подходном канале и по сторонам от фарватера сохранились сообщества твердых грунтов, сходные с типовыми сообществами открытого побережья. Средняя биомасса фитобентоса составила  $916 \text{ г/м}^2$ , зообентоса –  $569 \text{ г/м}^2$ .

Морские ежи, брюхоногие и двустворчатые моллюски формировали основу биомассы зообентоса. В фитобентосе 90% биомассы приходилось на красные водоросли. К основным промысловым объектам относились *Strongylocentrotus intermedius*, брюхоногие моллюски рода *Neptunea*, *Saccharina japonica*, общий запас которых оценен соответственно в 136, 23,2 и 2,3 т. Негативные тенденции заключались в снижении биомассы зоопланктона до  $138 \text{ мг/м}^3$  за счет увеличения численности мелкоразмерных нектобентических Naupliidae и сокращении численности некоторых групп голо- и меропланктона. Образовавшиеся после землетрясения у входа в порт каменистые отмели могли стать препятствием для нерестовых миграций пелагофилов. Икра рыб в уловах отсутствовала. Личинки имели невысокую численность ( $0,2\text{--}0,4 \text{ экз./м}^3$ ) и, за редким исключением, встречались только в подходном канале.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** порт Невельск, о. Сахалин, фитопланктон, зоопланктон, ихтиопланктон, бентос, промысловые беспозвоночные.

**Табл. – 4, ил. – 6, библиогр. – 58.**

**Mukhametova O. N., Labay V. S., Galanin D. A. et al.** Biota in the seaport of Nevelsk after seismogenic deformation of shelf // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the "SakhNIRO". – Yuzhno-Sakhalinsk : "SakhNIRO", 2022. – Vol. 18. – P. 154–178.

The paper presents the results of comprehensive study of biota, carried out in the seaport of Nevelsk after two years from seismogenic deformation of the shelf, in April 2009. The reduction in vessel traffic and decline of total technogenic press because of depth decrease at the port entrance formed positive conditions for existence of plankton and benthic communities. The average phytoplankton biomass (1313 mg/m<sup>3</sup>) was close to the biomass in adjacent waters and higher than the biomass, which was obtained in the port of Nevelsk before and immediately after the earthquake. Decrease in number of Euglenophyta in 2009 indicated the process of self-purification of the area. Isolated phyto- and zoobenthic communities with high abundance were formed in the vast area of the port, occupied by soft sediments. Communities of solid soils, similar to the typical communities of the open coastal area were preserved in the port entry and on the both sides of the fairway. The average biomass of phytobenthos was 916 g/m<sup>2</sup> and the average biomass of zoobenthos was 569 g/m<sup>2</sup>.

Sea urchins, gastropods and bivalves dominated in biomass of zoobenthos. About 90% of phytobenthos biomass was formed by Rhodophyta. The total stocks were calculated for sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* (136 t), gastropods of *Neptunea* genus (23.2 t) and brown algae *Saccharina japonica* (2.3 t), which are the main commercial objects in adjacent waters. Negative trends were indicated by decrease in zooplankton biomass to 138 mg/m<sup>3</sup> due to an increase in number of small-sized nektobenthic Harpacticoidae and a decline in abundance of some groups of holo- and meroplankton. Rocky shallows which appeared after the earthquake in the entry of the port could become the obstacles to spawning migrations of fishes. There were no fish eggs in ichthyoplankton catches. Fish larvae characterized by low abundance (0.2–0.4 ind./m<sup>3</sup>) and, with rare exceptions, were found only in the entry channel of the port.

**KEYWORDS:** seaport of Nevelsk, Sakhalin, phytoplankton, zooplankton, ichthyoplakton, benthos, commercial invertebrates.

**Tabl. – 4, fig. – 6, ref. – 58.**

## ВВЕДЕНИЕ

Морские порты Сахалина можно отнести к антропогенно нарушенным участкам, находящимся под постоянным воздействием судоходства и периодически подвергающимся другим видам плановых (реконструкция и строительство гидротехнических сооружений, дноуглубление) и аварийных (разливы нефтепродуктов) техногенных нагрузок. В то же время порты остаются важными рыбохозяйственными акваториями, нуждающимися в комплексном мониторинге, широко применяющемся как инструмент оценки состояния морских сообществ не только в России (Белан и др., 2009; Федорец и др., 2012; Косьяненко и др., 2013), но и в других странах (Mandic et al., 2019).

По экологическому риску Невельский порт занимает одно из первых мест среди портов Азиатско-Тихоокеанского региона (Кофф, Барсукова, 2012), что подтверждается периодически возникающими аварийными ситуациями (Марыжихин и др., 2016). Несмотря на то, что морской порт Невельск является первым сахалинским портом, строительство которого было начато еще в 1916 г. под юрисдикцией Японии, данных по биоте данного района очень мало. Частично информацию о качественном и количественном составе планктона и бентоса можно почерпнуть из результатов судовых исследований, выполнявшихся в разные годы в юго-восточной части Татарского пролива.

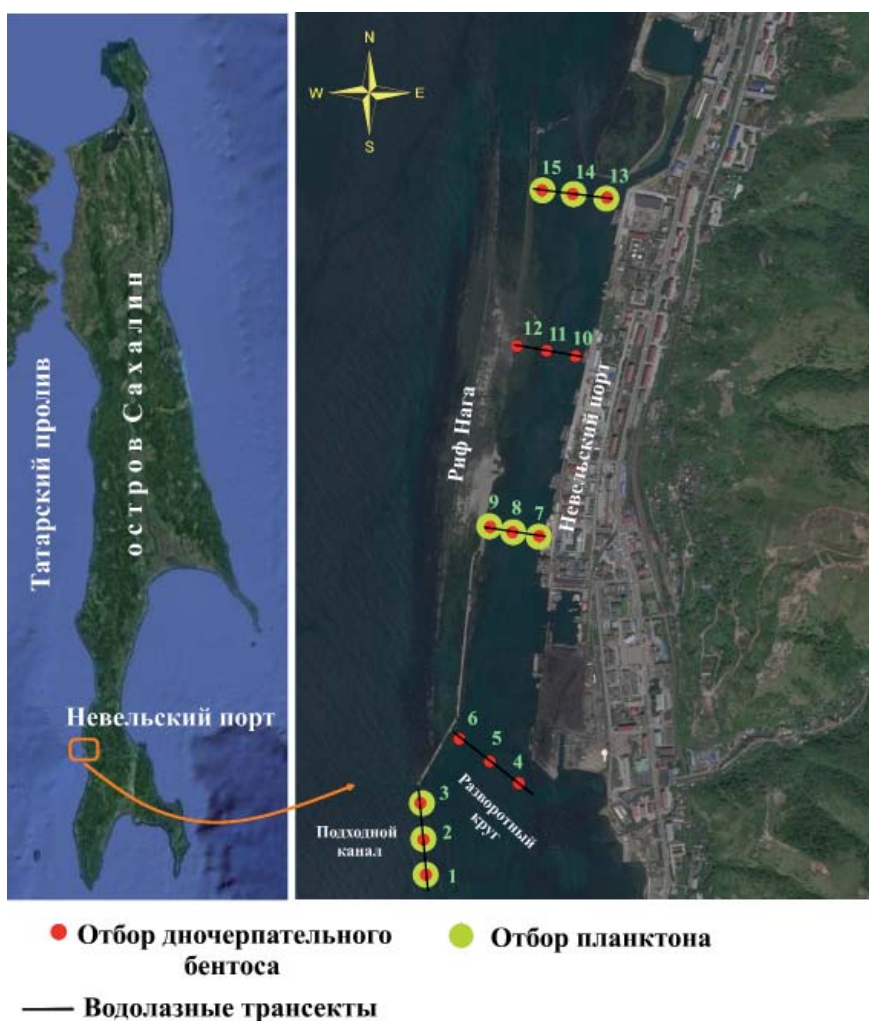
К недостаткам таких исследований можно отнести разреженную сетку станций (Гайл, 1963; Федотова, 1982; Нуждин, 1994; Долганова, Степаненко, 2000; Moukhametova, 2012; Колпаков и др., 2018), не позволяющую вычленить многочисленные локальные сообщества, формирующиеся в прибрежье. Невельское

землетрясение 2 августа 2007 г. дало толчок к активизации биологических, геологических, ландшафтных исследований в районе порта и на прилегающей акватории (Левин и др., 2009; Ломтев, 2010; Калганова, Шувалова, 2012; Петров, 2020). Но только через два года после землетрясения появилась возможность комплексного изучения акватории порта, дополнительно обособленной от вод Татарского пролива поднявшимся шельфом.

Цель представляемой работы – описание комплекса планктонных и бентосных сообществ в морском порту Невельск.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Гидробиологические исследования были выполнены в апреле 2009 г. Работы осуществляли с моторных лодок «Фаворит». Донных беспозвоночных и водоросли отбирали на пяти разрезах, планктон – на трех (рис. 1).



**Рис. 1.** Район исследований и схема станций (использованы карты Google URL: <https://google-karty.ru/sahalinskaja-oblast>)

**Fig. 1.** Study area and scheme of stations (Google maps URL: <https://google-karty.ru/sahalinskaja-oblast>)

Пробы *фитопланктона* отбирали в поверхностном и придонном горизонте при помощи батометра Нискина объемом 5 л (табл. 1). Для фиксации использовали раствор Уотермеля (Федоров, 1979). Обработку проб осуществляли в камеральных условиях. Пробы фитопланктона концентрировали с помощью воронки обратной фильтрации через нуклеопоровые лавсановые фильтры с диаметром пор 3 мкм (Федоров, 1979). Подсчет клеток и идентификация видов проводились под световым (МБИ-15) и флуоресцентным (LEICA) микроскопами в камере Нажотта объемом 0,005 мл. Крупные и редкие виды определяли в камере типа «Пенал» объемом 1 мл. Учитывали как планктонные, так и бентические формы микроводорослей. Биомассу клеток рассчитывали, приравнивая их к определенным геометрическим фигурам (Кольцова, 1970).

Таблица 1

**Объем гидробиологического материала, собранного в морском порту Невельск в апреле 2009 г.**

Table 1

**Number of samples collected in the seaport of Nevelsk in April 2009**

Объект исследований	Число станций	Число проб на одной станции	Всего проб
Фитопланктон	9	2	18
Зоопланктон	9	1	9
Ихтиопланктон	9	2	18
Дночерпательный бентос	15	3	45
Водолазный бентос	15	2–3	31

*Зоопланктон* облавливали от дна до поверхности сетью Джели с диаметром входного отверстия 37 см и размером ячеи 0,16 мм. Планктонные организмы подсчитывали в камере Богорова в подпробе объемом 1/5–1/20 от исходной, в зависимости от обилия организмов (Инструкция по количественной..., 1982). Затем просматривали оставшуюся часть пробы для идентификации и подсчета малочисленных форм. Определение организмов проводили с помощью определителей для каждой систематической группы. Затем полученные данные переводили на всю пробу, определяли количество зоопланктона во всей пробе и в кубическом метре. Биомассу находили при помощи таблиц стандартных весов и номограмм Численко (Численко, 1968; Микулич, Родионов, 1975; Борисов, 2004).

