

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**СОВРЕМЕННОЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ
ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО
ЯПОНСКОГО МОРЯ**

Монография

Ответственный редактор: проф. Н.К. Христофорова

Владивосток
Издательский дом Дальневосточного федерального университета
2012

УДК 502.1
ББК 28.081
С56

Утверждено к печати Ученым советом
Школы естественных наук ДВФУ

Рецензенты: доктор биол. наук А.Ф. Волков,
доктор биол. наук Ю.Я. Латыпов

Фото на обложке А. Макарова

Современное экологическое состояние залива Петра Великого
С56 **Японского моря** : монография / отв. ред. Н.К. Христофорова. – Владивосток : Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. – 440 с. : ил.

ISBN 978-5-7444-2839-6

Книга является коллективной монографией, написанной ведущими специалистами в области изучения морской среды и биоразнообразия – морскими биологами, экологами, океанологами, геохимиками, биогеохимиками, микробиологами, многие годы изучающими состояние залива Петра Великого и населяющих его животных и растений. Она показывает современное состояние залива и те перемены, которые произошли в нем за последние 10–15 лет, вызванные изменением климата, развитием трансграничных перевозок, портовым строительством, обустройством городов, антропогенным воздействием.

Книга представляет интерес для широкого круга исследователей, изучающих прибрежные и шельфовые зоны морей, а также для специалистов по защите окружающей среды и руководителей природоохранных органов. Она будет полезна преподавателям, студентам и аспирантам экологических и биологических, естественнонаучных и гуманитарных направлений и специальностей. Также может быть рекомендована для использования учителям и старшеклассникам.

УДК 502.1
ББК 28.081

ISBN 978-5-7444-2839-6

© Дальневосточный федеральный
университет, 2012

FAR EASTERN FEDERAL UNIVERSITY

**CURRENT
ECOLOGICAL STATE
OF PETER THE GREAT BAY,
SEA OF JAPAN**

Monograph

Executive Editor: prof. N.K. Khristoforova

Vladivostok
Far Eastern Federal University Press
2012

UDC 502.1
BBC 28.081
C56

Reviewers: A.F. Volkov, doctor of biology,
Yu.Ya. Latipov, doctor of biology

Current Ecological State of Peter the Great Bay, Sea of Japan :
C56 monograph / executive editor prof. N.K. Khristorova. – Vladivostok : Far
Eastern Federal University Press, 2012. – 440 p. : il.

ISBN 978-5-7444-2839-6

The book is the collective monograph written by leading experts in the field of marine environment and biodiversity, such as marine biologists, ecologists, oceanologists, geochemists, biogeochemists, microbiologists, who for many years is studying the state of the Peter the Great Bay, animals and plants occupying it. It shows current state of the Bay and some changes which took place during the last 10–15 years caused by climate change, development of marine cities, ports, transboundary movements and anthropogenic influence.

The book is of interest for a wide range of the researchers studying coastal and shelf zones, and also for experts in environment protection and for the administrative managers of the nature protection organizations. It will be useful to lecturers, students and post-graduate students of the ecological, biological, geographical and humanitarian directions. It also can be recommended for use to teachers and upperclassmen.

UDC 502.1
BBC 28.081

ISBN 978-5-7444-2839-6

© Far Eastern Federal University, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	9
РАЗДЕЛ 1. СРЕДА И БИОТА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО	12
<i>Христофорова Н.К.</i> Залив Петра Великого: природные условия и биоразнообразие.....	12
<i>Григорьева Н.И.</i> Залив Посьета: физико-географическая характеристика, климат, гидрологический режим.....	31
<i>Арзамасцев И.С., Данченко М.А., Мишуков В.Ф.</i> Поверхностные течения залива Петра Великого.....	62
<i>Звалинский В.И., Тищенко П.П., Михайлик Т.А., Тищенко П.Я.</i> Эвтрофикация Амурского залива.....	76
<i>Нестерова О.В., Трегубова В.Г.</i> Органическое вещество в донных осадках залива Петра Великого.....	114
<i>Надточий В.А., Гальшиева Ю.А.</i> Современное состояние макробентоса залива Петра Великого	129
<i>Малютин А.Н., Гульбина А.В.</i> Дальневосточный морской биосферный заповедник ДВО РАН: история создания, биота, современное состояние.....	175
<i>Головащенко Е.В., Лукьянова О.Н.</i> Экосистемные услуги залива Петра Великого: классификация и экономическая ценность.....	191
<i>Звягинцев А.Ю.</i> Чужеродные виды в заливе Петра Великого	200
<i>Орлова Т.Ю.</i> Токсичные микроводоросли залива Петра Великого	227
<i>Обжиров А.И., Мишукова Г. И., Мишуков В.Ф.</i> Газохимические индикаторы подземных и наземных вод Приморья и морских вод залива Петра Великого.....	239

РАЗДЕЛ 2. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО	252
<i>Шулькин В.М., Семькина Г.И.</i> Поступление загрязняющих веществ в залив Петра Великого и оценка их вклада в создание экологических проблем	252
<i>Бузолева Л.С.</i> Санитарно-микробиологическая оценка и источники микробного загрязнения прибрежных морских вод.....	288
<i>Ковековдова Л.Т., Кику Д.П., Блохин М.Г.</i> Металлы в донных отложениях залива Петра Великого.....	312
<i>Боярова М.Д., Лукьянова О.Н.</i> Хлорорганические пестициды в двустворчатых моллюсках и рыбах залива Петра Великого.....	334
<i>Журавель Е.В.</i> Оценка экологического состояния залива Петра Великого по результатам эмбриотеста с плоскими морскими ежами <i>Scaphechinus mirabilis</i>	346
<i>Кобзарь А.Д., Христофорова Н.К.</i> Оценка загрязнения вод залива Петра Великого тяжелыми металлами по их содержанию в бурых водорослях-макрофитах.....	362
<i>Чернова Е.Н.</i> Фоновые концентрации металлов в зостере морской залива Петра Великого и оценка его современного экологического состояния	382
<i>Лукьянова О.Н., Ирейкина С.А.</i> Молекулярные биомаркеры в оценке реакции биоты на загрязнение среды залива Петра Великого.....	397
<i>Фадеева Н.П., Мордухович В.В.</i> Состав мейобентоса и количественное распределение свободноживущих нематод в бухтах Аякс и Парис острова Русский	415
<i>Яцук А.В., Обжиров А.И., Гресов А.И., Коровицкая Е.В.</i> Газохимия и геоэкология полигона твердых бытовых отходов г. Владивостока.....	426

CONTENTS

INTRODUCTION	9
PART 1. ENVIRONMENT AND BIOTA OF PETER THE GREAT BAY.....	12
<i>Khristorova N.K.</i>	
Peter the Great Bay: natural environment and biodiversity.....	12
<i>Grigoryeva N.I.</i>	
The Possyet Bay: physical-geographical characteristic, climate, and hydrological-hydrochemical regime	31
<i>Arzamastsev I.S., Danchenkov M.A., Mishukov V.F.</i>	
Surface currents in Peter the Great Bay	62
<i>Zvalinskiy V.I., Tishchenko P.P, Mikhailik T.A., Tishchenko P.Ya.</i>	
Eutrophication of the Amur Bay	76
<i>Nesterova O.V., Tregubova V.G.</i>	
Organic matter of the bottom sediments in Peter the Great Bay	114
<i>Nadtochy V.A., Galysheva Yu.A.</i>	
Modern condition of macrobenthos in Peter the Great Bay.....	129
<i>Malyutin A.N., Gulbina A.V.</i>	
Far East Marine Biosphere Reserve of FEB RAS: the history of establishment, biota and modern situation	175
<i>Golovashchenko E.V., Lukyanova O.N.</i>	
Ecosystem services of Peter the Great Bay: classification and economic value	191
<i>Zvyzgintsev A.Yu.</i>	
Alien species in Peter the Great Bay (sea of Japan)	200
<i>Orlova T.Yu.</i>	
Toxic microalgae in Peter the Great Bay of the sea of Japan.....	227
<i>Obzhirov A.I., Mishukova G.I., Mishukov V.F.</i>	
Gas geochemical indicators of underground and surface water of the land and marine water of Peter the Great Bay.....	239

PART 2. ANTROPOGENIC IMPACT ON PETER THE GREAT BAY	252
<i>Shulkin V.M., Semykina G.I.</i> Input of pollutants in Peter the Great Bay and assesment of their rol in forming of ecological problems	252
<i>Buzoleva L.S.</i> Sanitary-microbiological evaluation and sources of microbial contamination of coastal waters	288
<i>Kovekovdova L.T., Kiku D.P., Blokhin M.G.</i> Metals in botton sediments of Peter the Great Bay	312
<i>Boyarova M.D., Lukyanova O.N.</i> Persistent organochlorine pesticides in bivalve mollusks and fish from Peter the Great Bay.....	334
<i>Zhuravel E.V.</i> Estimation of Peter the Great Bay ecological state according to the results of embryotest by the sand dollar scaphechinus mirabilis.....	346
<i>Kobzar A.D., Khristoforova N.K.</i> Assessment of water pollution of Peter the Great Bay by heavy metals with using of brown algae.....	362
<i>Chernova E.N.</i> Background levels of trace metals in <i>Zostera marina</i> L. from Peter the Great Bay and bioassay its ecological condition.....	382
<i>Lukyanova O.N., Ireykina S.A.</i> Molecular biomarkers in assessment of biota response to the environmental pollution of Peter the Great Bay (Japan / east sea).....	397
<i>Fadeeva N.P., Mordukhovich V.V.</i> Meiobenthos and quantitative distribution of freeliving nematodes in the bays of Ayaks and Paris (Russky island), Peter the Great Bay	415
<i>Obzhirov A.I., Yatsuk A.V., Gresov A.I., Korovitskaya E.V.</i> Gas geochemical research and geocology of the dump of Vladivostok city.....	426

ПРЕДИСЛОВИЕ

В статьях и книгах морских биологов нередко можно встретить слова о том, что залив Петра Великого это настоящая жемчужина не только дальневосточных морей, но и всех морей России. Красивые подводные ландшафты, удивительное разнообразие животных и растений привлекают к себе и ученых, и любителей природы. Столь же удивительны и совершенно неповторимы берега залива. То приглубые, обрамленные суровыми вертикальными стенками – клифами, с круто спускающимися к урезу воды галечными и даже валунными пляжами, то отмельные, с мощным слоем мягких наносов, поставляемых впадающими реками, и ровными обширными песчаными пляжами.

Природа наградила эту сравнительно небольшую акваторию удивительным сочетанием контрастов. Как на берегу в лесу можно встретить холодолюбивую ель с растущим рядом виноградом, так и под водой попадаются настоящие южане и холодноводные северяне. Веточка теплого течения, огибающего Корею, приносит нам не только свои воды, но и так называемых южных мигрантов. И чем теплее климат, тем их больше. Но пришельцев из тропиков можно встретить не только в прибрежье на хорошо прогреваемом мелководье, но и в открытых водах. Идущее от пролива Невельского вдоль берегов северного Приморья холодное течение обеспечивает комфортные условия бореальным видам.

Залив привлекает к себе не только приморцев, но и тысячи туристов из других регионов. Где еще можно запросто увидеть, как греются на камнях нерпы, или обнаружить, плавая в воде, рядом собой их любопытные усатые морды с черными и круглыми, как большие бусины, глазами. А рододендрон Шлиппенбаха! Дальний Восток очень богат рододендами, и они украшают ранней весной голые склоны сопкок своими распустившимися малиновыми кустами. Но этот – очень редкий, с крупными нежно-розовыми, а вернее, розово-кремовыми цветками. А сосна могильная на крутых, как утесы, скалах на юго-западе залива, изяществом и изгибом линий напоминающая нам о Востоке! На хорошо прогреваемом мелководье живут тепловодные устрицы, удивительно различаясь морфологически. На мягких заиленных грунтах, как у о. Речного, они стоят вертикально, «вытягиваясь во весь рост», чтобы не быть засыпанными тонким песком и илом, а на каменистой косе, отходящей от о. Скребцова, они лежат на твердом грунте, отличаясь от своих собратьев из приустьевой зоны р. Раздольной небольшими, компактными размерами, с резко различающимися нижней и верхней створками. На больших глубинах, уже на внешнем шельфе залива, тралом добывают удивительно красивого и изящного с рифлеными створками холодноводного бело-розового гребешка. Он обычен возле Северных Курил, где воды всегда очень холодные (в августе 3–4°C), а у нас ему подходит температура, которая резко снижается к 100-метровой глубине (3°C).

Изучение животных и растений залива началось в 1930-е годы. Так что история его биологического исследования не насчитывает еще и сотни лет. Разные времена знал залив. Накануне Второй мировой войны, в конце 1930-х – начале 40-х годов, он буквально «кишел» сардиной иваси. Очевидцы-старожилы говорили, что ловить её можно было прямо подолом, заходя по колено в воду. Быстрое восстановление страны после войны, правительственные программы развития края и энтузиазм, с

которым работали люди, привели к росту и экономики, и населения. Морская специализация края и города Владивостока проявилась в судоремонте, машиностроении, приборостроении, создании военной техники, которые немыслимы без гальванических цехов. Гальванические стоки от Дальзавода сбрасывались в бухту Золотой Рог, а от заводов, расположенных в верховье Второй речки, сточные воды, несущие тяжелые металлы, поступали в Амурский залив. В глубоко врезанную закрытую бухту Находка также сбрасывались стоки от судоремонтных заводов. И металлы, и масла, и нефтеуглеводороды, и льяльные воды – весь индустриальный «букет», сбрасываемый хозяйственно-бытовыми стоками, сбрасывался в море практически без очистки. В конце 1970-х – начале 80-х годов морские биологи, сан-эпидемиологические службы, химики моря, геохимики, биогеохимики – все были встревожены растущим загрязнением. В эти годы опубликовано много научных работ, посвященных изучению и оценке как самого загрязнения и состояния окружающей среды в целом, так и последствий антропогенного и техногенного пресса на среду и биоту залива. Появившиеся комитеты природы несколько улучшили ситуацию.

Но вот пришли страшные 90-е годы. Рухнула политическая система, за считанные годы пришла в полный упадок экономика. Предприятия банкротились и закрывались. Заводы больше не сбрасывали токсичных стоков – они стояли. Очень медленно выбиралась страна, а вместе с ней и край из той ямы, в которую мы скатились к 1994–95 годам. Дефолт 1998 г. заметно задержал начавшийся медленный подъем экономики.

Гуляя как-то по берегу Угловского залива летом 2000 г., мы вдруг увидели девочку, которая ловила креветок. Господи, сколько было радости! Воспрял залив, ожил. А ведь в 60-е и 70-е годы в санаторно-курортной зоне Владивостока кулечки с красной вареной креветкой предлагались на каждом углу. В 80-х этого уже не было.

Но город жил. Теперь уже главным компонентом сточных вод стали хозяйственно-бытовые стоки. В стекающих в залив водах превалировали взвешенные вещества, органические вещества, а в них – жиры, биогенные элементы. Ни на день, ни на час не прерывалось наблюдение за заливом. Морские биологи все чаще встречали в его водах южных мигрантов, появлению которых способствовало потепление климата. Сотрудники ТИНРО, изучающие морские биологические ресурсы и их запасы, констатировали в 2005 г., что залив не обеднел и что биомасса бентоса в нем не снизилась.

Но вот подоспели и самые последние годы, окрашенные подготовкой к саммиту АТЭС. Строительство дорог, мостов, кампуса ДВФУ на о. Русском, пуск в работу долгожданных очистных (трех участков!), замена угля на газ на главной ТЭЦ города, перенос городской свалки на Горностае, долгие годы отравлявшей жизнь людей и Уссурийского залива, подальше от моря, ее рекультивация, приведение города в порядок – все это происходит на наших глазах.

Нас, конечно, ждут большие перемены. И они уже обозначились строительством нового нефтеналивного порта в бухте Козьмина, начавшейся с конца 2011 г. заправкой нефтью крупных океанических танкеров; намечающимся строительством нефтеперегонного завода; расширением Восточного порта в бухте Врангеля. Конечно, проблем с нефтью нам, по-видимому, не избежать. Как не избежать и поступления в залив с балластными водами судов, приходящих из более южных портов, новых вселенцев, не всегда желанных и даже опасных.

Чтобы трезво оценить ситуацию, чтобы знать плюсы и минусы появившихся перемен и предвидеть грядущие, необходимо было оглянуться на прошедшие годы, подвести некий итог изученному и достигнутому и подготовиться к решению новых задач. Это и попытались сделать ведущие специалисты, представители вузовской, академической и отраслевой науки, изложив свои взгляды и полученные знания об экологическом состоянии залива Петра Великого в коллективной монографии, которая специально задумывалась и готовилась к саммиту АТЭС 2012 г. во Владивостоке. Приятно отметить, что многие статьи являются коллективным творчеством работников разных учреждений, что говорит о взаимопроникновении, взаимном обогащении, сотрудничестве и доверии друг другу представителей разных ветвей науки.

Инициатором создания монографии выступила Международная кафедра ЮНЕСКО «Морская экология», которая была поддержана ректором университета.

Большой вклад в подготовку монографии внесла рабочая группа, состоявшая из С.А. Белой, В.Ю. Цыгынкова, В.В. Корскова.

Профессор Н.К. Христофорова

Июль 2012 г.

РАЗДЕЛ 1. СРЕДА И БИОТА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО: ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ

Н.К. Христофорова

*Дальневосточный федеральный университет,
Тихоокеанский институт географии ДВО РАН*

В статье показаны начальные этапы исследования залива, вклад гидрографов в описание его берегов и создание карты залива, охарактеризована геоморфология побережья и береговой линии, описан рельеф дна и характер грунтов. Детально рассмотрен климат юга Дальнего Востока России, показана его выдающаяся специфика – муссонность и ее отражение на всем ритме природных условий и существовании биоты. Охарактеризовано современное потепление климата и то следствие, которым оно сопровождается, – увеличение числа южных мигрантов в водах залива, смещение центров воспроизводства холодноводных видов рыб на север края и утрата промыслового потенциала акваторий, интродукция видов, поступающих с балластными водами из более южных портов, и развитие на фоне антропогенного воздействия на залив токсичных микроводорослей.

Показано многообразие населяющих залив животных и растений, обусловленное всем комплексом природных условий, т.е. разнообразием биотопов и ниш, занимаемых организмами, связанным с изрезанностью берегов, характером грунтов, течениями, динамикой вод, ветровым режимом, диапазоном температур, соленостью и другими факторами. Отмечено, что зал. Петра Великого – это самая богатая с точки зрения морского биоразнообразия акватория России.

Сделан акцент на промысловых объектах, их состоянии и в целом на использовании биологических ресурсов. Показано все развивающееся их применение в народном хозяйстве, в первую очередь в пищевой промышленности, медицинской и ветеринарной практике, в получении лечебно-профилактических средств.

Ключевые слова: Залив Петра Великого, природные условия, биоразнообразие, изменение климата и среды, влияние на биоту.

PETER THE GREAT BAY: NATURAL ENVIRONMENT AND BIODIVERSITY

N.K. Khristoforova

Far Eastern Federal University, Pacific Institute of Geography FEB RAS

The beginning of the investigation of the Peter the Great Bay, contribution of hydrographers into description of its coast and creation of the Bay's map are shown. The coast and coastline geomorphology is characterized, relief of the bottom and character of sediments is described. The climate of the South of the Russian Far East is considered in details, its outstanding monsoon peculiarity and its reflection on all rhythm of an environment and existence

of biota is shown. Modern climate warming and its results is characterized. This is an increase in number of the southern migrants in the Bay's waters, moving of reproduction centers of coldwater species of fish to the north and loss of trade capacity of water areas, introduction of species arriving with ballast waters from more southern ports, and a blooming of toxic microalgae as a result of anthropogenous impact.

The diversity of animals and plants occupying the Bay, caused by all complex of an environmental conditions, i.e. a variety of biotopes, connected with a coast unevenness, bottom sediments, currents, hydrodynamics, winds, temperature, salinity and other factors is shown. It is noted that the Peter the Great Bay is the richest the water area of Russia in marine biodiversity.

It is laid emphasis on fishing grounds, their state and in whole use of biological resources. An increase of their using in national economy, first of all in the food industry, medical and veterinary practice, in production of biologically active substances is shown.

Keywords: Peter the Great Bay, environmental conditions, biodiversity, climate change, impact on biota.

История открытия и начало исследования залива. Обширная морская акватория, которая теперь называется заливом Петра Великого, долгое время оставалась неисследованной. Изучение залива началось с его юго-западной части. Первым посетил эти воды в 1854 г. русский фрегат «Паллада» на переходе из Кронштадта к берегам реки Амур. Его экипаж тщательно исследовал, описал и нанес на карту побережье от реки Тюмень-Ула (Туманная) до мыса, получившего название Гамова, в честь гардемарина Гамова, плававшего на «Палладе». Всей описанной водной акватории офицеры фрегата присвоили имя участника гидрографических работ капитан-лейтенанта К.Н. Посьета, ставшего со временем адмиралом. Ограниченность во времени и необходимость следовать к конечному пункту назначения в Татарский пролив не дали морякам возможности осмотреть северную часть залива, они лишь точно определили его крайние границы – река Тюмень-Ула и мыс Поворотный. Крымская война немного приостановила изучение залива, но с 1857 г. для усиления обороны дальневосточной границы России и исследования дальневосточных морей на Дальний Восток стали систематически посылаться корабли Балтийского флота. Уже в течение 1858–59 гг. воды залива посетили такие русские суда, как пароходо-корвет «Америка», клиперы «Стрелок», «Опричник», «Наездник», «Разбойник», корветы «Рында», «Гридень», «Посадник» и другие суда (Масленников, 1965; Сушков, 1972).

В середине июня 1859 г. для осмотра открытых гаваней сюда прибыл из Николаевска-на-Амуре на пароходо-корвете «Америка» генерал-губернатор Восточной Сибири Н.Н. Муравьев-Амурский. В этом историческом плавании участвовали также корветы «Боярин», «Воевода», «Новик» (в честь этих трех корветов названы бухты на острове Русский) и транспорт «Японец». Именно Н.Н. Муравьев-Амурский дал заливу имя Петра I – основоположника русского флота, «прорубившего окно в Европу», инициатора исследования Тихого океана, организатора первой экспедиции Витуса Беринга. Во время этого плавания были открыты залив Америка (теперь Находка) с бухтой Находка (спокойная, закрытая от всех ветров, она оказалась настоящей находкой для судна, искавшего укрытия от штормового ветра). По предложению Н.Н. Муравьева-Амурского получили названия заливы Уссурийский (в память об окончательном присоединении реки Усури к России), Амурский (в память о присоединении Амура к России), Славянский (в знак того, что эти места принадлежат славянам – русским),

остров Русский (в честь народа, совершившего выдающиеся географические открытия в северной части Тихого океана). Обойдя о. Русский на пароходе-корвете «Америка», Н.Н. Муравьев-Амурский оценил выгодное стратегическое положение бухты, открывающейся в пролив Босфор Восточный, вход в которую прикрывал остров, назвав ее Золотым Рогом. В этом плавании получила имя бухта Экспедиции в зал.Посьета, названная в память о встрече экспедиции Н.Н. Муравьева-Амурского и топографической экспедиции К.Ф. Будогосского, по материалам маршрутных съемок которого была составлена первая карта Уссурийского края.

Н.Н. Муравьев-Амурский предложил присваивать островам, бухтам и мысам имена русских кораблей и моряков, исследовавших воды Японского моря. Назовем лишь еще несколько имен. Так, зал. Восток носит имя паровой шхуны «Восток», вошедшей в историю русского флота на Тихом океане. После совместного плавания с фрегатом «Паллада» в 1854 г. шхуна (командир – капитан-лейтенант В.А. Римский-Корсаков) была первым морским судном, прошедшим Татарским проливом из Японского моря в Охотское и еще 30 лет исследовала Японское и Охотское моря. На самом юго-востоке зал Находка есть небольшая бухта Козьмина, названная в честь морского офицера П.Т. Козьмина, дважды обогнувшего земной шар. В честь самого Н.Н. Муравьева-Амурского, видного государственного деятеля своего времени, одного из инициаторов освоения и заселения побережья Японского моря, был назван полуостров, расположенный между Амурским и Уссурийским заливами (Масленников, 1965; Сушков, 1972). Выдающейся заслугой генерал-губернатора Н.Н. Муравьева перед Отечеством было подписание Айгуньского (1858 г.) договора между Китаем и Россией об установлении границы по Амуру и принадлежности Уссурийского края к территории России. Указом Александра II от 26 августа 1858 г. он получил графское достоинство и присвоение к имени названия Амурского.

С основанием поста Владивосток в 1860 г. значение зал. Петра Великого настолько возросло, что потребовалось немедленное, систематическое и детальное его картографирование. Инициатором гидрографических работ в Татарском проливе и зал. Петра Великого явился подполковник корпуса флотских штурманов В.М. Бабкин. Под его руководством в период с 1860 по 1863 гг. на разных судах было тщательно обследовано побережье южной части Приморья от зал. Владимира до границы с Кореей. В 1880 г. было организовано специальное гидрографическое подразделение «Отдельная съемка Восточного океана». Его основной задачей являлось систематическое изучение зал. Петра Великого.

Большой вклад в начало изучения залива внес корвет «Витязь» под командованием вице-адмирала С.О. Макарова, который в 1886–87 гг. совершил переход из Кронштадта в Тихий океан. Обычное учебное плавание военного корабля стало известно всему миру благодаря большим гидрологическим работам, проводившимся во время рейса. Экипаж судна произвел океанографические исследования, сделал первый морской промер зал. Петра Великого и тщательно изучил две удобные бухты в зал. Посьета – Троицы и Витязь. Бухта Витязь, правильно нанесенная офицерами корвета на карту, получила свое название в 1888 г.

К 1897 г. гидрографические работы успешно завершились составлением подробной карты залива (Масленников, 1965).

Залив Петра Великого – один из крупнейших заливов Японского моря, уникальное явление природы, богатейший район дальневосточных морей России по обилию и

разнообразие населяющих его животных и растений. Каковы же причины, обусловившие появление такой жемчужины среди морских акваторий нашей страны?

Рельеф побережья и дна. Зал. Петра Великого имеет берега типично риасового расчленения (см. обложку и разворот), что обусловлено как геологическим строением побережья, так и колебаниями уровня океана в плейстоцен-голоценовое время. Особенностью риасового побережья является наличие многочисленных бухт, полуостровов, островов, отдельных выступающих из воды скал-кекуров. При ширине почти в 200 км залив имеет протяженность береговой линии около 1500 км, а с учетом островов – около 1700 км. Наиболее крупными бухтами и заливами второго порядка являются Амурский, Уссурийский, Посыета, Славянский, Стрелок, Восток, Находка. Продолжением п-ова Муравьев-Амурский являются крупные острова: Русский, Попова, Рейнеке, Рикорда, архипелаг Римского-Корсакова. На западе залива выделяется о. Фуругельма, на востоке – о-ва Аскольд и Путятин.

Береговая линия залива за время его существования претерпела значительные изменения как в результате разрушающего действия волн (абразия), так и накопления продуктов разрушения суши (аккумуляция) – песков, галечников и илов, выносимых в прибрежную зону реками и ливнями (Масленников, 1965; Жирмунский, Краснов, 1976; Мануйлов, 1990).

На формировании берегов залива отразилось чередование трансгрессивных и регрессивных эпох (наступления и отступления моря). Риасовый тип берегов залива образовался в позднем плейстоцене, когда береговая линия располагалась близко к современному уровню. Затем последовала сильная регрессия Японского моря, вызванная позднелейстоценовым похолоданием. Уровень моря понизился до 110–130 м, и современный шельф превратился в субэвральную аккумулятивно-денудационную равнину (Кулаков, 1973; Короткий, 1977; Петренко, 1983). Примерно 17 тыс. лет назад началась мощная трансгрессия, вызванная потеплением климата. Однако она шла не монотонно, а прерывалась короткими периодами похолодания, в результате которых наблюдалась остановка уровня моря или даже кратковременная регрессия. Следствием этих колебаний являются древние береговые линии, отмечающиеся на шельфе на глубинах 110–120 м, 80–90, 52–60, 42–48, 30–35, 10–20 м (Кулаков, 1973; Короткий, 1975).