Отбор проб *ихтиопланктона* выполняли двумя способами: тотальным обловом от дна до поверхности и тралением в поверхностном горизонте на протяжении 200 м. Для сбора использовали сеть ИКС-50 с площадью входного отверстия 0,2 м<sup>2</sup> и размером ячеи 0,33 мм (Расс, Казанова, 1966). В лабораторных условиях пробы просматривали под биноклем МБС-10. Для идентификации икры и личинок рыб использовали атласы и определители.

*Донных гидробионтов* собирали двумя способами – дночерпательным и водолазным. Дночерпательный бентос брали с трехкратной повторностью на каждой станции малым дночерпателем Ван-Вина с площадью пробоотбора 0,0225 м<sup>2</sup> (Rumohr, 1999; Methods for the study..., 2005). Промысловый и потенциально промысловый бентос учитывали водолазным способом на пяти разрезах

с применением методики площадного учета гидробионтов (**Foster, 1959; Скаплато и др., 1964**). На каждой станции измеряли глубину, определяли тип грунта и проективное покрытие растительностью. В поверхностном и придонном слоях при помощи многопараметрического зонда YSI измеряли температуру и соленость. Для фиксации проб зоопланктона, ихтиопланктона и бентоса использовали 4%-ный раствор формальдегида.

Измерение донных организмов, в зависимости от размера животных, выполняли с помощью окуляра-микрометра, штангенциркуля или мерной ленты. Для взвешивания мелких организмов бентоса использовали весы Sartorius с точностью до 0,001 г. Крупных донных животных и водоросли взвешивали на весах Tanita с точностью до 0,01 г и GPG5A с точностью до 1 г.

При выделении донных сообществ использовали индекс ценотического сходства, впервые предложенный А. А. Шорыгиным (**Шорыгин, 1939**):

$$C_{xy} = \Sigma(MIN p_x, p_y),$$

где:  $p$  – доля (%) данного вида в общей биомассе соответственно на станциях  $x$  и  $y$ . Пробы считались отобранными из одного сообщества при превышении значения индекса 40%. Кластеризацию исходных матриц осуществляли по методу невзвешенных парно-групповых средних (unweighted pair-group average) (**Дюран, Одел, 1977**).

Для оценки степени зрелости сообществ в ряду сукцессионных изменений применялся ABC-метод в математическом выражении. Положительные значения этого индекса ( $I_{ABC}$ ) соответствуют сообществам на поздних стадиях сукцессии (стабильным); отрицательные – сообществам на ранних стадиях сукцессии; близкие к 0 – сообществам в состоянии неустойчивого равновесия. Для оценки видового разнообразия донных сообществ использовался индекс видового разнообразия Шеннона-Уивера ( $I_{Bo}$ ) (**Лебедева и др., 2002**).

Названия морских гидробионтов приведены по Algae Base и World Register of marine species (WORMS) (**Algae Base..., 2022; World Register..., 2022**). Статистическую обработку данных выполняли в программе Microsoft Excel. Построение карт распределения и подсчет запаса промысловых беспозвоночных выполнены в программе “Surfer”.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Условия обитания гидробионтов в порту.** Незамерзающий морской порт Невельск с круглогодичной навигацией находится в южной части залива Невельского (Татарский пролив). Прибрежный участок в районе порта представляет собой плоскую каменистую плиту – бенч шириной 30–200 м с глубинами 0–0,7 м (в среднем 0,3–0,4 м) (**Петров, 1999, 2020**). По мористому краю бенча, а иногда и в средней части на расстоянии 200–300 м от берега, наблюдается подъем скальных пород, образующих каменистую гряду шириной около 90–100 м и длиной 2,2 км – риф Нага (**Вилкова, 1999**). Риф является природным волноломом, частично защищающим акваторию от западных ветров и прибоа. Порт Невельск создан путем устройства двух волноломов, примыкающих к рифу Нага и прикрывающих естественную лагуну с севера и с юга.

На формирование морских сообществ в порту оказывают влияние приливы, имеющие смешанный характер с преобладанием суточных волн, и постоянное течение, направленное на юг. В апреле в Татарском проливе происходит

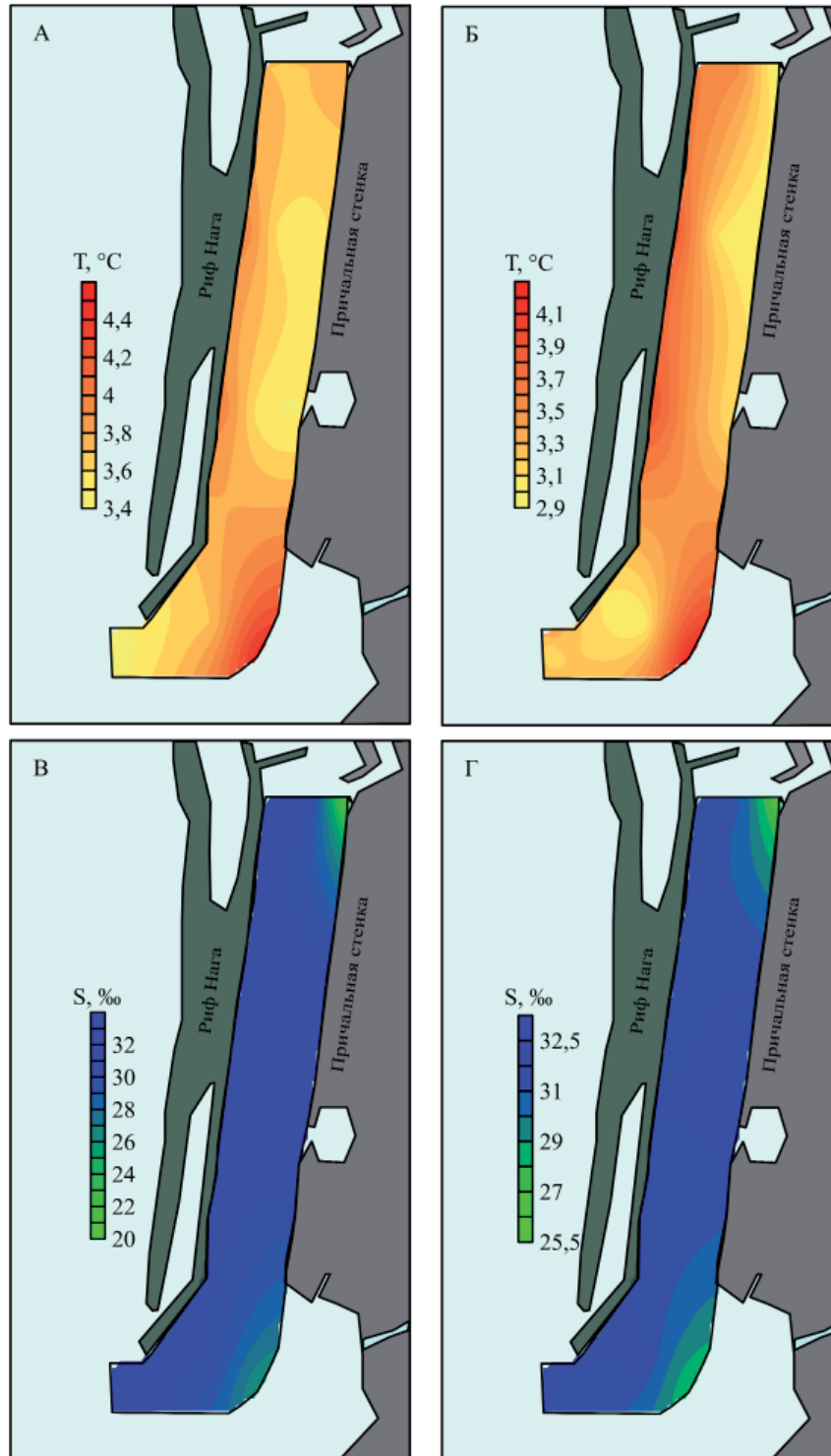
смена типа циркуляции вод с зимнего на летний, сопровождающаяся усилением основных течений – Цусимского и Западно-Сахалинского (**Долганова, Степаненко, 2000**). Интенсивность нагонов в это время бывает максимальной – в среднем 30–40 см, тогда как летом (июнь–июль) не превышает 20 см (**Афанасьев, 2020**), соответственно, проникновение морских вод на внутреннюю изолированную акваторию порта в апреле усиливается. Увеличение солености происходит по мере удаления от мелководий. Термоклин залегает за пределами района работ на глубине около 20 м. Максимальный прогрев воды в районе порта приходится на август и сентябрь (**Калганова, Шувалова, 2012; Марыжихин, Шевченко, 2015; Шевченко и др., 2018**).

Случившееся 2 августа 2007 г. вблизи порта Невельск землетрясение магнитудой 6,2 балла привело к почти мгновенному подъему абразионного шельфа (**Левин и др., 2009**). Бенч, примыкающий к г. Невельску, поднялся на 0,5–1,5 м и значительно увеличил при этом площадь побережья. При осушении прибрежной зоны была отмечена гибель сообществ верхней сублиторали и литорали, включая рыб (**Ломтев, 2010**). Сейсмогенное поднятие сублиторали привело к ослаблению проникновения морских вод в акваторию порта и еще большей изоляции морских сообществ.

В 2009 г. глубины в районе исследований изменялись от 1 до 10 м. Во внутренней части порта наблюдалось преобладание подвижных илисто-песчаных и песчаных грунтов, занимающих 66% обследованной площади. В подходном канале и в зоне разворотного круга доминировали твердые скалистые и каменисто-скалистые грунты. Из-за значительной протяженности порта (2,9 км) активная гидродинамика была заметна в основном в зоне подходного канала и разворотного круга и была значительно ослаблена в центральной части, что способствовало накоплению илистых отложений.

Измерения термогалинных характеристик в апреле 2009 г. показали, что ковш заполняют достаточно однородные по структуре морские воды. Минимальные температуры наблюдались на участках поступления морских вод – на юго-западе со стороны подходного канала и в северной части лагуны. Более высокие значения были характерны для закрытой от воздействия волн обширной отмели в юго-западной части порта (**рис. 2**). Температура поверхностного слоя варьировалась от 3,4 до 4,5 °С, составив в среднем 3,7 °С, придонного – от 2,9 до 4,3 °С при среднем значении 3,4 °С.