Наступление климатического оптимума вызвало быстрый подъем уровня моря и глубокую ингрессию морских вод. В это время образовались самые крупные заливы – Амурский и Уссурийский. Происходила интенсивная абразия берегов, сопровождавшаяся накоплением в бухтах и заливах осадков, а также образованием аккумулятивных форм (Мануйлов, 1990). Происхождение заливов Находка и Восток также связано с ингрессией моря по долинам, имеющим северо-восточное протирание. Таким образом, риасовые берега это ингрессионные берега горных районов с развитой речной сетью, подтопленные морем в результате сильного подъема его уровня.

Согласно Ю.Д. Маркову (1983), мощность голоценовых осадков максимальна в вершинах заливов (30 м в Амурском заливе). При продвижении на открытый шельф их мощность резко сокращается (до 5 м на глубине 50–60 м). На еще больших глубинах, начиная с 60–70 м, на отдельных участках они вообще выклиниваются.

6 тыс. лет назад уровень моря достиг современной отметки, однако его понижения и подъемы происходили постоянно. Так, еще 800–900 лет назад береговая линия была на 1–3 м выше современной (Кулаков, 1973; Пушкар, 1979).

Дно крупных заливов представляет собой слабонаклонные аккумулятивные равнины, на поверхности которых залегают голоценовые и современные морские пелитовые и мелкоалевритовые илы. Уклон поверхностей равнин в сторону моря небольшой, составляет в среднем 0,0008–0,001 в крупных заливах и более 0,001 в мелких заливах и бухтах.

Особенностью подводного рельефа Уссурийского и Амурского заливов является наличие больших валов субширотного простирания. В Амурском заливе вал простирается от южной оконечности п-ова Песчаного до о. Русского. Он известен под названием Муравьевского порога, его превышение около 8 м. Значительную часть дна, находящуюся севернее порога, слагают пелитовые и алеврито-пелитовые илы темно-серого цвета. В этой северной части происходит аккумуляция почти всего материала твердого стока р. Раздольной. Южнее порога рельеф дна более контрастный, с уклонами у островов до 0,02–0,04, у материкового побережья – 0,003–0,02. В Уссурийском заливе подводное возвышение выражено более рельефно, его превышение составляет 18 м, и оно также делит залив на северную и более глубоководную южную части. Северная является впадиной, где осаждается большая часть твердого стока рек Артемовка, Суходол, Петровка, ее дно выстилают алеврито-пелитовые илы. Дно южной части представляет собой почти идеальную ровную поверхность, слабо наклоненную в сторону внешней части шельфа. Подводный рельеф архипелага сильно осложнен абразионными останцами, кекурами, грядами, многочисленными банками. Южнее островов Циволько и Желтухина расположена депрессия, протянувшаяся в сторону открытого моря (Петренко, Мануйлов, 1988).

Строение побережья зал. Петра Великого. Известный геоморфолог В.П. Зенкович (1962), характеризуя берега бухт, относил их, в зависимости от крутизны уклонов, к приглубым (у мысов) и отмелым (в вершинах бухт). Особенностью их развития является абразия мысов и подача образующегося материала местными вдольбереговыми потоками к вершинам бухт, а также поступление наносов со дна на пляж в вершинных частях акваторий, что завершается образованием выровненного аккумулятивно-абразионного берега (рис. 1).

На основе различия в строении берегов и подводного берегового склона, а также берегоформирующих процессов В.С. Петренко и В.А. Мануйлов (1988) провели геоморфологическое районирование побережья залива, выделив в его пределах шесть районов. Первый, самый южный, *Посьетский*, находится на юго-западе залива Петра Великого. По морфологическим признакам он четко разделяется на несколько участков. На самом юге района находится Хасанское взморье с выровненным аккумулятивным берегом. Это единственный участок южного Приморья, где наблюдается вдольбереговой поток наносов. Вглубь побережья уходит аллювиально-морская равнина с многочисленными озерами и старицами, образование которой связывают с миграцией русла р. Туманной. Берега района отличаются сильной изрезанностью. Здесь находятся многочисленные хорошо известные многим приморцам бухты – Экспедиции, Новгородская, Алеут, Троицы, Витязь, Калевала, Сивучья. Одни из них являются ингрессионными, другие образовались в результате отчленения акваторий протяженными аккумулятивными формами. Берегоформирующие процессы этого района характеризуются либо поступлением наносов со дна при значительной отмелости берега, либо аккумуляцией терригенного материала в приусть-

евых зонах, что сопровождается расширением площадей низких прибрежных равнин и медленной абразией мысов и полуостровов.

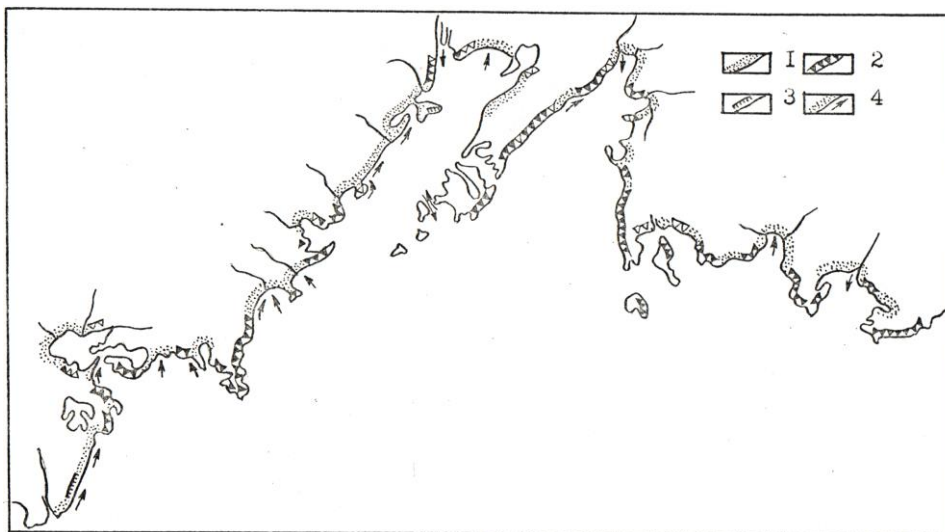


Рис. 1. Схема морфологии и динамики берегов зал. Петра Великого: 1 – аккумулятивные берега; 2 – абразионные берега; 3 – размыв аккумулятивных берегов; 4 – направление перемещения наносов (по: Петренко, Мануйлов, 1988)

Fig. 1. Pattern of morphology and dynamic of Peter the Great Bay: 1 – accumulative shores, 2 – abrasion shores, 3 – scooping of accumulative shores, 4 – shifting of sediments

От п-ова Гамова до п-ова Ломоносова авторами выделяется *Славянский* район, имеющий северо-восточное простираие береговой линии и открытый волнам юго-восточного направления, которые имеют максимальное развитие в период летнего муссона. Для него, как и для первого района, характерна значительная изрезанность берега. При этом южная часть района, приуроченная к Гамовскому гранитному массиву, выделяется типичными зубчатыми берегами. В результате денудации и избирательной абразии, здесь образовалась серия небольших, но приглубых бухт, разделенных высокими мысами, с неширокими прислоненными пляжами в их вершинах. В северной части района картина заметно меняется. Здесь расположены более крупные бухты – Бойсмана, Баклан, Нарва и зал. Славянский. В вершины этих бухт впадают довольно крупные водотоки – Рязановка, Пойма, Брусья, Нарва, которые выносят в год около 40 000 т взвешенного и влекомого материала. Из-за обильного терригенного стока берега отличаются отmelостью, а за счет поступления наносов со дна их отличает расширение площадей аллювиально-морских равнин, хотя у мысов развиты абразионные платформы, с возвышающимися над их поверхностью многочисленными кекурами.

Третий район – *Амурский*. Это собственно Амурский залив. Здесь, с одной стороны, гидродинамика вод намного слабее, чем в открытой части зал. Петра Великого, с другой – сюда выносятся более половины твердого стока южноприморских рек –

более 700 000 т материала в год. По расчетам В.С. Петренко и В.А. Мануйлова (1988), скорость осадконакопления (в основном алевритового и пелитового материала) в настоящее время превышает 1 мм в год. Именно вынос аллювия влияет на динамику берегов и формирование обширных прибрежных равнин в этом районе.

Островной район включает крупные острова Русский, Попова, Рейнеке, Рикорда и целый ряд более мелких островов и скал. Их образование связано с голоценовым этапом послеледниковой трансгрессии, когда море затопило южную часть п-ва Муравьев-Амурский, оставив над поверхностью воды лишь отдельные его вершины. Затопленные седловины и перевалы горного хребта являются в настоящее время проливами – Босфор Восточный, Старка и др. На островах нет ни рек, ни крупных ручьев. Абразионные и аккумулятивные формы рельефа сформированы здесь исключительно волновыми процессами. Берега островов, обращенные к открытому морю, имеют, как правило, высокие клифы и широкие бенчи, по сравнению с берегами, омываемыми водами Амурского залива, где волнение ослаблено.

Динамика береговой зоны здесь совершенно иная. Обломочный материал в основном уходит вниз к подножью крутых подводных береговых склонов или формирует узкие прислоненные галечные и валунные пляжи. В очень редких случаях наблюдается подача наносов со дна, например, в б. Пограничной на о. Попова. Отмелый берег этой бухты сложен мелкозернистым хорошо сортированным песком.

Уссурийский район расположен в границах одноименного залива, который образовался в раннем голоцене в затопленной ингрессионными водами долине р. Артемовки. Берега залива высокие, крутые, обрывистые и, за исключением вершины, занятой бухтой Муравьиная, приглубые. Они сложены прочными коренными породами. На некоторых береговых обрывах видны следы денудационных процессов (осыпи, конуса выносов), что, согласно В.И. Лымареву (1966), связывают с закрытостью берегов от волнения, а также влажным и теплым климатом Южного Приморья. Западные берега отличаются слабой изрезанностью, выравненностью и небольшими открытыми бухтами. Для восточных берегов характерны большая изрезанность, глубоко вдающиеся закрытые и полузакрытые бухты: довольно крупные – Суходол, Большого Камня, Андреева и малые – Ильмовая, Пяти охотников, Подъяпольского. В приурезовой части наносы имеют очень малую мощность, образуя гравийно-галечные и валунные пляжи. Песчаные пляжи наблюдаются редко. Они образуются лишь в тех бухтах, куда впадают реки, например в Лазурной и Суходол. На севере этого района, в вершинах бухт Суходол и Муравьиная сформированы аллювиально-морские равнины.

Между мысами Сысоева (южная оконечность восточного берега Уссурийского залива) и Поворотный расположен *Находкинский* район. Из-за характера изрезанности береговой линии В.С. Петренко и В.А. Мануйлов (1988) называют его мелкореисовым: многочисленные заливы и бухты этого района – Находка, Стрелок, Восток, Анна, Рифовая и другие не превышают ширины 10 км.

Климат. Дальний Восток расположен на стыке самого крупного континента Земли – Евразии и величайшего из океанов – Тихого, или Великого. Именно этим и обусловлена особенность климата этого региона – муссонная циркуляция, т.е. сезонная смена воздушных потоков с материка и океана, связанная с неравномерностью их нагревания и охлаждения, которая прослеживается до 70° с. ш. Но муссоны Дальнего Востока, согласно определению Воейкова-Хромова-Рамеджа (Хромов, 1956),

это не только сезонная смена преобладающего ветра, но и перенос с воздушными потоками воздушных масс с определенными свойствами, накладывающий влияние на общий режим погоды в конкретный сезон.

Зимой над Сибирью и Монголией воздух сильно выхолаживается и, опускаясь к поверхности Земли, уплотняется. Здесь создается область высокого атмосферного давления, так называемый Азиатский максимум. Над более теплой поверхностью океана воздух в это время более разрежен, здесь создается область пониженного атмосферного давления – Алеутский минимум. Вследствие большего атмосферного давления над сушей воздух перемещается в сторону моря. Возникает зимний муссон, сопровождаемый северо-западными, западными и юго-западными ветрами, приносящими на весь Дальний Восток, за исключением Камчатки и Чукотки, сухой и сильно охлажденный воздух, ясную и очень морозную погоду.

Над океаном воздух, принесенный с континента, встречается с более теплым, насыщенным влагой, морским воздухом умеренного пояса. Следствием столкновения этих воздушных масс является образование Тихоокеанского полярного фронта, сопровождающегося возникновением приполярнофронтовых циклонов, с которыми связаны сильные ветры на побережье Японского моря, в низовьях Амура, на Сахалине, Курильских островах, Камчатке и в восточной части Чукотки, а также снегопады и метели. Вынос морского умеренного, сравнительно теплого воздуха в передней части циклонов является причиной не только снегопадов и снежных буранов, но и потеплений, которые в прибрежных районах, особенно на полуостровах и островах, могут быть очень выраженными (Крохин, 2008).

Летом материк нагревается намного быстрее океана. Теплый воздух поднимается вверх, и над сушей устанавливается область пониженного давления. Над океаном же сохраняется зона повышенного давления, смещающаяся к северу в виде Северотихоокеанского максимума. Теперь уже влажный морской воздух устремляется в сторону материка, образуя летний муссон. Он представляет собой два воздушных течения – морского умеренного воздуха к северу от 40° с.ш. и морского тропического к югу от 40° с.ш. На стыке воздушных масс вновь возникает атмосферный фронт, вдоль которого проходит серия циклонов, сопровождающихся сильными ветрами и ливневыми осадками. Очень мощные тропические циклоны называются тайфунами. В зону их действия попадает главным образом побережье Японского моря, Курильские острова, Сахалин, Камчатка. При тайфунах в сутки может выпасть более 300 мм осадков.

Как отмечает В.В. Крохин (2008) со ссылкой на исследования О.Г. Сорочана, летний муссон характеризуется двумя стадиями. В первой стадии (первая половина лета) муссон переносит с юго-восточными ветрами с океана относительно влажный морской умеренный воздух. Над термически неоднородной поверхностью моря (холодные течения и льды) образуются туманы и мелкие как пыль моросящие дожди. На Средних Курилах, например, где температура воды летом находится в пределах 3–5°С (из-за холодного океанского течения, идущего вдоль восточных берегов Курильских островов), в июле число дней с туманами может достигать 26, в августе – даже 30 дней (Христофорова, 1987). Во второй стадии муссон переносит также в юго-восточном потоке теплые и влажные океанические воздушные массы из более низких широт. Но этот теплый воздух часто оказывается отрезанным от земной поверхности и течет поверх более холодного. С этим верхним течением морского тропического воздуха как раз и связаны обильные осадки, характерные для южных районов

Дальнего Востока во вторую половину лета. На юге Приморского края в июне–августе выпадает более 60% суммарного за год количества осадков. Таким образом, муссон, подчеркивает В.П. Тунеголовец (2008), – это не только смена ветра от зимы к лету, это еще и преобладание осадков в один из периодов года.

Муссонная циркуляция особенно ярко выражена в южной части Дальнего Востока.

Континентальный муссон заметно преобладает над морским: во Владивостоке, например, ветры северо-западного и смежных с ним направлений господствуют с сентября по март. Поэтому в Приморье число часов солнечного сияния очень велико. Однако поэтому же в Приморье устанавливается холодная для столь низких широт зима. Так, во Владивостоке, расположенном южнее Сочи, средняя температура января почти такая же, как в Москве, хотя умеряющее влияние океана не позволяет температуре воздуха падать до -40°C , что возможно на широте Москвы.

По количеству солнечного тепла Приморье не уступает Крыму и Черноморскому побережью Кавказа. Число часов солнечного сияния во Владивостоке за год составляет 2015, в солнечной же Армении в Ереване оно равно 2177. Однако во Владивостоке прямая солнечная радиация в январе (12,1 кал) почти в два раза больше, чем летом (6,2 кал в июне), и число часов солнечного сияния в январе (181 ч) гораздо больше, чем в июле (129 ч) (Барткова, Стоценко, 1971).

В переходные сезоны, весной и осенью, происходит перестройка циркуляционных процессов. Весной, в апреле–мае, происходит постепенное разрушение зимнего антициклона, осенью, в сентябре–октябре, наблюдается постепенный переход от летнего типа циркуляции к зимнему. Хотя осенний и весенний типы циркуляции, являясь переходными к основным сезонным типам, имеют некоторое сходство, однако различия в прогреве подстилающей поверхности весной и осенью, а также, следовательно, и в температуре приземного слоя воздуха, обуславливают заметное различие в свойствах воздушных масс. В южных районах Дальнего Востока первая половина сентября еще считается летним месяцем – в это время здесь тихо и солнечно. Циклоническая деятельность постепенно смещается на океан, и лишь с середины ноября наблюдается окончательный переход к зимнему типу циркуляции.

Как отмечал еще в конце 19 в. выдающийся климатолог А.И. Воейков в книге «Климаты земного шара», муссонная циркуляция Дальнего Востока, как ни в каком другом регионе мира, обуславливает очень резкие изменения всех метеорологических элементов (Крохин, 2008).

На региональный климат Дальнего Востока наложило свой отпечаток так называемое «глобальное потепление», которое является выдающейся особенностью современного климата. Поверхностная температура планеты за 150 лет метеонаблюдений увеличилась почти на 1°C , причем за последнее столетие она возросла на $0,7\text{--}0,8^{\circ}\text{C}$. На территории России потепление за столетие было более высоким, чем для земного шара в целом, составив почти 1°C . Наибольший рост средней годовой температуры ($3,5^{\circ}\text{C} / 100$ лет) наблюдался в Прибайкалье – Забайкалье, Средней Сибири, Приамурье и Приморье (Груза, Ранькова, 2003, 2006). Средний уровень Мирового океана за минувшее столетие повысился на 15–20 см. В нынешнем столетии ожидается продолжение повышения поверхностной температуры Земли, которое составит по разным расчетам $1,5\text{--}5,8^{\circ}\text{C}$, а уровень океана повысится на 0,1–0,9 м.

Выразительной иллюстрацией реакции биоты на изменение климата является поведение ихтиофауны юга Дальнего Востока, которая, отличаясь самым высоким

для морских вод России видовым разнообразием, характеризуется непостоянством числа видов и их заметным ростом в теплые годы за счет проникновения сюда значительного количества субтропических и даже тропических видов рыб. Оценивая изменения в количестве видов рыб – южных мигрантов, приходящих в воды Приморья, на вековом отрезке (с 1901 по 2003 гг.) по десятилетиям, А.С. Соколовский с соавторами (2004) выявили, что их число буквально следовало за климатом, в небольшой степени корректируясь биотическим (хищники) и антропогенным (вылов) факторами (табл. 1).

Таблица 1. Изменение числа видов рыб – южных мигрантов в водах Приморья с 1901 по 2003 гг. (Соколовский и др., 2004)

Table 1. Change of number fish species – coming from south areas in the Prymorye's waters from 1901 to 2003

Вековой отрезок времени по десятилетиям	01–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–00	01–03
Число видов рыб – южных мигрантов	24	35	51	53	26	22	16	25	32	50	37

На фоне общих закономерностей изменения глобального климата отмечается активизация региональных и локальных климатообразующих факторов, которая создает мозаичную картину температурных изменений как на суше, так и на поверхности океана. Согласно А.В. Адрианову (2007), в Дальневосточном регионе отчетливые климатические изменения достоверно описываются лишь на локальном уровне. Например, активизация теплого Цусимского течения в Японском море выразилась в том, что в 2003 г. его воды распространились до 49° с.ш., обогрев верхний слой воды не только вблизи юго-восточного Приморья, но и в южной части Татарского пролива. Распространение масс теплой воды было зафиксировано в сентябре этого года в Сахалинском заливе и у Шантарских островов (Ванин, 2004). Согласно Л.А. Гайко (2005), проанализировавшей данные метеонаблюдений за последние 50 лет, средняя температура поверхностных вод зал. Петра Великого за этот период увеличилась почти на 0,6°C. Но росла она не равномерно по всему заливу. В юго-западной части залива (зал. Посыета), к примеру, температура воды увеличилась на 0,25°C, в центральной части (заливы Амурский и Уссурийский) – на 0,94°C, что сопровождалось появлением в этих водных массах тропических и субтропических видов морской биоты. Потепление поверхностных вод залива связывают с активизацией теплого Северо-Корейского течения. По крайней мере, по спутниковым данным, вдоль материкового побережья на акваторию залива периодически, с апреля по октябрь, забрасываются вихревые массы теплой воды, которые достигают западной его части за 2–3 недели. В северо-восточной же части залива, находящейся под влиянием подходя-

щего с севера холодного Приморского течения, а также, очевидно, апвеллинга, наиболее благоприятные условия для развития которого на шельфе Приморья складываются в осеннее время (Жабин и др., 1993), среднегодовая поверхностная температура уменьшилась за полвека на 0,27°C (Гайко, 2005, 2008). Как показали специальные исследования, выполненные в последние годы (Юрасов и др., 2007; Юрасов, Вилянская, 2008), апвеллинг в зал. Петра Великого развивается в период действия северо-западных муссонных ветров, т.е. в осенне-зимний сезон (сентябрь–февраль). При этом, как подчеркивают Г.И. Юрасов и Е.А. Вилянская (2008), особенностью апвеллинга в зал. Петра Великого, отличающей его от известных зон, где он выражен непосредственно у берега, является подъем вод в близкой к береговому склону зоне, на глубинах 50–60 м.

Анализируя соотношение холодо- и теплолюбивых двустворчатых моллюсков из кайнозойских отложений, А.И. Кафанов (2001) показал, что и в прежние исторические эпохи климатические процессы в разных районах дальневосточных морей довольно часто шли не синхронно или в противофазе. Г.В. Груза и Э.Я. Ранькова (2003, 2004) также отметили, что при очень заметном потеплении на юге Сибири, Приамурье и Приморье, наблюдавшемся в конце XX столетия, на северо-востоке России этого не происходило. Более того, в наиболее полно охваченном наблюдениями главном рыбопромысловом бассейне России – Охотском море – зафиксировано значительное похолодание после 1997 г. (Хен и др., 2002).

Потепление поверхностных вод зал. Петра Великого приводит не только к постоянному увеличению числа южных мигрантов (в настоящее время из более чем 300 видов рыб, зарегистрированных в заливе, одна треть являются пришельцами из южных вод – Соколовский, Соколовская, 2005; Соколовский и др., 2011), но и выживаемости тепловодных видов, привнесенных в результате антропогенных биоинвазий. Сотрудниками Института биологии моря ДВО РАН, обследовавшими сотни судов, портовых гидротехнических сооружений и экспериментальных пластин, а также естественные сообщества обрастателей в зал. Петра Великого, показано, что за 10 лет в залив были занесены и сейчас проходят различные стадии акклиматизации и натурализации 17 субтропических видов морских бесозвоночных животных (гидроидные, усногие, амфиподы, полихеты, мшанки, асцидии). Все они входят в состав сообщества обрастателей гидротехнических сооружений. За счет быстрого роста видов-обрастателей нагрузка на гидротехнические сооружения края увеличилась в несколько раз, достигая 22–25 кг, а иногда и 40 кг на квадратный метр (Звягинцев, 2005). Пока еще негативные последствия не так велики. Но чтобы представить, как может вырасти эта проблема, стоит внимательнее посмотреть на нее, исходя из международного опыта. В прибрежных водах США, к примеру, в конце XX в. было зарегистрировано около 500 морских и эстуарных видов-вселенцев (Ruiz et al., 2000). В 1990-е гг. США и Австралия ежегодно получали в свои прибрежные экосистемы по 79 млн т балластных вод из судов, прибывших из-за пределов территориальных вод, что заставило эти страны ужесточить государственный контроль за переносом водного балласта. Не говоря об общем мировом ущербе, остановимся всего на двух примерах того вреда, который могут принести вселенцы. Североамериканский гребневик *Mnemiopsis leidyi*, вселившись в Черное море в 1980-х гг., вызвал экономические потери из-за снижения запасов хамсы около 240 млн долларов США в год. В 2006 г. вся отрасль марикультуры моллюсков и ракообразных Новой Зелан-

дии была временно закрыта для внутреннего и внешнего рынков из-за вспышки численности интродуцированных с балластными водами токсичных микроводорослей («цветение» воды).

До настоящего времени в порты зал. Петра Великого ежегодно заходило 16 тыс. судов, принося в залив не менее 1млн т необработанных балластных вод из разных районов Мирового океана (Звягинцев, 2005). С началом работы нефтеналивного терминала в б. Козьмина (а он начал работать в конце 2011 г.) количество приходящих судов сильно возрастет. По крайней мере, для доставки нефти в страны АТР планируется в год заход 830 супертанкеров водоизмещением 150–300 тыс. т. Таким образом, объем нерегулируемого сброса балластных вод увеличится во много раз.

Потепление может сопровождаться миграцией холодноводных видов для нереста в более холодные воды. Смещение к северу основных центров воспроизводства дальневосточных лососей и утрата реками южного Приморья нерестового значения приведет к неэффективности местных рыбопроизводных заводов и к неуклонному снижению промыслового потенциала залива. В то же время практической выгодой потепления может стать масштабное развитие морской аквакультуры, для которой в Приморье сформировались идеальные природные условия, а также развитие индустрии подводного туризма (Адрианов, 2007).

Биоразнообразие залива. Географическое положение, гидрологический режим и климатические условия обусловили как флористическое, так и фаунистическое разнообразие залива. Зал. Петра Великого расположен в Японском море, которое является самым богатым по биоразнообразию из всех морей России. Из почти 3000 видов беспозвоночных животных, описанных из Японского моря, 2900 известны из зал. Петра Великого (Адрианов, 2009). К настоящему времени в зал. Петра Великого описаны почти 4 000 видов морских организмов (водорослей, морских грибов, беспозвоночных животных, рыб, морских птиц и млекопитающих).

В заливе отмечены 70 видов морских грибов; 100 видов кишечнополостных; 677 видов плоских, круглых и кольчатых червей; 322 вида моллюсков, среди которых такие ценные промысловые объекты, как приморский гребешок, мидия Грея, устрица, нептуния, букцидум, головоногие моллюски (кальмары и осьминоги); 618 видов ракообразных, в том числе 93 вида десятиногих раков, из которых ценными объектами промысла являются камчатский, синий, колючий, волосатый и мохнатукий крабы, десятки видов креветок; 74 вида иглокожих, из которых наиболее ценными являются дальневосточный трепанг, японская кукумария, пять видов морских ежей (Адрианов, 2009).

Мы уже отметили, что среди встреченных в заливе видов рыб примерно одну треть составляют южные мигранты. С теплыми водами Северо-Корейского течения в зал. Петра Великого регулярно заходят меч-рыба, сабля-рыба, рыба-луна, еж-рыба, фугу, летучие рыбы, акула-молот (в водах Приморья отмечены 12 видов акул, в том числе и опасные для человека). В южной части залива постоянными обитателями являются тепловодные морские иглы и морские коньки, морские лисички и морские петухи. Летом, в конце июля–августе, воды открытого моря прогреваются до +23°C, а в полузакрытых бухтах – до +28°C. Это и привлекает в залив южных мигрантов и обеспечивает выживание в летнее время субтропической фауны. Тепловодными представителями, встречающимися в заливе, являются сардина-иваси, скумбрия, анчоус, сельдь коносир, сарган, сайра, полурыл. Зимой же температура соленых вод

может снижаться до $-1,8^{\circ}\text{C}$, что создает оптимальные условия для умеренной и арктической биоты. Рядом с тепловодными видами соседствуют бореально-арктические, бореальные, низкобореальные. Холодноводными промысловыми видами являются треска, навага, минтай, дальневосточные лососи, камбаловые (Адрианов, 2009; Соколовский и др., 2011).

В российских водах Японского моря отмечены около 30 видов морских млекопитающих, но постоянно живет в зал. Петра Великого самая южная популяция тюленя-ларги, или пестрой нерпы. Ларга обитает в основном на островах Морского заповедника, где размещено большинство ее лежбищ и максимально исключен фактор беспокойства со стороны человека. Самые крупные лежбища расположены на о-вах Римского-Корсакова. Численность ларги в заливе достигает 2500 экз. (Трухин, Катин, 2004; Трухин, 2008).