Наиболее низкие значения температуры наблюдались на участках с большими глубинами. Соленость практически на всей акватории порта была близка или выше 31‰. Опреснение до 25,5‰ на поверхности и до 27,6‰ у дна (ст. 4), вызванное локальным распространением берегового стока, было отмечено на юго-востоке акватории в районе разворотного круга. Еще более значительное опреснение – до 20,3‰ на поверхности и до 25,6‰ у дна (ст. 13), наблюдалось в месте стоков в северо-восточной части акватории.



**Рис. 2.** Температура в поверхностном (А) и придонном (Б) слое, соленость в поверхностном (В) и придонном (Г) слое в морском порту Невельск в апреле 2009 г.

**Fig. 2.** Temperature in the surface (A) and bottom (B) layers, salinity in the surface (C) and bottom (D) layers in the seaport of Nevelsk in April 2009

**Фитопланктон.** В сообществе фитопланктона на акватории порта Невельск было обнаружено 166 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей и цианобактерий из отделов Bacillariophyta (132 вида), Miozoa (21), Ochrophyta (2), Cryptophyta (7), Euglenozoa (1), Chlorophyta (2) и Cyanobacteria (1). В таксономическом составе по количеству видов преобладали следующие роды: *Chaetoceros* (15 видов), *Navicula* (13), *Thalassiosira* (10).

Основу планктонной альгофлоры формировали пелагические виды (72% от общего числа видов с известной экологической характеристикой). Среди них преобладали неритические виды (67%). Океанические и панталассные виды составляли соответственно 10 и 23%. Мелководность и прибрежное положение района обуславливают большое количество бентосных форм (включающих эпифиты, эпипелиты, эпилиты, обрастатели и литоральные виды), разнообразие которых достигалось за счет представителей диатомовой флоры. По отношению к солености ведущее место занимали морские виды (57%). За ними следовали пресноводные (17%), пресноводно-солонатоводные (15%) и солонатоводные (10%).

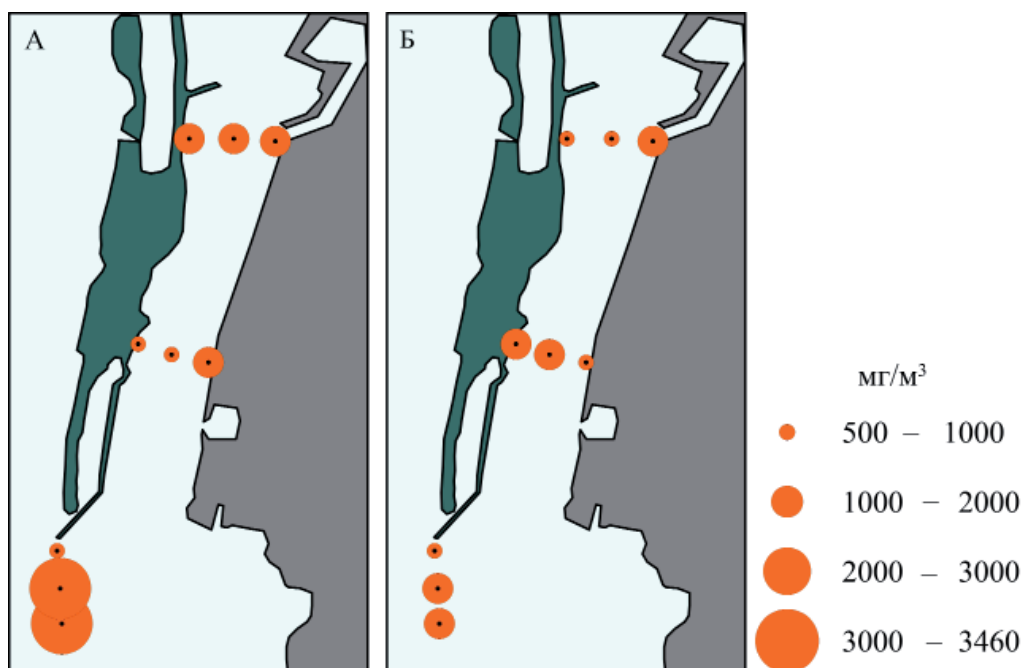
Апрель–май в данном районе относится к периоду максимального развития микроводорослей. Весной 2009 г. в поверхностном слое численность микроводорослей варьировалась в пределах 61–261 тыс. кл./л, биомасса – 587–3458 мг/м<sup>3</sup>. В придонном горизонте соответствующие величины находились в диапазоне 67,8–307,6 тыс. кл./л и 504–1854 мг/м<sup>3</sup>. В среднем для акватории численность фитопланктона составила 162,8 тыс. кл./л, биомасса – 1313 мг/м<sup>3</sup>, что близко к полученным ранее данным для вод юго-западного Сахалина – около 1400 мг/м<sup>3</sup> (Гайл, 1963).

В поверхностном слое наибольшие значения биомассы фитопланктона – свыше 3400 мг/м<sup>3</sup>, были зарегистрированы в районе подходного канала (рис. 3). В придонном слое максимум биомассы был отмечен в центральной части исследуемой акватории на станции 8 – 1854 мг/м<sup>3</sup>. Основной вклад в формирование численности и биомассы на всей акватории вносили диатомовые водоросли, составлявшие более 99,8% суммарных величин. По биомассе доминировали центрические диатомеи *Coscinodiscus angustelineatus* Schmidt in Schmidt et al., 1878 (36–68%), *Thalassiosira nordenskioeldii* Cleve, 1873 (28–52%), *Thalassiosira pacifica* Gran & Angst, 1931 (21–40%), по численности – *Th. nordenskioeldii* (37–73%), который в поверхностном слое на станциях 7 и 8 кодоминировал с *Chaetoceros debilis* Cleve, 1894 emend Xu, Y. Li & Lundholm in Xu et al., 2020 (28–29%).

Сравнение данных 2009 г. с данными по структуре фитопланктона, полученными до землетрясения (2006 г.) и сразу после землетрясения (2007 г.), показывает, что представленность отделов диатомовых и динофитовых в таксономическом составе оставалась схожей (Шунтов, 2001). В 2006–2007 гг. в весенний период диатомовые формировали около 66% видов, динофитовые – 11%, в 2009 г. – 79 и 13% соответственно.

В весенний гидрологический сезон 2006–2007 гг. средняя численность микроводорослей в поверхностном слое составляла 4505 тыс. кл./л, биомасса – 136 мг/м<sup>3</sup> (Калганова, Шувалова, 2012). В 2009 г. был отмечен значительный рост биомассы на фоне невысокой численности (средняя численность не превышала 173,6 тыс. кл./л, а биомасса достигала 1547 мг/м<sup>3</sup>), что было вызвано увеличением в поверхностном слое крупных бентических форм из-за уменьшения глубин в порту.





**Рис. 3.** Распределение биомассы фитопланктона в поверхностном (А) и придонном (Б) слое в морском порту Невельск в апреле 2009 г.

**Fig. 3.** Distribution of phytoplankton biomass in the surface (A) and bottom (B) layers in the seaport of Nevelsk in April 2009

Кроме того, в 2009 г. заметно снизилась численность эвгленовых микроводорослей, являющихся индикаторами эвтрофикации вод. В поверхностном слое эвгленовые были отмечены только на двух станциях в подходном канале, где их численность едва достигала 3 кл./л. В придонном слое эта группа микроводорослей с максимальной численностью, равной 53 кл./л, была отмечена на 50% станций. В 2006–2007 гг. численность отдельных видов эвгленовых у поверхности превышала 1 800 кл./л (Калганова, Шувалова, 2012). Снижение к 2009 г. эвтрофикации вод в порту могло быть связано с сокращением трафика судов и других видов хозяйственной активности из-за нарушения глубин в результате сейсмогенного подъема шельфа.

**Зоопланктон.** В состав зоопланктона входили 23 вида планктеров на различных онтогенетических стадиях, принадлежащих к десяти крупным таксонам уровня Тип/Отряд. Около 83% списка и 97,5% от общей биомассы планктона приходилось на голопланктонные организмы. Около 13% от общего числа видов относились к меропланктону. Несмотря на малые глубины, нектобентические формы встречались единично и были представлены только молодью кумовых раков (*Cumacea*).

Наибольшее число видов относилось к неритическому комплексу, для которого характерен широкий диапазон адаптаций к внешним условиям. Высокая численность была сформирована прибрежными *Acartia* (*Acartiura*) *longiremis* (Lilljeborg, 1853), *Eurytemora herdmani* Thompson I.C. & Scott A., 1897 in Thompson, Scott & Herdman, 1897 и морскими эпипелагическими видами *Pseudocalanus newmani* Frost, 1989, *Pseudocalanus minutus* (Krøyer, 1845), а также

представителями Harpacticoida. Высокий вклад в биомассу планктона вносили неритические Coelenterata, *Themisto japonica* (Bovallius, 1887), нектобентические Harpacticoida и некоторые виды Calanida. Меропланктон был представлен науплиусами Cirripedia, личинками Decapoda, трохофорами и более старшими личиночными стадиями многощетинковых червей Polychaeta. В планктоне отмечен ряд эврибатных и мезопелагических видов, характерных для открытых морских вод и глубоких горизонтов: *Metridia pacifica* Brodsky, 1950, *Calanus glacialis* Jaschnov, 1955, *Th. japonica*, наличие которых в глубине портового ковша является результатом затока вод из прилегающего района Татарского пролива.