Впечатляет также и растительное разнообразие. В заливе описаны 640 видов морских водорослей. Среди них встречаются и очень ценные виды – анфельция, грацилярия, ламинарии.

Ламинария японская, всем известная морская капуста, предпочитает чистые прозрачные холодные воды, поэтому в зал. Петра Великого образует небольшие скопления у островов. В Приморье ее основные запасы сосредоточены между мысами Поворотный и Бычий. Крупные слоевища ламинарии японской достигают биомассы до 100 кг на кв. м на глубинах до 12 м. В условиях плантаций марикультуры возможно получение до 50–60 т ламинарии с 1 га на юге и 120–130 т с 1 га – на севере Приморья (Крупнова, 2002). Основным структурным компонентом клеточной стенки и межклеточного вещества бурых водорослей является полисахарид альгиновая кислота, содержание которой достигает 40 % к массе сухих веществ (Кизеветтер и др., 1981). Она присутствует в водорослях в виде альгинатов – ее солей. Альгиновая кислота и альгинаты не перевариваются в ЖКТ человека, т.е. не имеют пищевой ценности. Однако человек использует эти полисахариды из-за большого количества их других достоинств. Альгинат кальция – нерастворимая в воде соль альгиновой кислоты. Используется для получения альгиновой кислоты и альгината натрия, а также в качестве биологически активной добавки, энтеросорбента тяжелых металлов, радионуклидов и других токсинов, как источник кальция и пищевых волокон. Особенно широко применяется альгинат натрия. Он растворяется в воде с образованием вязких, клейких растворов при небольшой концентрации (0,2–0,5 %). При повышении концентрации до 2–3 или 3–4% в водном растворе образуются густые текучие пасты. Благодаря этому замечательному свойству альгинат натрия используется в качестве загустителя и стабилизатора пищевых мясных, молочных и рыбных продуктов. В виде 1 %-ных растворов его применяют в качестве лечебно-профилактического средства в комплексной терапии при лечении гастроэнтерологических заболеваний. Из отходов при производстве альгинатов получают не менее ценные вещества – аминокислотный концентрат, сахаро-спирт манит, являющийся запасным веществом, снабжающим энергией окислительно-восстановительные процессы в клетках водорослей, быстрорастворимую вкусовую приправу, содержащую глутаминовую кислоту, минеральные соли и йод, а также комплекс йодсодержащих биологически активных веществ (Титлянов, Пешеходько, 1973; Ковалева и др., 1999; Подкорытова и др., 1998; Подкорытова, 2001; Подкорытова, Вишневская, 2003а,б). Из многих веществ, которые содержат бурые водоросли, выделяются своим количе-

ством витамины. Так, к примеру, в ламинарии провитамина А в два раза больше, чем в томатах, и в 100 раз больше, чем в яблоках; витамина В3 – в два раза больше, чем в шпинате, и в 10 раз больше, чем в яблоках, капусте и томатах; витамина С в бурых водорослях столько же, сколько в томатах, и в два раза больше, чем в яблоках. Они также ценны присутствием витаминов В1, В2, В6, В9, В12, Е и РР (Титлянов и др., 2011а).

Красные водоросли, по сравнению с бурыми и зелеными, богаты белками. Их содержание может достигать 27% сухой массы, причем белки красных водорослей перевариваются ферментами и бактериями желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) человека, а наличие в их составе незаменимых аминокислот повышает их питательную ценность. Среди белков красных водорослей выделяются лектины, которые используются в борьбе с вирусными заболеваниями, болезнями крови, а также с иммунодефицитом. Однако самую большую известность красные водоросли приобрели благодаря наличию в них агара – сульфатированного полисахарида, расположенного в клеточных стенках, а также в межклеточниках. Как известно, агар не растворяется в холодной воде, но абсорбирует воду и разбухает, образуя рыхлый гель, который при подогреве до 80°C плавится и образует вязкий раствор. Из всех изученных водорослей наибольшее содержание агара выявлено у видов рода *Gracilaria*. У неприкрепленной формы *G. verrucosa* (= *G. vermiculophylla*), обитающей на краю ареала в лагунах южного Приморья, содержание агара в естественных условиях колебалось от 30 до 40% и от 25 до 52% сухой массы в культуре. Самой же большей прочностью обладает гель у видов родов *Gelidium* и *Ahnfeltia*. В зал. Петра Великого анфельция образует огромные придонные поля, плавающие над поверхностью грунта на глубинах от 1 до 20 м при толщине слоя до 1 м; в Приморье четыре таких поля. Плавающие поля анфельции – уникальные экосистемы, встречающиеся только в Приморье. Анфельция и грацилярия – ценнейшие агароносы. Получаемый из них агар широко применяется в фармакологии, микробиологии, текстильной и пищевой промышленности. В последней он используется в производстве хлебо-булочных изделий, молочных продуктов, различного рода напитков, в консервировании мяса и рыбы, а также как диетическая добавка. Агар не переваривается в ЖКТ человека.

Выдающейся особенностью красных водорослей являются их пигменты, особенно фикоэритрин (красный пигмент), которого нет ни в высших растениях, ни в бурых и зеленых водорослях. Пигменты красных водорослей полезны для человека, используются в медицине, а также в пищевой промышленности как стойкие красители. Своеобразие пигментов красных водорослей является их адаптивной реакцией на обитание на больших глубинах и недостаток света, (Биология анфельции, 1980; Титлянов и др., 1993; Адрианов, 2009; Титлянов и др., 2011б). Среди полисахаридов клеточных стенок красных водорослей имеются также каррагинаны, которые, как и агар, являются гелеобразователями. На Дальнем Востоке каррагинан получают из хондруса шиповатого *Chondrus armatus*, который, как и два других вида хондросов *Ch. pinnulatus* и *Ch. platinus*, образует промысловые запасы в прибрежных водах Сахалина, Курильских островов и зал. Петра Великого (Суховеева, Подкорытова, 2006).

Полисахариды, выделенные из высших и низших растений, нашли применение в медицинской и ветеринарной практике как энтеросорбенты радионуклидов, тяжелых металлов, бактериальных токсинов. Препараты на основе полисахаридов проявляют иммуномодулирующее, антибактериальное, антиоксидантное, гиполипидемическое,

ранозаживляющее действие (Renn, 1993; Лоевко, Артюков, Козловская и др., 1997; Хасина и др., 2001, Хасина, Кривоногова, 2009, 2010, и др.). В последние годы получил признание новый полисахарид, выделенный из панциря камчатского краба, – хитозан. И хотя он уже хорошо известен и часто используется в профилактической медицине для повышения неспецифической устойчивости организма к различным неблагоприятным факторам, исследователи продолжают выявлять все новые и новые свойства этого полисахарида и препаратов на его основе. В первую очередь, они ценятся как антиоксиданты, стимуляторы работоспособности, детоксикаторы (Jeon, Hwang, Park et al., 2003; Хасина и др., 2005, и др.).

Многие виды животных из прибрежной зоны дальневосточных морей используются как источники биологически активных веществ (БАВ), широко применяемых как лечебно-профилактические средства патологических состояний. Так, уже несколько лет активно используется выделенный из тканей двусторчатых моллюсков (мидия Грея, гребешок приморский, анадара, корбикула и др.) БАВ «Моллюскам» – комплекс аминокислот, в том числе незаменимых (Давидович, Пивненко, 2001). Гонады двусторчатых моллюсков и рыб являются сырьем для производства БАВ «ДНКАС», «ДНКАВИТ», основным действующим компонентом которых являются нуклеиновые кислоты (Позднякова и др., 2003). Из костно-хрящевой ткани рыб и нервной ткани головоногих моллюсков получен комплекс БАВ (глюкозамины, хондроитинсульфаты, пептиды), послуживший основой для БАВ «Артротин» и «Тинростим».

Из беспозвоночных животных также широкое использование как сырья для производства БАВ имеют голотурии, водно-спиртовой экстракт которых («ТИНГОЛ») является адаптогеном (Слущкая и др., 2003).

Современные технологии позволяют получать БАВ и на основе водорослевых полисахаридов («Альгилоза кальция», «Витальгин», «Ламиналь» и др.), являющиеся необходимым компонентом питания больных с заболеваниями желудочно-кишечного тракта и при профилактике йододефицита (Подкорытова, 2001, 2004; Суховеева, Подкорытова, 2006).

В последние годы активно исследуется и применяется БАВ «Фуколам», представляющий сочетание фукоидана и альгината натрия, выделенных из бурых водорослей – фукуса исчезающего и ламинарии японской, корректирующий липидный и углеводный обмен (Шевченко, Запорожец, Звягинцева и др., 2010; Филонова, Запорожец, Ермолицкая и др., 2011, и др.).

Литература

Адрианов А.В. Предисловие. Экологические региональные проблемы Дальнего Востока России и проект «Реакция морской биоты на изменение природной среды и климата» // Реакция морской биоты на изменение природной среды и климата : материалы Комплексного регионального проекта ДВО РАН по программе Президиума РАН. Владивосток : Дальнаука, 2007. С. 7–18.

Адрианов А.В. Биологическое разнообразие залива Петра Великого Японского моря // Уссурийский залив: современное экологическое состояние, ресурсы и перспективы природопользования : матер. междунар. науч.-практич. конф. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. С. 10–12.

- Барткова И.И., Стоценко А.В.* Приморье // Российская Федерация. Дальний Восток. М. : Мысль, 1971. С. 235–264.
- Биология анфельции. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1980. 124 с.
- Боровская Г.А., Эпштейн Л.М.* Физико-химические свойства тинростима и его применение в медицине // Изв. ТИНРО. 1999. Т. 125. С. 176–184.
- Давидович В.В., Пивненко Т.Н.* Аминокислоты двустворчатых моллюсков: биологическая роль и применение в качестве БАД // Изв. ТИНРО. 2001. Т. 129. С. 146–153.
- Гайко Л.А.* Особенности гидрометеорологического режима прибрежной зоны залива Петра Великого (Японское море). Владивосток : Дальнаука, 2005. 151 с.
- Гайко Л.А.* Особенности температурного режима заливов Восток и Находка (юго-восточная часть залива Петра Великого) // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря / отв. ред. д. г.-м. н. А.С. Астахов, к. г. н. В.Б. Лобанов. М.: ГЕОС, 2008. С. 97–110.
- Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Климат России: потепление продолжается // Наука и жизнь. 2003. № 11. С. 56–61.
- Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата // Метеорология и гидрология. 2004. № 4. С. 50–66.
- Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Наблюдаемые изменения современного климата // Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий: проблемы Киотского протокола. М. : Наук, 2006. С. 60–74.
- Жабин И.А., Грамм-Осипова О.Л., Юрасов Г.И.* Ветровой апвеллинг у северо-западного побережья Японского моря // Метеорология и гидрология. 1993. № 10. С. 82–86.
- Жирмунский А.В., Краснов Е.В.* Введение // Животные и растения залива Петра Великого. Л. : Наука, Ленингр. отд., 1976. С. 9–17.
- Звягинцев А.Ю.* Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана. Владивосток : Дальнаука, 2005. 432 с.
- Зенкович В.П.* Основы учения о развитии морских берегов. М. : Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.
- Кафанов А.И.* Современное глобальное потепление и метакхронность природных процессов в северо-западной Пацифике // Вестн. РАН. 2001. № 1. С. 39–42.
- Кизеветтер И.В., Суховеева М.В., Шмелькова Л.П.* Морские водоросли и травы Дальневосточных морей. М. : Пищ. промышленность, 1981. 113 с.
- Ковалева Е.А., Вишневская Т.И., Подкорытова А.В.* Разработка технологии вкусовой быстрорастворимой приправы из *Laminaria japonica* // Изв. ТИНРО. 1999. Т.125. С. 462–466.
- Короткий А.М.* Колебания уровня Японского моря и древние береговые линии на его шельфе (северо-западный сектор) // Проблемы геологии шельфа. М.: Наука, 1975. С. 117–122.
- Короткий А.М.* Этапы становления рельефа и осадконакопление в прибрежной зоне материкового сектора Японского моря // Морская геология и геологическое строение областей питания (Японское и Охотское море). Владивосток: ДВНЦ АН ССР, 1977. С. 59–82.
- Крохин В.В.* Главные синоптические процессы региона // Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков: в 3 т. / колл. авторов; под общ. ред. академика П.Я. Бакланова. Т. 1. Природные геосистемы и их компоненты / колл. авторов; отв. ред. С.С. Ганзей. Владивосток : Дальнаука, 2008. С. 119–124.
- Крупнова Т.Н.* Марикультуа бурых водорослей в Приморье: современное состояние и перспективы развития // Пути решения проблем изучения, освоения и сохранения био-

ресурсов Мирового океана в свете морской доктрины Российской Федерации до 2020 г. : матер. Всерос. конф. М. : ВНИРО, 2002. С 196–201.

Кулаков А.П. Четвертичные береговые линии Охотского и Японского морей. Новосибирск : Наука, 1973. 188 с.

Ли Б.Д., Титлянов Э.А. Адаптация бентических растений к свету. III. Содержание фотосинтетических пигментов в морских макрофитах из различных по освещенности мест обитания // Биол. моря, 1978. № 2. С. 47–55.

Лымарев В.И. Некоторые данные по геоморфологии и вертикальным движениям берегов Уссурийского залива в Японском море // Развитие морских берегов в условиях колебательных движений земной коры. Таллин, 1966. С. 138–143.

Мануйлов В.А. Подводные ландшафты залива Петра Великого. Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 1990. 168 с.

Масленников Б.Г. Залив Петра Великого. Владивосток : Дальневосточное книжное издательство, 1965. 76 с.

Марков Ю.Д. Южноприморский шельф Японского моря в позднем плейстоцене и голоцене. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1983. 128 с.

Петренко В.С. Формирование и эволюция рiasового побережья Приморья: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М. : МГУ, 1983. 26 с.

Петренко В.С., Мануйлов В.А. Физическая география залива Петра Великого. Владивосток : ДВГУ, 1988. 147 с.

Пивненко Т.Н., Клычкова Г.Ю., Ковалев Н.Н., Эпштейн Л.М. Состав и биологическая активность хрящевой ткани гидробионтов // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 133. С. 325–332.

Подкорытова А.В. Лечебно-профилактические продукты и биологически активные добавки из бурых водорослей // Рыбн. хоз-во. 2001. № 1. С. 51–52.

Подкорытова А.В. Водоросли и морские травы морей России: состояние и перспективы // Рыбная промышленность. 2004. № 3. С. 40–43.

Подкорытова А.В., Аминина Н.М., Левачев М.М., Мирошниченко В.А. Функциональные свойства альгинатов и их использование в лечебно-профилактическом питании // Вопросы питания. 1998. № 3. С. 26–29.

Подкорытова А.В., Вишневская Т.И. Морские бурые водоросли – естественный источник йода // Парафармацевтика. 2003а. № 2. С. 22–23.

Подкорытова А.В., Вишневская Т.И. Морские бурые водоросли – естественный источник йода // Парафармацевтика. 2003б. № 3. С. 18–19.

Позднякова Ю.М., Пивненко Т.Н., Касьяненко Ю.И. Влияние эндогенных ферментов на состав олигонуклеотидов при их выделении из гонад гидробионтов // Прикладная биохимия и микробиология. 2003. № 5. С. 524–529.

Пушкарь В.С. Биостратиграфия осадков позднего антропогена юга Дальнего Востока. М. : Наука, 1979. 139 с.

Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Енур И.В., Азарова И.А. Вековые изменения в составе и числе рыб – южных мигрантов в ихтиофауне северо-западной части Японского моря // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 136. С. 41–56.

Соколовский А.С., Соколовская Т.Г. Климат, рыбный промысел и динамика разнообразия ихтиофауны залива Петра Великого на вековом срезе // Вестник ДВО РАН. 2005. № 1. С. 43–50.

Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы залива Петра Великого. Владивосток : Дальнаука. 2011. 431 с.

Слуцкая Т.Н., Тимчишина Г.Н., Плаксен Н.В., Хильченко Н.С. Обоснование использования «ТИНГОЛа-2» в качестве биологически активной добавки к пище // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 133. С. 313–317.

Суховеева М.В., Подкорытова А.В. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2006. 243 с.

Сушков Б.А. Дальневосточные моря и побережья (Историко-географический обзор). Владивосток: Дальневосточное книжное издательство, 1972. 95 с.

Титлянов Э.А., Пешиходько В.М. О транспорте ассимилятов в талломах морских прикрепленных водорослей. Транспорт ассимилятов и отложение веществ в запас // Тр. Биолого-почвенного института. 1973. Т. 20. 123 с.

Титлянов Э.А., Новожилова А.В., Чербаджи И.И. Анфельция тобучинская. М. : Наука, 1993. 223 с.

Титлянов Э.А., Титлянова Т.В., Белоус О.С. Полезные вещества морских бурых макроводорослей: химическое строение, физико-химические свойства, содержание, использование // Изв. ТИНРО. 2011а. Т. 164. С. 416–431.

Титлянов Э.А., Титлянова Т.В., Белоус О.С. Полезные вещества морских красных водорослей (Rhodophyta): химическая структура и содержание // Изв. ТИНРО. 2011б. Т. 165. С. 305–319.

Трухин А.М., Катин И.О. Современное состояние тюленя ларги (*Phoca largi* Pallas) // Дальневосточный Морской биосферный заповедник. Т. 1. Исследования (сб. ст.) / Отв. ред. А.Н. Тюрин. Владивосток : Дальнаука, 2004. С. 482–491.

Трухин А.М. Пестрая нерпа (*Phoca largi* Pallas, 1811) в экосистеме залива Петра Великого // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря / Отв. ред. д. г.-м. н. А.С. Астахов, к. г. н. В.Б. Лобанов. М. : ГЕОС, 2008. С. 243–261.

Тунеголовец В.П. Пространственные особенности муссонной циркуляции // Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков: в 3 т. / колл. авторов; под общ. ред. академика П.Я. Бакланова. Т. 1. Природные геосистемы и их компоненты / колл. авторов; отв. ред. С.С. Ганзей. Владивосток : Дальнаука, 2008. С. 124–127.

Филонова Н.В., Запорожец Т.С., Ермолицкая С.А. и др. Влияние фукоидана из *Fucus evanescens* на показатели цитокинового статуса у пациентов с хроническим гепатитом С // Цитокины и воспаление. 2011. № 4. С. 105–110.

Хасина Э.И., Требухов Е.Е., Золотухина О.Н. Влияние альгиновой кислоты из бурой водоросли *Laminaria cichorioides* на физическую активность экспериментальных животных // Биол. моря. 2001. Т. 27. № 3. С. 221–224.

Хасина Э.И., Сребнева М.Н., Ермак И.М., Горбач В.И. Хитозан и неспецифическая резистентность организма // Вестник ДВО РАН. 2005. № 1. С. 62–71

Хасина Э.И., Кривоногова А.С. Протекторное действие альгината натрия при поражении желудка, индуцированных эмоциональным стрессом, индометацином и пестицидами // Аграрный вестник Урала. 2009. № 11. С. 92–94.

Хасина Э.И., Кривоногова А.С. Гиполипидемическое действие зостерина – пектина из морской травы *Zostera marina* // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 6. С. 92–94.

Хен Г.В., Ванин Н.С., Фигуркин А.Л. Особенности гидрологических условий в северной части Охотского моря во второй половине 90-х гг. // Изв. ТИНРО. 2002. Т.130. С. 12–31.

Христофорова Н.К. Десять дней на островах Ушишир // Химия и жизнь. 1987. № 11. С. 89–93.

Хромов С.П. Муссоны в общей циркуляции атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1956. 255 с.

Шевченко Н.М., Запорожец Т.С., Звягинцева Т.Н. и др. Коррекция липидного обмена у пациентов с облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей сульфатированным полисахаридом из бурой водоросли *Fucus evanescens* // Тихоокеанский мед. журнал. 2010. № 4. С. 47–50.

Юрасов Г.И., Ванин Н.С., Рудых Н.И. Особенности гидрологического режима зал. Петра Великого в осенне-зимний период // Изв. ТИНРО. 2007. Т.148. С. 211–220.

Юрасов Г.И., Вилянская Е.А. Характерные особенности осенне-зимнего апвеллинга в заливе Петра Великого // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря / Отв. ред. д. г.-м. н. А.С. Астахов, к. г. н. В.Б. Лобанов. М.: ГЕОС, 2008. С. 73–82.

Jeon T.J., Hwang S.G., Park N.G. et al. Antioxidative effect of chitosan on chronic carbon tetrachloride induced hepatic injury in rat // Toxicology. 2003. Vol. 187. № 1. P. 67–73.

Renn D. Medical and biotechnological applications of marine macroalgal polysaccharides // Marine Biotechnology / Eds. D.H. Attaway. O.R. Zaborsky. N.Y.: Plenum Press, 1993. Vol. 1. P. 181–196.

Ruiz G.M., Fofonoff P.W., Carlton J.T., Wonham M.J., Hines A.N. Invasion of coastal marine communities in north America: apparent patterns, processes, and biases // Annual review of Ecology and Systematics. 2000. V. 31. P. 481–531.

**ЗАЛИВ ПОСЬЕТА:
ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА,
КЛИМАТ, ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ**

Н.И. Григорьева

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН

В обзоре представлено краткое описание климата, геоморфологических и гидролого-гидрохимических условий зал. Посьета (Японское море); приведены распределения температуры воды, солености, содержания растворенного кислорода и водородного показателя для западных мелководных бухт в разные сезоны года. Для регулярных станций представлены среднемесячные и экстремальные значения параметров за 1979–2007 гг.

Согласно анализу многолетних данных, зал. Посьета характеризуется как акватория с особым термическим режимом и своеобразным химизмом вод, подверженным значительным суточным, сезонным и межгодовым колебаниям всех факторов среды. В исследованной части залива температура воды имеет максимум сезонных колебаний, которые вызваны высоким летним прогревом вод и интенсивной зимней конвекцией, снижающей температуру воды до точки замерзания. Здесь в зимний период – с ноября по март наблюдается гомотермия, в летний – с июня по сентябрь – сезонный термоклин со значительными градиентами. Поскольку совместное действие всех абиотических факторов может приводить к изменениям структуры биоценозов и оказывать значительное влияние на разнообразие населяющих их организмов, особенно на фоне климатических изменений последних лет, мониторинг экологических условий в таких акваториях должен проводиться постоянно, с наибольшим числом контролируемых параметров и выявлением устойчивых тенденций их изменений.

Ключевые слова: зал. Посьета, климат, гидрология, гидрохимия.

**THE POSSYET BAY: PHYSICAL-GEOGRAPHICAL CHARACTERISTIC,
CLIMATE, AND HYDROLOGICAL-HYDROCHEMICAL REGIME**

N.I. Grigoryeva

A.V. Zhirmunsky Institute of Marine Biology of the FEB RAS

Climate, geomorphological, and hydrological conditions are briefly described in the paper. Changes of the temperature, salinity, dissolved oxygen, and environmental reaction (pH) were investigated in shallow bights of the Possyet Bay (Sea of Japan). Monthly average and extreme values of ranges of parameters were shown for monitoring hydrographic stations. Measurements of parameters were made in the course of 1979–2007.

The analysis of data collected for a long period of time allowed to make certain conclusions about the Possyet Bay as the area that had particular thermal regime and hydrochemical parameters, as well as great daily, seasonal, and year-to-year variations of all environmental factors. The studied part of the bay was peculiar in the widest range of the seasonal water temperature oscillations, because of the strong warming up in the summer and intensive convection in the winter, which made water temperature fall to the freezing point. The period of November through March was characterized by homothermy, and the period of June through

September, by seasonal thermocline with considerable gradients. Considering that combined impact of all abiotic factors can result in the disruption of the structure of biocenoses and have a pronounced effect on the diversity of organisms, environmental monitoring of this water area should be continued.

Keywords: Possyet Bay, climate, hydrology, hydrochemistry.

Основными показателями современной эпохи являются глобальные и региональные климатические изменения на планете, вследствие чего стали изменяться направления течений, водообмен внутри морских акваторий, материковый сток, состав и структура морской биоты. В Японском море тенденция к увеличению температуры поверхностных вод связана с активизацией теплого Северо-Корейского течения, и, как следствие данного процесса, отмечено постоянное увеличение доли видов – южных мигрантов в водах зал. Петра Великого. В то же время, наиболее ценные промысловые виды стали мигрировать для нереста в более холодноводные участки, что может привести к утрате промыслового потенциала отдельных акваторий. Таким образом, острота существующих проблем позволяет ставить вопрос о разработке концепций по предотвращению последствий происходящих в регионе изменений природной среды и климата и продолжению гидрометеорологических наблюдений за акваториями залива.

Зал. Посыета является наиболее исследованным в зал. Петра Великого и в настоящее время остаётся основным центром воспроизводства беспозвоночных, самым крупным на Дальнем Востоке России. Накопленный нами многолетний материал позволяет описать его современное экологическое состояние и представить гидрологические и гидрохимические характеристики вод; показать основные схемы течений; описать сезонную и межгодовую изменчивость всех гидрологических и гидрохимических параметров в условиях современного изменения климата.

Физико-географическая характеристика залива. Зал. Посыета располагается на юге Приморья между мысами Суслова и Гамова от 42°31' с. ш. 130°52' в.д. до 42°33' с. ш. 131°13' в.д. и вдаётся в сушу на 31 км (17 миль) (рис. 1). Весь район сложен рiasовыми берегами со сложноизогнутым контуром береговой линии и с характерным рельефом прилегающей местности. Залив окружают обширные низменности в несколько километров, песчаные пляжи, косы и мысы с узкими галечными полосами и надводными камнями (Тихий океан, 1967; Мануйлов, 1987, 1990; Петренко, 1993). Район имеет очень живописные береговые ландшафты. Череда обрывистых скальных участков перемежается пляжами с чистыми морскими водами прилегающих акваторий. Берега бухт, как правило, низкие, отмелые, прорезанные впадающими речками и ручьями. Мысы скалистые, возвышенные, местами видны обнажения горных пород.

Береговая линия зал. Посыета сильно изрезана и образует множество бухт, наиболее крупными из которых являются бухты: Экспедиции, Новгородская, Постовая, Рейд Паллада, Клыкова (Халовой), Миноносек, Крейсерок, а также зал. Китовый с бухтами Алеут, Троицы и Витязь. Западный берег представляет собой чередующиеся возвышенные участки с заболоченными низинами; в центре находится узкая песчаная коса Назимова. Северный берег более гористый, здесь располагаются возвышенные полуострова: Новгородский, Краббе и Зарубина, соединенные с материком низкими перешейками. Восточный берег залива образует п-ов Гамова, имеющий такой же гористый рельеф с глубоко врезающимися в сушу бухтами.



Рис. 1. Карта залива Посыета: 1 – п-ов Краббе, 2 – п-ов Зарубина, 3 – б. Постовая, 4 – б. Посыетский Рейд, 5 – б. Крейсера, 6 – б. Витязь

Fig. 1. Map of the Possyet Bay: 1 – the Krabbe peninsula, 2 – the Zarubina peninsula, 3 – the Postovaya Bight, 4 – the Possyetski Reid Bight, 5 – the Kreiserok Bight, 6 – the Vitaz Bight

Западные мелководные бухты зал. Посыета (с глубинами меньше 20–25 м) подразделяются на внутренние и внешние (рис. 1). Внутренние бухты – Экспедиции, Новгородская, Постовая и Посыетский Рейд – сообщаются с открытой частью залива (б. Рейд Паллада) через узкий пролив, водообмен через который сильно ограничен. Внешние бухты – это небольшие вторичные бухты Клыкова (Халовой), Миноносек, Крейсера и довольно крупная и глубокая б. Рейд Паллада. С запада она отделена от б. Экспедиции узкой песчаной косой. Западная часть бухты мелководная, с глубинами около 10 м, восточная – глубоководная, с глубинами 20–25 м. Б. Рейд Паллада имеет площадь $65,6 \cdot 10^6$ м², средняя глубина составляет 15,1 м (Вышкварцев, 1984). Общая протяженность западной внутренней части акватории залива с запада на восток составляет 17 км. Во внутренние бухты впадает множество рек и ручьев, и сами они очень мелководны (кроме б. Посыетский Рейд). Основные реки района – Гладкая, Цукановка, Камышовая, Тесная и Лебединка – впадают в б. Экспедиции. Эти реки имеют неустойчивый водный режим с паводками, приходящимися преимущественно на летний период. Расходы рек составляют от 2,5 м³/ч зимой до 14400 м³/ч – летом (Даричева и др., 1962).