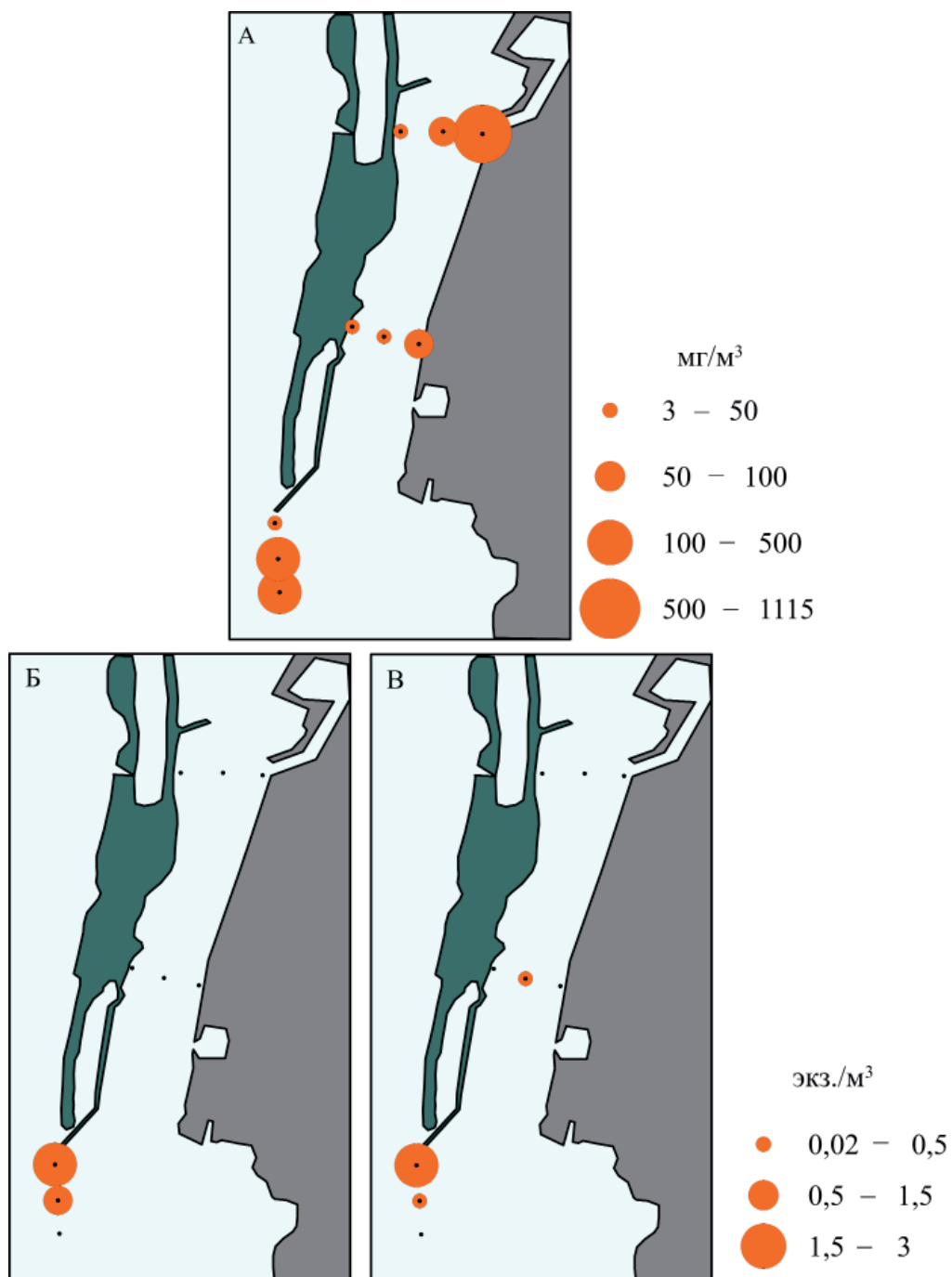
Широко распространенные бореальные и амфибореальные холодноводные и умеренно-холодноводные виды составили в сумме 69% от общего числа видов. В эту группу входили многие копеподы – *P. newmani*, *P. minutus*, *Oithona similis* Claus, 1866, гипериида *Th. japonica*, гидроидные медузы *Rathkea octopunctata* (M. Sars, 1835), *Hybocodon prolifer* Agassiz, 1860, *Euphysa flammea* (Hartlaub, 1902). Из тепловодных видов были отмечены только копеподы *Metridia pacifica* и *Microsetella rosea* (Dana, 1847).

Трофическую структуру сообщества на 56% от общего числа видов определяли фитофаги-фильтраторы, преимущественно копеподы, и меропланктонные личинки различных донных видов беспозвоночных. Хищники были представлены гидроидными медузами *R. octopunctata*, *H. prolifer*, *E. flammea*, гипериидами *Th. japonica* и коловратками рода *Synchaeta*. Общая доля «хищного» планктона в апреле достигала 25%. Эврифаги были представлены копеподами *M. pacifica*, *A. longiremis* и Harpacticoida gen. sp. Весной, когда в массе наблюдается развитие фитопланктона, эврифаги предпочитают растительную пищу и являются частью «нехищного» планктона.

По акватории порта зоопланктон был распределен крайне неравномерно (рис. 4). Наибольшие биомассы (1 113 мг/м<sup>3</sup>) отмечены в северо-восточной части ковша на ст. 13, наименьшие (3 мг/м<sup>3</sup>) зарегистрированы в центральной и северо-западной части ковша (ст. 8 и 15). Пространственное распределение численности имело ту же тенденцию с увеличением на ст. 13 (2 820 экз./м<sup>3</sup>) и минимальной величиной (13 экз./м<sup>3</sup>) на ст. 15. Рост количественных показателей в восточной части ковша, кроме механического накопления планктеров, определяет также приток сточных вод, богатых органикой.

В апреле 2009 г. средняя численность зоопланктона в порту составила 546,8 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 138,1 мг/м<sup>3</sup>. Видовой состав и структура сообщества зоопланктона были характерными для прибрежных вод юго-западного Сахалина. Биомасса была ниже приводимых для Татарского пролива среднемесячных значений, находящихся в весенний период на уровне 250–500 мг/м<sup>3</sup> (Долганова, 2010).

На акватории порта были выделены два сообщества, различающиеся по количественным характеристикам и составу доминирующих форм. Основную часть акватории занимало достаточно разнородное сообщество, включавшее 18 видов планктеров, с доминированием двух таксонов – *Th. japonica* и нектобентических харпактицид Harpacticoidae. Данное сообщество можно охарактеризовать как смешанное. В категорию характерных видов вошли как неритические *E. herdmani* и *A. longiremis*, так и морские эпипелагические и эврибатные виды, обычные для прилегающих морских вод Татарского пролива, – *C. glacialis* и *M. pacifica*. Средняя численность находилась на уровне 270,8 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 21,3 мг/м<sup>3</sup> (табл. 2).



**Рис. 4.** Пространственное распределение биомассы зоопланктона (А) и численности ик-тиопланктона в вертикальных (Б) и горизонтальных (В) ловах в морском порту Невельск в апреле 2009 г.

**Fig. 4.** Spatial distribution of zooplankton biomass (A) and abundance of ichthyoplankton in vertical (B) and horizontal (C) catches in the seaport of Nevelsk in April 2009

Таблица 2

**Основные характеристики сообществ зоопланктона  
в морском порту Невельск в апреле 2009 г.**

Table 2

**Basic characteristics of zooplankton communities  
in the seaport of Nevelsk in April 2009**

Сообщество (по доминирующим видам)	Доминиру- ющие виды (В, %)	Таксоны, шт.	N, экз./м <sup>3</sup>	В, мг/м <sup>3</sup>	Станции	T, °C	S, ‰	Глубина, м
<i>Themisto japonica</i> + Haracticoidae	42,2	24	270,8	21,3	3, 7, 8, 9, 14, 15	3,57	31,6	3,9
<i>Hybocodon prolifer</i> + <i>Rathkea octopunctata</i>	76,7	24	257,0	59,0	1, 2	3,30	32,0	6,3

В юго-западной части акватории (ст. 1 и 2) формировался комплекс с доминированием гидроидных медуз *Hybocodon prolifer*+*Rathkea octopunctata*. В категорию характерных представителей в данном комплексе вошли разнообразные формы голопланктона – *E. herdmani*, *M. rosea*, *Ps. newmani*, *A. longiremis* и нектобентоса – молодь *Cumacea* и ряд видов Haracticoidae. Высокую долю в биомассе и численности имели мелкие пелагические личинки донных беспозвоночных (Polychaeta, Cirripedia), икра и личинки морских голопланктонных животных (Euphausiacea, Copepoda). Количественные показатели были невысокими: численность – 257 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 59 мг/м<sup>3</sup>.

Ни в одно сообщество не вошла станция 13, расположенная в зоне смешения морских вод и берегового стока. Зоопланктон на данном участке отличался максимальными значениями численности (2820 экз./м<sup>3</sup>) и биомассы (1112,7 мг/м<sup>3</sup>). Более 88% биомассы формировала морская гипериида *Th. japonica*. По численности преобладали мелкоразмерные нектобентические Haracticoidae (1075 экз./м<sup>3</sup>), *Ps. newmani* и *Ps. minutus* (суммарно 775 экз./м<sup>3</sup>) и науплиусы Cirripedia (325 экз./м<sup>3</sup>).

**Ихтиопланктон.** Ихтиопланктон был представлен личинками 13 видов рыб из пяти семейств: рогатковых Cottidae, лисичковых Agonidae, липаровых Liparidae, стихеевых Stichaeidae и масляковых Pholidae. В уловах преобладали литоральные и сублиторальные виды (61,5% от общего числа видов), имеющие донную икру и пелагических личинок, что характерно для ранневесеннего ихтиопланктона западного Сахалина (Нуждин, 1994). Низкие температуры воды в апреле сдерживают нерестовые миграции рыб на мелководные участки. Небольшие глубины и преобладание в районе порта скальных пород сокращают видовой состав рыб с пелагической икрой, к которым в присахалинских водах относятся преимущественно камбалы, тяготеющие к мягким грунтам (Мухаметова, 2020).

Вертикальные ловы характеризовались обедненным видовым составом ихтиопланктона. В толще воды встречались личинки двух видов рыб – глазчатого опистоцентра *Opisthocentrus ocellatus* (Tilesius, 1811) и многоиглого керчака *Myoxocephalus polyacanthocephalus* (Pallas, 1814). Преобладали личинки глазчатого опистоцентра, формировавшие более 81% суммарной численности ихтиопланктона. Максимальная концентрация личинок – 2,9 экз./м<sup>3</sup>, наблюдалась в подходном канале (ст. 3). В горизонтальных ловах состав ихтио-

планктона был значительно богаче: 12 видов рыб из пяти семейств. Доминировали личинки дальневосточного шлемоносца *Gymnocanthus herzensteini* Jordan & Starks 1904, на долю которых приходилось около 47% суммарной численности. Еще 14% численности формировали личинки двурогого бычка *Enophrys diceraus* (Pallas, 1787). Суммарная доля личинок рогатковых в поверхностном слое достигала 69%. По данным весенних съемок, проведенных в 90-е гг. прошлого века, численность рогатковых в Татарском проливе всегда достаточно высока и может достигать 89,6% от суммарной численности личинок (Нуждин, 1994).

Длина личинок двурогого бычка варьировалась от 6,4 до 9,2 мм (в среднем 8,1 мм). Более 63% особей имели остаток желточного мешка. Личинки шлемоносца Герценштейна имели размеры от 5,5 до 10,7 мм (в среднем 8,3 мм). Предличинки составляли 12% от общего числа личинок. Наличие в районе порта предличинок двух перечисленных видов свидетельствовало о близком нахождении нерестилищ. В заливе Петра Великого нерестилища двурогого бычка расположены на каменистых грунтах в диапазоне глубин от 3 до 20 м (Панченко, Пушина, 2019), дальневосточного шлемоносца, вероятно, – глубже 30 м (Панченко, Антоненко, 2004). Можно предполагать, что в районе порта Невельск нерест этих видов происходит на сходных глубинах.

В вертикальных ловах, учитывающих преимущественно массовые виды, численность личинок (0,39 экз./м<sup>3</sup>) почти вдвое превышала соответствующую величину в горизонтальных ловах (0,23 экз./м<sup>3</sup>). По имеющимся данным, наиболее высокие концентрации ихтиопланктона в районе Невельского порта и на прилежащих мелководных участках Татарского пролива – около 3,6–5,0 экз./м<sup>3</sup>, приходится на июль–август (Moukhametova, 2014; Мухаметова, 2019).

В порту Невельск распределение личинок рыб фактически было ограничено разрезом, находившимся в районе максимального проникновения морских вод. На ст. 3 было сосредоточено более 81% численности ихтиопланктона в вертикальных ловах и более 97,5% в горизонтальных ловах. На акватории порта была обнаружена единственная личинка снежного керчака *Myoxocephalus brandtii* (Steindachner, 1867), по состоянию развития близкая к оседанию на дно и переходу в мальковую фазу.

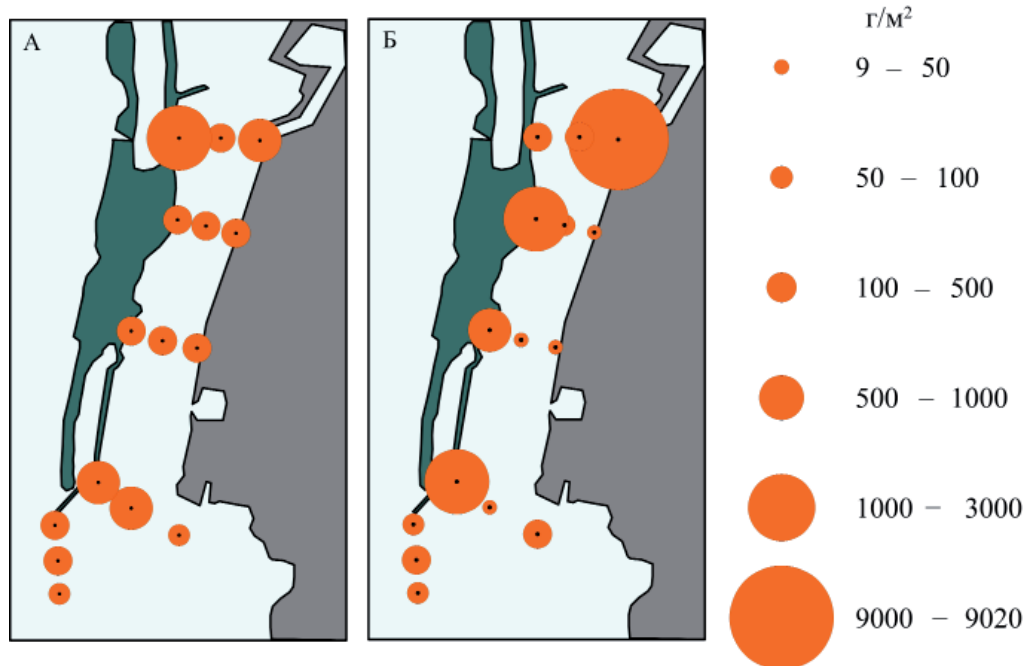
**Бентос.** Невельский порт отличается сравнительно высоким видовым разнообразием макробентоса, характерным для закрытых акваторий, к которым отнесена большая часть акватории. По объединенным данным дночерпательной съемки и водолазных сборов, в составе макробентоса обнаружено 123 вида гидробионтов, из них 31 вид относился к макрофитам и макроформам обрастаний. Среди 92 видов зообентоса наиболее представленной группой являлись многощетинковые черви Polychaeta – 35 видов. Они же создавали основу средней удельной численности (49,8%).

Проективное покрытие дна зарослями макрофитов в среднем составляло 70%. Среди макрофитов 90% биомассы формировали красные водоросли Rhodophyta. В зообентосе доминировали серые морские ежи *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz, 1864) (69,5%) и брюхоногие моллюски (17,5%). Число видов в бентосе увеличивалось от входа в порт к его кутовой части и от внутренней (восточной) причальной стенки к внешней. Фарватер ковша характеризовался минимальным числом видов фитобентоса.

Плотность донных гидробионтов варьировалась по станциям от 6 до 9 987 экз./м<sup>2</sup> и в среднем составила 2 897±378 экз./м<sup>2</sup>. Минимальные показатели численности наблюдались на входе в порт, максимальные – в северной части. На станциях у входа в порт основу численности формировали полихеты, с преобладанием представителей р. *Saccosirrus*; на остальных станциях – полихеты *Chaetozone setosa* Malmgren, 1867 и двустворчатые моллюски *Macoma loveni* (A. S. Jensen, 1905).

Плотность полихет увеличивалась от входа в порт к его куту и была наибольшей по фарватеру ковша. Близким по закономерностям было распределение численности двустворчатых моллюсков. Бокоплавы были достаточно немногочисленны по акватории порта, всплеск до 8 000 экз./м<sup>2</sup> отмечался только у центральной части восточной стенки.

Распределение биомассы бентоса было обусловлено преимущественно распределением биомассы макрофитов, прежде всего доминирующих багрянок. Бурые водоросли были наиболее значимы в зоне активной гидродинамики на входе в порт. Суммарная биомасса бентоса изменялась в пределах 169–10 364 г/м<sup>2</sup> (средняя 1 485±264 г/м<sup>2</sup>), возрастая от входа в порт к его кутовой части и от внутренней восточной к внешней западной стороне (рис. 5).



**Рис. 5.** Распределение биомассы зообентоса (А) и фитобентоса (Б) в морском порту Невельск в апреле 2009 г.

**Fig. 5.** Distribution of biomass of zoobenthos (A) and phyto-benthos (B) in the seaport of Nevelsk in April 2009

Биомасса зообентоса находилась в пределах 59–2 707 г/м<sup>2</sup>. Данный показатель был наиболее высоким в северной части ковша, где преобладали морские ежи. Биомасса двух других значимых групп – брюхоногих и двустворчатых моллюсков, возрастала от входа в порт к его северной части. Брюхоногие мол-

люски были наиболее массовыми по сторонам от фарватера, а двустворчатые моллюски, напротив, на фарватере. Среди брюхоногих моллюсков по биомассе преобладали *Neptunea arthritica* (Valenciennes, 1858) и *Neptunea bulbacea* (Valenciennes, 1858), а среди двустворчатых моллюсков – *M. loveni*.

В фитобентосе были выделены четыре сообщества. Фитосообщество *Sparlingia pertusa* (Postels & Ruprecht) G. W. Saunders, I. M. Strachan & Kraft, 1999 занимало гидрологически изолированную куттовую часть ковша. Данное сообщество отличалось низким уровнем видового разнообразия – 0,46, характерным для стабильных биосистем. Сообщество с преобладанием *Agarum clathratum* Dumortier 1822 относилось к переходным от фарватера порта к открытому морскому побережью. В отличие от предыдущего сообщества, данное отличалось средним уровнем видового разнообразия – 1,23. По сторонам от фарватера его сменяло сообщество прибойных скал с доминантами *Ulvaria splendens* (Ruprecht) K. L. Vinogradova 1979 и *Ulva fenestrata* Postels & Ruprecht 1840 и низким уровнем видового разнообразия – 0,7. Сообщество *Saccharina japonica* (Areschoug) C. E. Lane, C. Mayes, Druehl & G. W. Saunders, 2006 со средним уровнем видового разнообразия (1,0), характерное для скалистой сублиторали, занимало удаленную от входа часть порта по сторонам от фарватера (табл. 3).

Ни в один из кластеров не вошли станция 8, где на глубине 5 м были обнаружены заросли морской травы *Phyllospadix iwatensis* Makino, 1931 – единственного представителя цветковых растений, и станция 13 с массовыми багрянками *Heteroglossum carnosum* (Mikami) Perestenko, 1983, образующими 82,4% суммарной биомассы макрофитов.

В зообентосе можно выделить два основных сообщества – *Macoma loveni*+*Neptunea arthritica* и *Strongylocentrotus intermedius*. Сообщество *Macoma loveni*+*Neptunea arthritica* занимало песчано-илистые грунты в зоне фарватера во внутренней акватории порта. В сообществе *Macoma loveni*+*Neptunea arthritica* основу видового состава (28 видов из 60) и численности (65,6%) формировали многощетинковые черви, но основная биомасса приходилась на двустворчатых (38,5%) и брюхоногих (24,7%) моллюсков. В целом, биомасса составляла 292±27 г/м<sup>2</sup>, из них 46,4% образовывали доминирующие виды моллюсков.

Еще 36% общей биомассы приходилось на шесть видов – серых морских ежей, морских звезд *Asterias amurensis* Lutken, 1871, многощетинковых червей *Ch. setosa* и *Nereis zonata* Malmgren, 1867, двустворчатых моллюсков *Prothaca euglypta* и голотурий *Cucumaria frondosa japonica* Semper, 1868. Сообщество *Macoma loveni*+*Neptunea arthritica* отличалось высоким уровнем видового разнообразия – 2,43, и средним значением АВС-показателя (9,6%), что свидетельствовало об активных сукцессионных процессах в сообществе и его общей стабильности. Выделенное сообщество схоже с сообществами мягких илисто-песчаных грунтов небольших закрытых бухт южного Приморья и южных Курильских островов с присутствием портовой инфраструктуры, в которых доминируют виды рода *Macoma*: *M. nipponica* (Tokunaga, 1906), *M. orientalis* Dall, 1890, *M. scarlatoi* Kafanov & Lutaenko, 1997, *M. tokyoensis* Makiyama, 1927 (Гульбин, Арзамасцев, 1998; Надточий и др., 2005; Галышева, Надточий, 2008; Лабай и др., 2020).

Таблица 3

Структура донных сообществ в морском порту Невельск в апреле 2009 г.

Table 3

Structure of benthic communities in the seaport of Nevelsk in April 2009

Сообщество	Биомасса доминирующих видов, %	Виды, шт.	N, экз./м <sup>3</sup>	B, мг/м <sup>3</sup>	Станции	Глубина, м*	Грунт
Фитобентос							
<i>Sparlingia pertusa</i>	92,0	21	–	553,3	9, 10, 11, 12, 15	$\frac{1,5-8,0}{4,2}$	Илисто-песчаный с выходом коренных пород
<i>Agarum clathratum</i>	60,1	6	–	66,3	2, 5	$\frac{7,5-9,0}{8,3}$	Каменистый
<i>Ulvaria splendens</i> + <i>Ulva fenestrata</i>	99,8	4	–	69,5	1, 3	$\frac{3,5-5,0}{4,3}$	Скальный
<i>Saccharina japonica</i>	51,3	12	–	418,9	4, 6, 7, 14 7	$\frac{2,0-4,5}{2,8}$	Скальный
Зообентос							
<i>Masoma loveni</i> + <i>Neptunea arthritica</i>	46,4	60	5 507	291,99	11, 8, 9, 14	$\frac{1,5-5,0}{3,9}$	Илисто-песчаный
<i>Strongylocentrotus intermedius</i>	80,8	80	1 143	719,10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 15	$\frac{2,0-9,0}{4,8}$	Скальный

\* В числителе – предельные значения, в знаменателе – среднее значение.