Зал. Китовый располагается в восточной части зал. Посыета от м. Дегера до м. Гамова (рис. 1). Это открытый район с узкой полосой прибрежного мелководья и глубинами от 20 до 40 м во всей остальной акватории. Наиболее значительными по величине здесь являются бухты Алеут, Троицы и Витязь. Б. Троицы располагается в северо-восточной части зал. Китовый. Открыта к югу, вдается в материк на 6 км. Ширина у входа составляет 1,7 км. Основные глубины на фарватере составляют

20–35 м; северная и западные части бухты мелководны. Б. Витязь располагается в восточной части зал. Посьета. Длина составляет 2,8 км, расстояние между входными мысами – 1,5 км, площадь водного зеркала – 3,8 км², средняя глубина – 21 м, максимальная глубина – 39 м.

Донные осадки. Для зал. Посьета характерно большое разнообразие донных осадков (рис. 2). По условиям седиментации, литологическому и химическому составу осадков поверхностного слоя выделены зоны современной и реликтовой седиментации (Лихт и др., 1983; Донные ландшафты..., 1985; Мануйлов, 1987, 1990). Общий фон осадков в береговой зоне залива образован мелкими песками, в бухтах доминируют илы, вокруг мысов и островов залегают гравийно-галечные отложения. На глубинах до 1–1,5 м в открытых участках залива грунт преимущественно каменисто-галечный, с выходами скалистой плиты; у аккумулятивных песчаных пляжей он песчанистый, в полузакрытых бухтах – гравийно-галечный с отдельными камнями или илисто-песчанистый с галькой. На глубинах от 1–1,5 до 10–12 м у открытых скалистых берегов грунт представляет собой скалистую плиту с отдельными крупными камнями; галькой и обломками скал, у аккумулятивных берегов – песчанистый ил, простирающийся до глубин 4–6 м, глубже переходящий в илистый песок с галькой, гравием и ракушей. Местами донные осадки содержат мертвые раковины устриц, отдельные камни и гравий. В открытых участках залива преобладают илисто-песчанистые грунты с галькой, гравием и ракушей, которые, глубже, на 15–17 м, постепенно сменяются песчанистым илом. Галечно-валунные отложения залегают повсеместно в прибойной зоне и представляют собой навалы гранитных накатанных обломков размером до 1 м (Мануйлов, 1987, 1990).

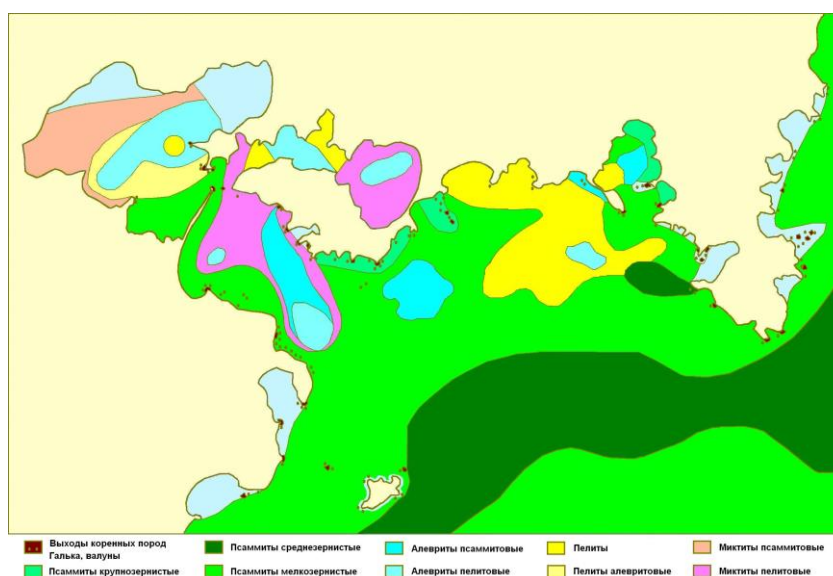


Рис. 2. Карта поверхностного слоя осадков зал. Посьета (по: Дударев и др., 2002)

Fig. 2. Bottoms sediments of the Possyet Bay (from Дударев и др., 2002)

Характерными элементами мелководных бухт являются также рифы, как био-генного происхождения (устричные банки), так и сложенные коренными породами. Они локально располагаются среди илистой равнины, образуя иногда в закрытых бухтах целые системы рифовых построек. Форма их различна, высота рифов бывает от 0,4 до 6,0 м. Особенно изобилует рифами б. Экспедиции (Вышкварцев, Пешеходько, 1984).

Климатические условия зал. Петра Великого определяет муссонный климат. По климатологической классификации (Алисов и др., 1954). Дальний Восток относится к муссонной области умеренного пояса. Для данной области характерна сезонная смена воздушных течений, возникающих под влиянием термических контрастов между континентом и океаном.

Метеорологический режим залива Посъета определяют муссонная циркуляция атмосферы, географическое положение района, положение траекторий циклонов, эпизодический выход тайфунов и воздействие проходящих струй холодного Приморского и теплого Северо-Корейского течений. С октября–ноября по март, вследствие действия сформировавшихся барических центров атмосферы (азиатского максимума и алеутского минимума атмосферного давления), происходит перенос холодного континентального воздуха с материка на море. Это – зимний муссон. В результате в заливе устанавливается морозная, малооблачная погода с небольшим количеством осадков и преобладанием ветров северного и северо-западного направлений. С мая–июня по август–сентябрь действует летний муссон. В первую половину лета (до середины июля) идет вынос воздушных масс с Охотского моря, обуславливая прохладную, пасмурную погоду с туманами и морозящим дождем. С середины июля данный район переходит под действие других воздушных масс, и здесь начинает преобладать теплая погода с относительно небольшим количеством осадков и туманами. Такой характер погоды часто нарушается интенсивной циклонической деятельностью. Прохождение циклонов сопровождается увеличением облачности до сплошной, выпадением ливневых осадков, ухудшением видимости и значительным штормовым ветром.

В переходные сезоны характер погоды неустойчивый. Весной температура воздуха сравнительно низкая, возможны длительные периоды сухой погоды. Ветровой режим характеризуется частой сменой направлений. Осень обычно теплая, сухая, с преобладанием ясных и солнечных дней. Как правило, теплая погода держится в отдельные годы до конца ноября. Для зал. Посъета – это лучшее время года.

Ветер. В годовом ходе направления и скорости ветра четко прослеживаются сезонные изменения. В холодную половину года значительную повторяемость имеют ветры западного направления, в теплую – восточного. В береговой зоне на направление основного переноса воздушных масс существенное влияние оказывает орография берегов. Сложный рельеф побережья зал. Посъета искажает общий ветровой поток в приземном слое атмосферы и обуславливает местный ветер, отличающийся большой устойчивостью и строгой направленностью. Высокая повторяемость восточных ветров летом и западных в течение остальных сезонов года связана именно с орографией береговой черты. Поэтому здесь, на отдельных участках побережья, имеются значительные отклонения от основного ветрового потока, особенно в теплое время года.

Наибольшие среднемесячные скорости ветра отмечены зимой – 4–6 м/с, наименьшие – летом 3–4 м/с. За год в акватории зал. Посыета бывает 40–50 дней с сильным ветром (> 15 м/с), из них 75% приходится на холодную половину года. В восточной части залива у м. Гамова скорость ветра может достигать 35 м/с. Штормы связаны в основном с циклонической деятельностью и наблюдаются преимущественно в холодный период года. Наибольшее число дней со штормовым ветром отмечается в декабре–январе и составляет 9–16 за месяц. Штормовые ветры северных румбов могут продолжаться в среднем до полутора суток, с максимальной продолжительностью от 3 до 5 сут.

Облачность имеет четко выраженный годовой ход. Зимой преобладает антициклональная малооблачная погода, обусловленная устойчивой стратификацией барических образований над районом Дальнего Востока. В летнее время над зал. Посыета чаще наблюдается пасмурная погода с низкой облачностью и туманами, так как в атмосфере преобладают ветры южного направления. В среднем, облачность в течение года минимальна в ноябре–феврале (3–4 балла) и максимальна в июле–августе (8–9 баллов). Соответственно число ясных дней максимально зимой – 18–22 дней в месяц, и, напротив, минимально летом – 1–2 дня в месяц. Максимальная повторяемость ясных дней отмечена в январе – 634%, пасмурных – в июле 80%. В среднем, в году наблюдается 80 ясных и 110 пасмурных дней (Ластовецкий, Якунин, 1981).

Температура воздуха. Средняя годовая температура воздуха в зал. Посыета составляет $6,3^{\circ}\text{C}$. Среднегодовые значения колеблются в пределах $5,4$ – $7,4^{\circ}\text{C}$. Этот район является самым теплым во всей шельфовой зоне Приморья (Покудов, Власов, 1981). Безморозный период достигает 8 месяцев.

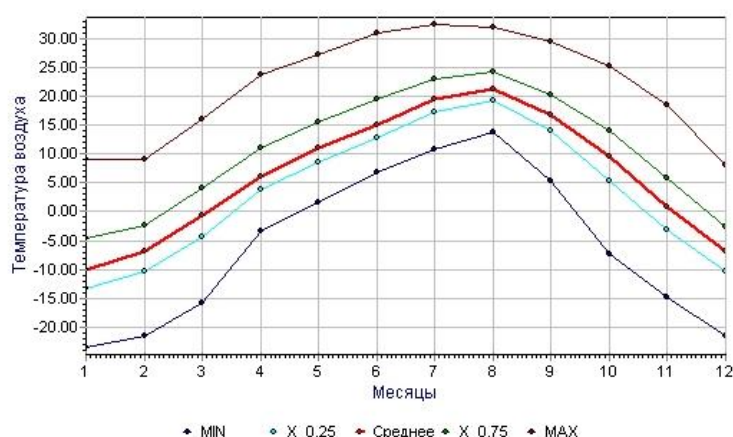


Рис. 3. Среднемесячные и экстремальные значения температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) в зал. Посыета по месяцам за период с 1977 по 2006 гг. (по: <http://data.oceaninfo.info>)

Fig. 3. Average monthly and extreme values of air temperature, $^{\circ}\text{C}$ in the Possyet Bay in 1977–2006 (from: <http://data.oceaninfo.info>)

Отрицательные значения средних месячных температур воздуха отмечаются с ноября по март. Самый холодный месяц – январь, средняя месячная температура

воздуха составляет $-9,96^{\circ}\text{C}$ (рис. 3). В отдельные зимние дни при вторжении арктического воздуха температура может понижаться до $-28\ldots-36^{\circ}\text{C}$. Переход температур к положительным величинам приходится на конец марта. Однако и в апреле, при среднемесячных значениях $+6^{\circ}\text{C}$ и максимальных $+23^{\circ}\text{C}$, возможны кратковременные понижения температуры воздуха до -3°C . Самый теплый месяц – август, средняя месячная температура составляет $21,1^{\circ}\text{C}$. В отдельные летние дни температура воздуха может достигать $33\text{--}38^{\circ}\text{C}$. Отрицательные значения температуры воздуха начинают отмечаться с октября (до $-5\ldots-7^{\circ}\text{C}$), но устойчивый переход к минусовым температурам наблюдается в конце ноября.

Влажность воздуха. Муссонный климат обуславливает и своеобразие годового хода относительной влажности воздуха. В зимнее время влажность воздуха минимальна, среднемесячные значения составляют 53–54%. Наиболее интенсивный рост наблюдается в апреле–июле. В июне–августе средние месячные значения относительной влажности воздуха варьируют в пределах 81–91%. Количество дней с относительной влажностью более 80% в каждый из летних месяцев в среднем превышает 20 дней.

Суточный ход влажности противоположен ходу температуры воздуха. В зимнее время максимум влажности приходится на утренние часы, минимум – на вечерние. Летом максимум относительной влажности в суточном ходе наступает в предутренние часы, минимум – в середине дня (Ластовецкий, Якунин, 1981).

Осадки. Самыми дождливыми сезонами для зал. Посьета являются лето и осень. В период с апреля по октябрь выпадает 80–95% от годовой суммы осадков, максимум приходится на июль–август (рис. 4). Обильные осадки связаны преимущественно с прохождением южных и тропических циклонов или с деятельностью фронтальных разделов над территорией края. В августе выпадает наибольшее количество осадков – 162 мм с максимумом в 487 мм. Обильные осадки отмечаются и в июне–июле, и сентябре (со средними значениями 88–120 мм). В отдельные годы количество осадков может достигать 1000–1200 мм, в отдельные месяцы – 470–490 мм (Ластовецкий, Якунин, 1981).

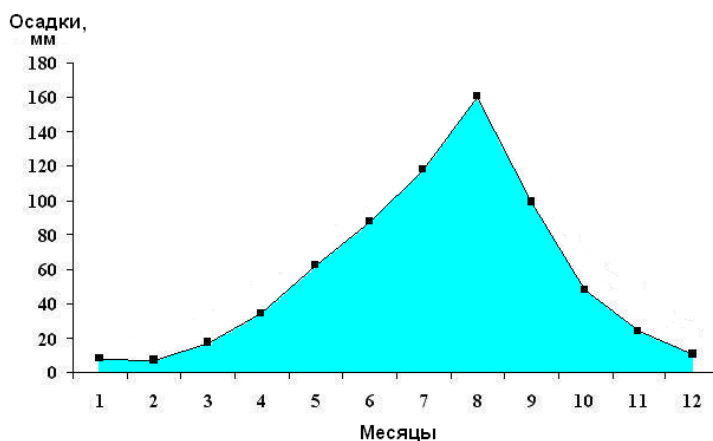


Рис. 4. Среднемесячное количество осадков на побережье зал. Посьета

Fig. 4. Average monthly values of presipitation in the Possyet Bay

Среднее суточное количество осадков на побережье зимой составляет 1–6 мм, летом – 5–15 мм. Суточный максимум осадков может превышать среднее суточное количество в 10–20 раз. Зимой за сутки может выпасть 2–4 месячные нормы осадков, весной (апрель) – 120–160% от месячной нормы. Летом суточный максимум может составить от 80–140% от месячной нормы. В летний период, во время прохождения тайфунов, за одни сутки может выпасть более 100 мм осадков.