Сообщество с превалярованием *Strongylocentrotus intermedius*, распространенное на скалистых грунтах подходного канала и разворотного круга, а также по обе стороны от фарватера во внутренней акватории порта, соотносилось с типичным сообществом твердых грунтов открытого морского побережья. Основу видового состава данного сообщества также формировали многощетинковые черви – 31 из 80 видов. В общей плотности кроме полихет (47%) наиболее значимыми были двустворчатые моллюски (25%). В общей биомассе на долю доминанта *S. intermedius* приходился 81% суммарной величины. Два вида брюхоногих моллюсков – *N. arthritica* и *N. bulbacea* – создавали еще 13% общей биомассы. Осредненная биомасса зообентоса в данном сообществе была равна  $719 \pm 113$  г/м<sup>2</sup>. Для сообщества *S. intermedius* был характерен невысокий уровень видового разнообразия – 0,86 и значительный АВС-показатель – 24,2, что говорит об общей устойчивости и стабильности. Данное сообщество типично для скалистых грунтов мелководий юго-западного Сахалина (Табунков, 1974; Голиков и др., 1985).

Станция 10 (глубина 10 м) не вошла ни в одно сообщество, но по превалярованию брюхоногого моллюска *N. arthritica* была близка к сообществу *Macoma loveni* + *Neptunea arthritica*.

Два вида макрофитов – сахарина японская *S. japonica* и костария ребристая *Costaria costata* (C. Agardh) De A. Saunders, 1895, и шесть видов беспозвоночных – серый морской еж, нептунеи (трубачи) *N. arthritica*, *N. bulbacea*, петушок тихоокеанский *Ruditapes philippinarum* (A. Adams & Reeve, 1850), кукумария японская и приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1856), относятся к промысловым (Промысловые рыбы..., 1993; Евсеева, Репникова, 2010; Галанин и др., 2012; Смирнов, 2021). У юго-западного побережья о. Сахалин крупные промысловые скопления образуют только сахарина японская и серый морской еж. Частота встречаемости сахарины в порту достигала 50%. Плотность в среднем была невысокой – 3 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 930 г/м<sup>2</sup>, что несколько ниже показателей, установленных для открытых участков побережья в те же годы – 4 экз./м<sup>2</sup> и 2,4 кг/м<sup>2</sup> (Евсеева, Репникова, 2010), и значительно ниже современных величин – 11 экз./м<sup>2</sup> и 7,4 кг/м<sup>2</sup> (Галанин, Прохорова, 2020). В порту доминировали двухгодичные слоевища средней длиной 134 см и массой 455 г. Их доля по биомассе составляла 80%. Площадь поселений сахарины в пределах Невельского порта была оценена в 160 тыс. м<sup>2</sup>, общий запас – в 2,3 т (табл. 4).

Серый морской еж встречался на 86% станций. Средняя плотность поселений морских ежей в порту (4,7 экз./м<sup>2</sup>) и их биомасса (295 г/м<sup>2</sup>) уступали данным показателям, установленным для прилежащего побережья, – 14,1 экз./м<sup>2</sup> и 437 г/м<sup>2</sup>. Основу численности (78%) формировали промысловые особи с гонадным индексом около 10%. Площадь поселений морского ежа в пределах порта была оценена в 347 тыс. м<sup>2</sup>, общий запас – в 136 т. С учетом недолова водолазным способом мелкоразмерных особей в прибойной зоне данная величина может быть выше на 25% и достигать 170 т.

**Таблица 4**

**Количественные показатели промысловых водорослей  
и беспозвоночных в морском порту Невельск в апреле 2009 г.**

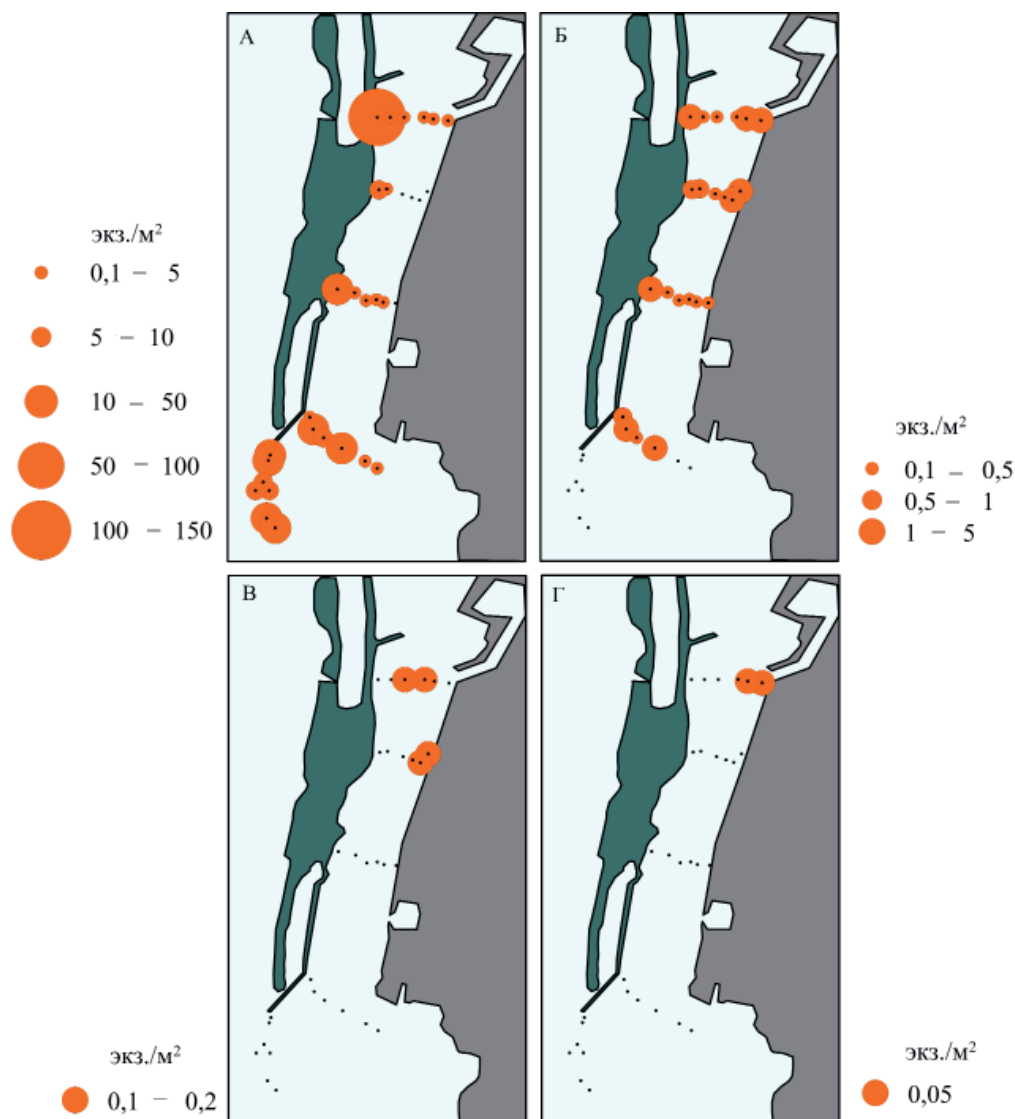
**Table 4**

**Abundance and biomass of commercial algae and invertebrates  
in the seaport of Nevelsk in April 2009**

Вид	Порт Невельск		
	N, экз./м <sup>2</sup>	B, г/м <sup>2</sup>	общий запас, т
<i>Cucumaria frondosa japonica</i> Semper, 1868 – кукумария японская	0,05	4,3	–
<i>Mizuhopecten yessoensis</i> (Jay, 1857) – приморский гребешок	0,04	1,4	–
<i>Neptunea arthritica</i> (Valenciennes, 1858) – неptuneя артритная	1,45	90,0	23,2
<i>Neptunea bulbacea</i> (Valenciennes, 1858) – неptuneя луковичная	1,20	49,0	
<i>Ruditapes philippinarum</i> (A. Adams & Reeve, 1850) – петушок тихоокеанский	2,80	9,9	–
<i>Strongylocentrotus intermedius</i> (A. Agassiz, 1864) – серый морской еж	4,70	295,0	136,0
<i>Costaria costata</i> (C. Agardh) De A. Saunders, 1895 – костария ребристая	0,16	12,4	–
<i>Saccharina japonica</i> (Areschoug) C. E. Lane, C. Mayes, Druehl & G. W. Saunders, 2006 – сахарина японская	3,0	930,0	2,3

Частота встречаемости брюхоногих моллюсков рода *Neptunea* достигала 80%. *N. arthritica* была достаточно равномерно распределена по акватории, за исключением участка с высокой прибойностью в районе входа в порт (рис. 6). Средняя плотность поселений данного вида составила 1,45 экз./м<sup>2</sup>, средняя биомасса – 90 г/м<sup>2</sup>. Скопления *N. arthritica* были сформированы в основном крупными особями (в среднем 76 мм и 64 г). В общей биомассе промыслового зообентоса на долю *N. arthritica* приходилось 28%. *N. bulbacea* встречалась преимущественно во внутренней части порта. В биомассе промыслового бентоса ее доля составляла 14%, плотность и биомасса в среднем не превышали 0,93 экз./м<sup>2</sup> и 49 г/м<sup>2</sup>. *N. bulbacea* была представлена более мелкими особями со средней длиной 71 мм и массой 46 г. В Татарском проливе *N. bulbacea* населяет преимущественно нижний горизонт сублиторали с глубинами от 20 до 200 м, что объясняет невысокие количественные показатели данного вида в верхнем и среднем горизонте сублиторали, в пределах которой находится порт Невельск. Площадь поселений трубачей рода *Neptunea* в порту составила 320 тыс. м<sup>2</sup>, общий запас оценен в 23,2 т.

В порту, как и в прибрежье юго-западного Сахалина, рудитапес, приморский гребешок и кукумария не образовывали значительных скоплений. Рудитапес встречался на 40% станций, преимущественно на илисто-песчаных грунтах в наиболее защищенной части порта. Средняя плотность поселений данного моллюска составила 2,8 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 9,9 г/м<sup>2</sup>, доля в общей биомассе промысловых объектов – 5%. Приморский гребешок и кукумария японская были отмечены на 13% станций с илисто-песчаными грунтами исключительно в северной части порта. При единичной встречаемости на отдельных результативных станциях доля кукумарии в общей биомассе могла достигать 30%, приморского гребешка – 7%.



**Рис. 6.** Распределение промысловых беспозвоночных в акватории порта Невельск на водолазных трансектах: А – *Strongylocentrotus intermedius*, Б – *Neptunea arthritica*, В – *Cucumaria frondosa japonica*, Г – *Mizuhopecten yessoensis*

**Fig. 6.** Distribution of commercial invertebrates in the port of Nevelsk on diving transects: А – *Strongylocentrotus intermedius*, В – *Neptunea arthritica*, С – *Cucumaria frondosa japonica*, D – *Mizuhopecten yessoensis*

Исследования показали, что планктонные и бентосные сообщества порта Невельск в 2009 г., с одной стороны, были сходны с сообществами прилежащих мелководий, а с другой – имели особенности, определяемые локальными гидрологическими и биотопическими факторами. Как и в прилежащих водах Татарского пролива, в фитопланктоне проявлялось доминирование диатомовых водорослей. Величина биомассы приближена к средним значениям, полученным на прилежащей акватории Татарского пролива (Гайл, 1963), и значительно выше биомасс, отмеченных в районе порта до землетрясения (Кал-

ганова, Шувалова, 2012). В зоопланктоне наблюдается смешение неритических видов (*A. longiremis*, *E. herdmani*, *H. prolifer*, *R. octopunctata*), видов, характерных для открытых морских акваторий (*Th. japonica*, *Ps. minutus*, *Ps. newmani*, *M. pacifica*), и личиночных стадий прибрежного зообентоса – многощетинковых червей, усоногих ракообразных, моллюсков. В бентосе сообщества с преобладанием *Agarum clathratum*, *Saccharina japonica*, *Strongylocentrotus intermedius*, характерные для верхних и средних горизонтов сублиторали Татарского пролива (Промысловые рыбы..., 1993; Кафанов, Павлючков, 2001; Галанин и др., 2012; Петров, 2020), также отмечены в подходном канале, в зоне разворотного круга и далее, на скалистых участках вдоль фарватера.

Значительные площади, занятые мягкими грунтами, которые в прилежащем побережье начинают преобладать на глубинах более 30 м, стали зоной формирования специфического сообщества с доминированием двустворчатого моллюска *M. loveni*, обитающего в Татарском проливе на глубинах более 10 м (Дуленина, 2013). Аналогичная закономерность отмечена для *N. bulbacea*, образующей в Татарском проливе скопления глубже 20 м, но являющейся одним из массовых видов промысловых беспозвоночных в порту Невельск. Суммарная биомасса зообентоса в порту составляла 569 г/м<sup>2</sup> и превышала соответствующие величины, указанные для юго-западного Сахалина, – около 310 г/м<sup>2</sup>. В то же время биомасса фитобентоса для соответствующих глубин прибрежной акватории за пределами порта была ниже – 900 против 4 600 г/м<sup>2</sup> (Голиков и др., 1985), что, вероятно, связано со снижением биомассы превалирующих в Татарском проливе бурых водорослей, имеющих большую биомассу, и увеличением доли красных водорослей.

В отличие от побережий Татарского пролива ихтиопланктон встречался только в морских водах подходного канала и отсутствовал в ковше порта, тогда как в прилежащем побережье икра и личинки рыб начинают встречаться с марта (Нуждин, 1994; Moukhametova, 2014).

Зоны повышенных биомасс, как планктонных, так и донных гидробионтов, в основном имели одинаковую локализацию – у входа и в северной наиболее удаленной части порта. В первом случае скопления планктона и бентоса были привязаны к поступлению морских вод с прилежащего побережья. Причем, если фито-, зоо- и ихтиопланктон были многочисленными именно в морских водах подходного канала, то высокие биомассы бентоса находились на некотором удалении от участков с активной гидродинамикой – в районе разворотного круга. Северная часть акватории также отличалась увеличением численности и биомассы гидробионтов всех уровней.

Помимо притока морских вод, который был значительно слабее, чем в южной части порта, в данной части акватории увеличение количественных показателей планктона и бентоса было связано с поступлением с береговым стоком биогенов. В фитопланктоне на данном участке отмечены высокие биомассы – более 1,5 г/м<sup>3</sup> у поверхности и 1,1 г/м<sup>3</sup> у дна, образованные более чем на 70% *Th. nordenskioldii* и другими видами р. *Thalassiosira*. В зоопланктоне локально сформировалось сообщество, отличающееся доминированием Naupacticoidea. Суммарная численность зообентоса превышала 9 тыс. экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 2,5 кг/м<sup>2</sup>. Здесь же была зарегистрирована максимальная биомасса макрофитов – более 6 кг/м<sup>2</sup>, определяемая распределением доминирующих багрянок.

В изученных портах Приморья высокое видовое богатство, биомасса, плотность поселения бентоса также зарегистрированы на закрытых участках с повышенным содержанием органического вещества, обуславливающих высокий уровень трофности (Галышева, Коженкова, 2009). Снижение антропогенной нагрузки на порт и недоступность акватории для промысла создали благоприятные условия для развития промысловых водорослей и беспозвоночных. В местах основных поселений в порту биомасса основного промыслового вида – серого морского ежа, превышала 2 кг/м<sup>2</sup>, брюхоногих моллюсков – 0,4 кг/м<sup>2</sup>.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уникальность порта Невельск заключается в совмещении черт естественных литорально-сублиторальных изолятов юго-западного Сахалина, защищенных с запада от открытой части Татарского пролива каменной грядой, и искусственно ограниченных портовых акваторий. Сейсмогенная деформация шельфа в 2007 г. и снижение глубин на прилегающей к порту акватории привели к дополнительной изоляции сообществ порта. Одновременно положительное действие на их формирование оказали недоступность порта для рыболовства и снижение интенсивности хозяйственной деятельности после землетрясения. Результатом совокупного воздействия перечисленных факторов стали изменения некоторых структурных элементов в сообществах планктона и бентоса и увеличение их обилия.

В апреле 2009 г. средняя численность фитопланктона в районе исследований составила 162,8 тыс. кл./л, биомасса – 1 313 мг/м<sup>3</sup>. Последний показатель близок к величине биомассы, рассчитанной для прибрежных вод Татарского пролива, и выше биомасс, полученных в порту Невельск до (2006 г.) и сразу после землетрясения (2007 г.). В 2009 г. структурные перестройки в сообществе фитопланктона, заключавшиеся в снижении доли эвгленовых, могли быть связаны с самоочищением акватории порта в результате сокращения трафика судов из-за уменьшения глубин и, соответственно, объемов хозяйственной деятельности в целом.

Основную часть акватории порта Невельск занимало смешанное сообщество зоопланктона с высокой долей прибрежных и характерных для открытого моря форм. Из-за преобладания мелкоразмерных нектобентических Naupacticoidea, особенно многочисленных в районе берегового стока в северной части порта, биомасса зоопланктона (138,1 мг/м<sup>3</sup>) была ниже среднегодовых значений, приводимых для Татарского пролива.

В апреле акватория порта не являлась репродуктивной и выростной зоной для рыб. Икра и личинки рыб, за редким исключением, встречались только в подходном канале, куда попадали с прибрежными водами. Препятствием для нерестовых подходов некоторых видов камбал с весенним типом нереста кроме низких температур могли стать образовавшиеся на подходах к порту после землетрясения каменные отмели.

Поднятие шельфа способствовало формированию достаточно изолированных фито- и зообентосных сообществ на илисто-песчаных грунтах во внутренней акватории порта, тогда как сообщества твердых грунтов были сходны с типовыми сообществами открытого побережья. По степени волновой активности и характеру грунта на акватории порта было выделено два участка:

вход в порт с минимальными величинами обилия бентоса на скалисто-каменистых грунтах и акватория ковша с высокими значениями данного показателя. Средняя удельная плотность донных организмов зообентоса составила  $2897 \pm 378$  экз./м<sup>2</sup>, средняя биомасса –  $1485 \pm 264$  г/м<sup>2</sup>. Основу плотности зообентоса формировали многощетинковые черви и двустворчатые моллюски. Численность этих групп была наивысшей в ковше порта с максимальными значениями на фарватере. Основу биомассы зообентоса формировали морские ежи, дававшие максимальные величины данного показателя на входе в порт и по сторонам от фарватера, а также брюхоногие и двустворчатые моллюски, преобладавшие на фарватере.

Порт Невельск на этапе исследований стал резерватом для ряда промысловых организмов. Высокие величины биомассы промысловых беспозвоночных наблюдались на двух участках – на скалисто-каменистых грунтах подходного канала и разворотного круга и на илисто-песчаных грунтах северной кутовой части порта. Основу запасов промысловых водорослей на акватории порта формировала сахарина японская, беспозвоночных – серый морской еж и брюхоногие моллюски рода *Neptunea*. Общий запас сахарины японской оценен в 2,3 т, серого морского ежа – в 136–170 т, трубачей р. *Neptunea* – в 23,2 т.

Результаты комплексных исследований, выполненных в 2009 г., показывают, что морские порты остаются важными акваториями для поддержания биоразнообразия верхних горизонтов сублиторали, а также численности и биомассы ряда промысловых объектов, а это, в свою очередь, может потребовать внедрения экологических технологий в производственные процессы и ограничения некоторых хозяйственных операций в периоды размножения для их сохранения.

## ЛИТЕРАТУРА

**Афанасьев В. В.** Морфолитодинамические процессы и развитие берегов контактной зоны субарктических и умеренных морей Северной Пацифики. – Ю-Сах. : ИМГиГ ДВО РАН, 2020. – 234 с.

**Белан Т. А., Белан Л. С., Березов А. В.** Условия существования и особенности распределения макрозообентоса морской акватории порта Владивосток (залив Петра Великого, Японское море) // Экол. аспекты освоения нефтегаз. месторождений. – Владивосток : Дальнаука, 2009. – № 1. – С. 116–128.

**Борисов Б. М., Волков А. Ф., Горбатенко К. М. и др.** Стандартные таблицы сырого веса и некоторых энергетических характеристик (калорийность, жиры, белки, углеводы, минеральный остаток) зоопланктона дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 138. – С. 355–367.

**Вилкова О. Ю.** Использование дистанционных методов при геоморфологическом и ландшафтном изучении побережья дальневосточных морей // Прибреж. гидробиол. исслед. : Сб. науч. тр. – М., 1999. – С. 21–29.

**Гайл М. М.** Весенний фитопланктон юго-восточной части Тагарского пролива // Изв. ТИНРО. – 1963. – Т. 49. – С. 137–158.

**Галанин Д. А., Дубровский С. В., Репникова А. Р. и др.** Современное состояние ресурсов прибрежных беспозвоночных и водорослей Сахалино-Курильского региона, проблемы промысла и перспективы развития марикультуры // Тр. СахНИРО. – 2012. – Т. 13 (юбилейный). – С. 44–60.

**Галанин Д. А., Прохорова Н. Ю.** Прибрежье острова Сахалин // Ресурсы и рац. использ. мор. водорослей и трав дальневост. морей. – Владивосток, 2020. – С. 106–122.

- Гальшева Ю. А., Надточий В. А.** Макрозообентос мягких грунтов акваторий закрытого типа залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 155. – С. 99–119.
- Гальшева Ю. А., Коженкова С. И.** Макробентос залива Находка Японского моря // Изв. ТИНРО. – 2009. – Т. 156. – С. 135–158.
- Голиков А. Н., Скарлато О. А., Табунков В. Д.** Некоторые биоценозы верхних отделов шельфа южного Сахалина и их распределение // Исслед. фауны морей. – 1985. – Т. 30. – С. 4–68.
- Гульбин В. В., Арзамасцев И. С.** Биологический мониторинг акватории глубоководного порта Восточный (бухта Врангеля Японского моря) // Биология моря. – 1998. – Т. 24, № 5. – С. 278–286.
- Долганова Н. Т., Степаненко И. Г.** Сезонная и межгодовая изменчивость планктона Японского моря // Изв. ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 242–265.
- Долганова Н. Т.** Зоопланктон Японского моря как потенциальная кормовая база для пастбищного выращивания лососей // Изв. ТИНРО. – 2010. – Т. 163. – С. 311–337.
- Дуленина П. А.** Видовой состав двустворчатых моллюсков западной части Татарского пролива Японского моря // Бюл. Дальневост. малакол. о-ва. – 2013. – Вып. 17. – С. 27–78.
- Дюран Б., Одел П.** Кластерный анализ. – М. : Статистика, 1977. – 128 с.
- Евсеева Н. В., Репникова А. Р.** Ресурсы промысловых водорослей Сахалино-Курильского региона // Рыбпром. – 2010. – № 3. – С. 14–23.
- Инструкция** по количественной обработке морского сетного планктона. – Владивосток : ТИНРО, 1982. – 29 с.
- Калганова Т. Н., Шувалова О. Н.** Развитие прибрежного фитопланктона в Татарском проливе в районе порта Невельск // Материалы ХLI науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников СахГУ. – Ю-Сах. : Изд-во СахГУ, 2012. – С. 51–58.
- Кафанов А. И., Павлючков В. А.** Экология промысловых морских ежей рода *Strongylocentrotus* материкового япономорского побережья России // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – С. 349–373.
- Колпаков Н. В., Корнейчук И. А., Надточий В. А.** Современные данные по составу и распределению тралового макрозообентоса в российских водах Японского моря // Изв. ТИНРО. – 2018. – Т. 193. – С. 33–49.
- Кольцова Т. И.** Определение объема и поверхности клеток фитопланктона // Биол. науки. – 1970. – № 6. – С. 114–119.
- Косьяненко А. А., Федоренко Ю. В., Еловская О. А. и др.** Экологический мониторинг морской биоты на акватории порта Посыет // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 3. – С. 648–651.
- Кофф Г. Л., Борсукова О. В.** Экспертная оценка экологического риска в результате производственной деятельности России со странами Азиатско-тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС) // Мор. берега – эволюция, экология, экономика : Материалы XXIV Междунар. берег. конф., посвящ. 60-летию со дня основания Раб. группы «Мор. берега» (Туапсе, 1–6 окт. 2012 г.). – Краснодар: Изд. дом «Юг», 2012. – Т. 2. – С. 50–54.
- Лабай В. С., Абрамова Е. В., Березова О. Н. и др.** Особенности распределения макрозообентоса сублиторали в бухте Малокурильская (о-в Шикотан) // Изв. ТИНРО. – 2020. – Т. 182. – С. 117–133.
- Лебедева Н. В., Криволицкий Д. А., Пузаченко Ю. Г. и др.** География и мониторинг биоразнообразия. – М. : Изд-во Науч. и метод. центра, 2002. – 432 с.
- Левин Б. В., Тихонов И. Н., Кайстренко В. М. и др.** Невельское землетрясение и цунами 2 августа 2007 года, о. Сахалин. – М. : Янус-К, 2009. – 204 с.
- Ломтев В. Л.** Деформация Невельского (02.08.2007 г., М–6,1) шельфового землетрясения (ЮЗ Сахалин) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2010. – № 2. – С. 35–46.
- Марыжихин В. Е., Шевченко Г. В.** Влияние аномальных приливных течений на гидрологические условия юго-западного побережья острова Сахалин // Геодинамические процессы и природ. катастрофы. Опыт Нефтегорска : Сб. материалов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Ю-Сах., 26–30 мая 2015 г. – Владивосток, 2015. – Т. 1. – С. 345–349.

- Марыжихин В. Е., Коренева Т. Г., Ведерникова А. А.** Загрязнение прибрежных вод и донных отложений нефтепродуктами в районе аварии танкера «Надежда» // Природ. катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз : VI Сах. молодеж. науч. школа, Ю-Сах., 3–8 окт. 2016 г. – Ю-Сах., 2016. – С. 397–399.
- Микулич А. В., Родионов Н. А.** Весовая характеристика некоторых зоопланктеров Японского моря // Гидробиол. исслед. в Японском море и Тихом океане : Тр. ТОИ ДВНЦ АН СССР. – 1975. – Т. 9. – С. 75–88.
- Мухаметова О. Н.** Состояние ихтиопланктонного комплекса в заливе Невельского (юго-западный Сахалин) после аварийного разлива нефтепродуктов с танкера «Надежда» // Тр. СахНИРО. – 2019. – Т. 15. – С. 202–223.
- Мухаметова О. Н.** Ихтиопланктон прибрежной зоны юго-восточного Сахалина в 2019 г. // Вестн. Сах. музея. – 2020. – № 33. – С. 113–130.
- Надточий В. А., Будникова Л. Л., Безруков Р. Г.** Макрзообентос залива Петра Великого (Японское море): состав, распределение, ресурсы // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 140. – С. 170–195.
- Нуждин В. А.** Видовой состав и распределение зимне-весеннего ихтиопланктона северной части Японского моря // Изв. ТИНРО. – 1994. – Т. 115. – С. 92–107.
- Панченко В. В., Антоненко Д. В.** Сезонное распределение дальневосточного шлемоносца *Gymnoscaphus herzensteini* (Cottidae) в заливе Петра Великого (Японское море) // Вопр. ихтиологии. – 2004. – Т. 44, № 6. – С. 793–778.
- Панченко В. В., Пуцина О. И.** Распределение и некоторые черты биологии двурогого бычка *Euphrys dicerca* (Cottidae) в российских водах Японского моря // Вопр. ихтиологии. – 2019. – Т. 59, № 2. – С. 163–173.
- Петров К. М.** Биогеография океана: Биологическая структура океана глазами географа. – СПб. : Изд-во СПбГУ, 1999. – 232 с.
- Петров К. М.** Принципы биомического районирования береговой зоны и шельфа Мирового океана // Океанология. – 2020. – Т. 60, № 3. – С. 381–392.
- Промысловые рыбы, беспозвоночные и водоросли морских вод Сахалина и Курильских островов.** – Ю-Сах. : Дальневост. книж. изд-во, Сах. отд-ние, 1993. – 191 с.
- Расс Т. С., Казанова И. И.** Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. – М. : Пищ. пром-ть, 1966. – 43 с.
- Скарлато О. А., Голиков А. Н., Грузов Е. Н.** Водолазный метод гидробиологических исследований // Океанология. – 1964. – № 4. – С. 710–711.
- Смирнов И. П.** Трубачи Западного Сахалина: структура уловов, динамика численности, состояние запасов // Тр. СахНИРО. – 2021. – Т. 17. – С. 97–106.
- Табунков В. Д.** Состав и структура биоценозов верхних горизонтов сублиторали у мыса Лопатина (юго-западный Сахалин) // Изв. ТИНРО. – 1974. – Т. 93. – С. 81–90.
- Федорец Ю. В., Шарова О. А., Раков В. А. и др.** Видовой состав и количественные характеристики морской биоты в районе порта «Восточный» в бухте Врангеля (залив Находка) // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2012. – Т. 14, № 1. – С. 2454–2457.
- Федоров В. Д.** О методах изучения фитопланктона и его активности. – М. : Изд-во МГУ, 1979. – 166 с.
- Федотова Н. А.** Биологические сезоны в развитии зоопланктона Татарского пролива у юго-западного Сахалина // Гидробиол. журн. – 1982. – Т. 18, вып. 5. – С. 58–65.
- Численко Л. Л.** Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела. – Л. : Наука, 1968. – 106 с.
- Шевченко Г. В., Частиков В. Н., Марыжихин В. Е.** Сезонные вариации морских гидрологических характеристик у юго-западного побережья острова Сахалин // Метеорология и гидрология. – 2018. – № 12. – С. 98–105.
- Шорыгин А. А.** Питание, избирательная способность и пищевые взаимоотношения некоторых Gobiidae Каспийского моря // Зоол. журн. – 1939. – Т. 18, вып. 1. – С. 27–51.
- Шунтов В. П.** Биология дальневосточных морей России. – Владивосток : ТИНРО-Центр, 2001. – Т. 1. – 580 с.



- Algae** Base. Listing the World's Algae. Accessible via: <https://www.algaebase.org/>. 10.09.2022.
- Foster G.** The ecology of *Echinus esculentus* L. Quantitative distribution and rate of feeding // J. Mar. Biol. Assoc. U. K. – 1959. – Vol. 38, No. 2. – P. 361–367.
- Mandic M., Pestic B., Markovic O. et al.** Plankton community of trafficked ports as a baseline reference for Non Indigenous Species arrivals. Case study of the Port of Bar (South Adriatic Sea) // Mediterranean Marine Science. – 2019. – Vol. 20. – P. 718–726.
- Methods** for the study of marine benthos. – Blackwell Science Ltd., 2005. – 418 p.
- Moukhametova O. N.** Ichthyoplankton as an indicator of fish reproduction in Tatarskiy Strait (Japan Sea) // Proceedings of the 27th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice (Mombetsu, Hokkaido, Japan, 19–24 February 2012). – Mombetsu, 2012. – P. 133–136.
- Moukhametova O. N.** Reproductive and nursery potential of nearshore area in the East of Tatarskiy Strait // Proceedings of the 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice (Mombetsu, Hokkaido, Japan, 16–19 February 2014). – Mombetsu, 2014. – P. 288–291.
- Rumohr H.** Soft bottom macrofauna: Collection, treatment, and quality assurance of samples // ICES (International Council for the Exploration of the Sea) Techniques in Marine Environmental Sciences. – 1999. – No. 27. – P. 1–19.
- World** Register of Marine Species. Accessible via: <http://marinespecies.org/index.php>. 11.09.2022.