Туманы. В среднем за год в зал. Посъета отмечается от 48 (пункт Посъет) до 80 (м. Гамова) дней с туманами. Восточная часть залива чаще, чем западная, закрыта туманами, которые приносятся восточными и юго-восточными ветрами. В декабре–феврале туманы редкое явление и в среднем составляют 1 день в месяц, но иногда отмечается до 4–5 дней с туманами и в зимний период. Наибольшее число дней с туманом наблюдается в июне–июле, в среднем составляя 10 дней, в отдельные годы достигая 23–28 дней в месяц. Продолжительность тумана в зимний день не превышает 5 ч, летом увеличивается до 10 ч. В июне–июле туманы могут продолжаться до 2–5 сут.

Гидрологический режим. Основными характеристиками, определяющими гидрологический режим вод зал. Посъета, являются сильная изрезанность береговой черты, значительная изолированность большинства бухт и существенный перепад глубин между его восточной и западной частями. Эти факторы определяют заметную разнородность бухт по гидрологическим условиям. Западная мелководная часть сообщается с открытой частью через узкий пролив, вследствие чего водообмен в ней сильно ограничен. Кроме того, внутренние бухты залива подвергаются значительному опреснению из-за многочисленных рек и ручьев, впадающих в них. Внешние бухты, особенно глубоководный восточный район залива, в большей степени подвержены ветроволновому воздействию и имеют характеристики вод открытого моря. Существенное значение для формирования водных масс в заливе также имеют сезонные вариации направления ветра и межгодовая изменчивость распределения струйных потоков холодного Приморского и теплого Северо-Корейского течений (Гидрометеорологические условия..., 1976; Супранович, Якунин, 1976; Никитин, Дьяков, 1998; и др.).

Изменение уровня воды. Средний уровень в зал. Посъета варьирует от 141 до 152 см с минимумом в 91 см и максимумом в 238 см и имеет четкие сезонные колебания (рис. 5). В период зимнего муссона, когда преобладают ветры с материка, уровень воды понижается, в период летнего муссона – повышается.

Изменения уровня воды в зал. Посъета в основном обусловлены приливными, сгонно-нагонными явлениями и сейшами. Приливы незначительны и имеют неправильный полусуточный период от 7–8 до 13–14 ч; лишь в моменты максимальных склонений Луны прилив на непродолжительное время становится суточным. Средняя величина прилива в зал. Посъета составляет 0,2 м, квадратурного – 0,1 м, сизигийного – 0,3 м с максимальной амплитудой до 0,7 м.

Сгонно-нагонные колебания уровня связаны, в основном, с муссонами и носят сезонный характер. Под действием сильных сгонно-нагонных ветров уровень воды может подниматься на 1,0–1,5 м выше среднего значения. Сгонно-нагонные явления наблюдаются и при прохождении глубоких циклонов или тайфунов, тогда колебание уровня воды может достигать 1,5–1,7 м (Гидрометеорологические условия..., 1976).

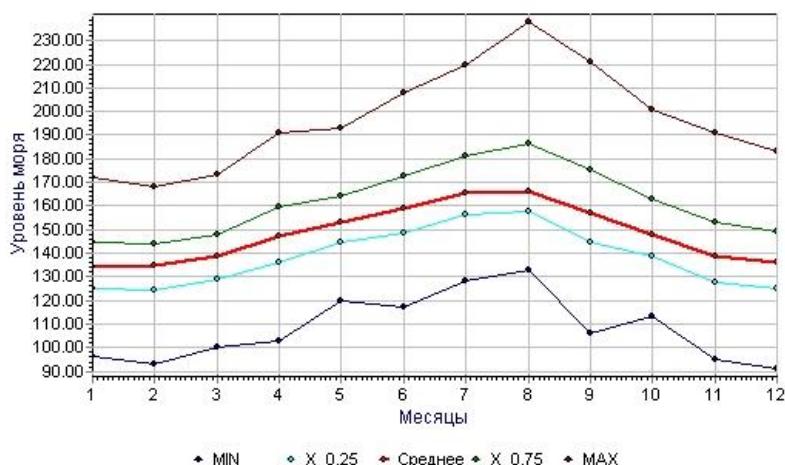


Рис. 5. Среднемесячные и экстремальные значения уровня воды в зал. Посыета по месяцам за период с 1977 по 2006 гг. (по: <http://data.oceaninfo.info>)

Fig. 5. Average monthly and extreme values of water level in the Possyet Bay in 1977–2006 (from: <http://data.oceaninfo.info>)

Сейшеобразные изменения уровня вызываются резкими перепадами атмосферного давления при прохождении глубоких циклонов. Амплитуда таких колебаний составляет 0,2–0,5 м, возрастая иногда до 0,7 м. Период сейш может быть различным – от нескольких минут до нескольких часов (Гидрометеорологические условия..., 1976).

Цунами в Японском море довольно редки. Частота сильных цунами в регионе с магнитудами $M \geq 6,5$ примерно составляет – одно цунами за 10 лет (Комплексные исследования..., 2003). За последние 200 лет отмечено 20 случаев возникновения сильных цунами от подводных землетрясений в Японском море. Характерный период интенсивных волн цунами составляет 10–15 мин. Зона землетрясений, вызывающих цунами, в основном приурочена к району шельфа – склону глубоководной котловины вдоль западного побережья островов Хонсю и Хоккайдо.

Наиболее заметными были цунами 26 мая 1983 г. и 13 июля 1993 г. магнитудой 7,7 с эпицентрами у побережья Японских островов. Примерно через один час цунами достигло берегов Приморья. Высота волн первого цунами составляла от 0,5 до 5 м, в зал. Посыета – от 1,0–1,5 м. Второе цунами было слабее, максимальная высота волны составляла 3,5 м. В зал. Посыета высота волны была незначительной.

Ветровое волнение. Ветровые волны в акватории зал. Посыета в основном образуются за счет силы ветра, скорость которого определяется градиентом атмосферного давления в приводном слое. Наибольшие барические градиенты наблюдаются в зоне действия циклонов, особенно в его тыловой части, поэтому при прохождении циклонов возникает сильный ветер. При сильных штормовых ветрах высота волн может достигать значительной высоты. Иногда штормовые ветры возникают и при малоградиентном барическом поле, обусловленные орографией береговой черты (Полякова, 2008).

Во внутренних бухтах высота волн значительно меньше, чем на внешнем рейде (рис. 6, 7). В западной части залива максимальную повторяемость (до 97%) имеют волны высотой 0,25–0,75 м. В восточной открытой части залива повторяемость небольших волн снижается до 34% и возрастает доля волн высотой 0,75–1,25 м. Здесь в максимальном развитии волны могут достигать 4,0 м (Гидрометеорологические условия..., 1976; Залив Петра Великого с иллюстрациями. Описание. URL: <http://data.oceaninfo.info>).

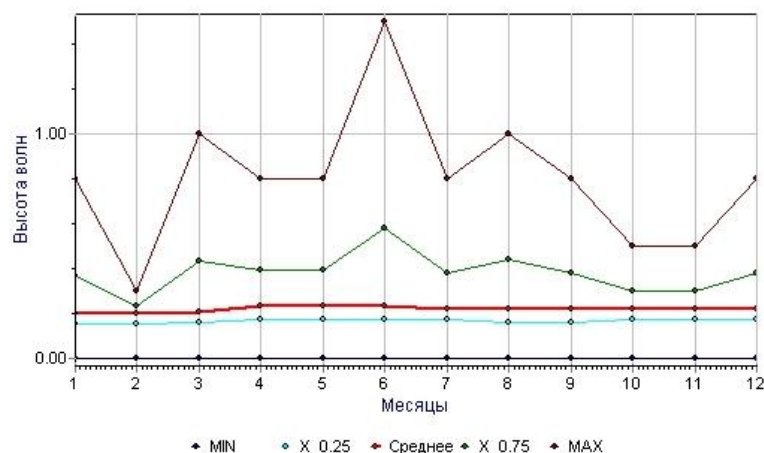


Рис. 6. Среднемесячные и экстремальные значения волнения воды в зал. Посыета (б. Новгородская) по месяцам за период с 1977 по 2006 гг. (по: <http://data.oceaninfo.info>)

Fig. 6. Average monthly and extreme values of wind wave in the Possyet Bay (Novgorodskaya Bight) in 1977–2006 (from: <http://data.oceaninfo.info>)

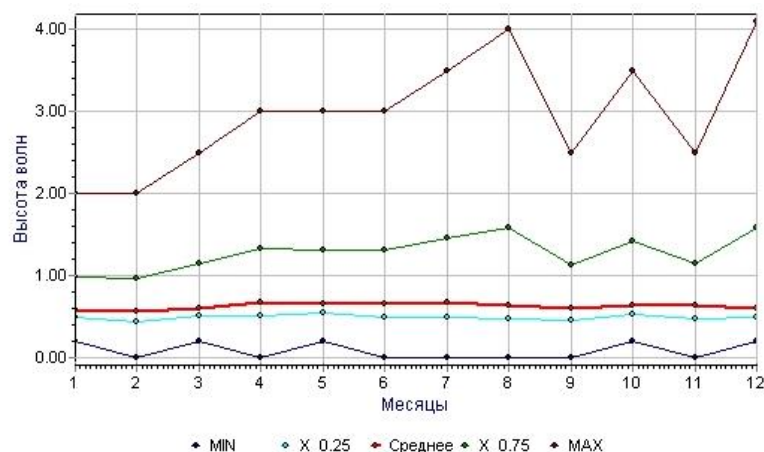


Рис. 7. Среднемесячные и экстремальные значения волнения воды в зал. Посыета (м. Гамова) за период с 1977 по 2006 гг. (по: <http://data.oceaninfo.info>)

Fig. 7. Average monthly and extreme values of wind wave in the Possyet Bay (Gamov Cape) in 1977–2006 (from: <http://data.oceaninfo.info>)

В холодное время года преобладает волнение северных и северо-восточных румбов, в теплое – южных и юго-восточных. При волнении северного направления разгоны волн ограничены, при южных – имеют значительную протяженность, поэтому максимальные элементы ветровых волн в заливе наблюдаются, как правило, в теплое время года. Зимой максимальную повторяемость имеют волны западного направления (66%), летом – южного и юго-восточного (35–40%), составляя в сумме с волнами восточного направления 70% (Гидрометеорологические условия..., 1976).

Прозрачность и цвет воды заметно меняются от открытой части залива к внутренним бухтам. Летом прозрачность вод в открытой части колеблется в пределах 7,0–16,0 м, в б. Рейд Паллада – 2,5–10,0 м, в закрытых мелководных бухтах – 1,5–4,0 м (Гидрометеорологические условия..., 1976). Во время таяния льда, увеличения материкового стока и интенсивного перемешивания при усилении волнения прозрачность даже во внешних бухтах может снижаться до 1,5 м. Цвет воды меняется – от зеленовато-желтого в предустьях рек до зеленовато-голубого в открытых водах, достигая насыщенного аквамаринового цвета у о. Фуругельма.

Ледовые условия. В зал. Посъета лишь мелководные бухты полностью покрываются льдом, в остальных развивается припай и отмечается тонкий дрейфующий лед. Первый лед обычно появляется в ноябре, окончательное очищение наблюдается в апреле. Максимального развития ледовый покров достигает в конце января – середине февраля. Толщина льда в мелководных бухтах в среднем составляет 0,20–0,80 м, в открытых районах – 0,15–0,20 м. В суровые зимы толщина льда может увеличиваться до 1,0–1,7 м. В бухтах открытой части залива припай может занимать все площади бухт, имея среднюю толщину 0,30–0,45 м (Гидрометеорологические условия..., 1976).

Во внутренних бухтах устойчивый лед сохраняется в течение 2–3 мес. Внешние бухты отличаются тонким дрейфующим льдом, очень подвижным из-за действия ветра. Иногда при прижимном восточном ветре поле льда уплотняется до 10 баллов. При западном ветре лед часто выносится из бухт и они временно очищаются.

Течения. Основное значение для формирования водных масс в зал. Петра Великого, в том числе и в зал. Посъета, имеют сезонные вариации направлений ветров, приливо-отливные явления и межгодовая изменчивость распределений струйных потоков холодного Приморского и теплого Северо-Корейского течений (Баталин, 1960; Юрасов, Яричин, 1990; Никитин, Дьяков, 1998; Карнаухов, Сергеев, 2008; и др.).

По многолетним данным (Гидрометеорологические условия..., 1976; Супранович, Якунин, 1976), постоянные течения в зал. Посъета формируются при ветрах менее 5 м/с и их скорость составляет 0,10–0,15 м/с. Постоянные потоки представлены круговыми циклоническими и антициклоническими квазистационарными круговоротами, повторяющими очертания береговой линии (рис. 8).

Общая циркуляция вод в зал. Посъета в большей степени зависит от водного потока, поступающего с северо-востока (Новожилов и др., 1991; Григорьева и др., 1997). Одна его ветвь проникает в систему внутренних бухт вдоль п-ова Краббе и питает циклонический круговорот в б. Рейд Паллада, вторая – отклоняется к юго-западу, проходит у мысов Суслова–Бутакова и покидает пределы залива. Антициклоническим круговоротом занята восточная периферия залива Китового у п-ова Гамова (Карнаухов, Сергеев, 2008). Влияние Приморского течения, возможно, проявляется в постоянных подтоках вод в мелководных бухтах на глубинах 10–15 м.

Эти воды отличаются более низкими температурами и высокой соленостью и проявляются в течение всего летне-осеннего периода. При этом температура может снижаться на $1-3^{\circ}\text{C}$, соленость увеличиваться на $0,3-0,6\text{‰}$.

Движение вод на мелководье носит более сложный характер, так как возможность существования постоянных потоков ограничивается многими факторами. Во внутренних бухтах наблюдается четко выраженный реверсивный характер движения вод, зачастую охватывающий весь профиль пролива в узкостях бухт. Поэтому полученные схемы постоянных течений неустойчивы и к тому же зависят от ветровой ситуации. Средние скорости постоянных течений в бухтах Экспедиции и Новгородская не превышают $0,05\text{ м/с}$, в бухтах Постовая и Миноносок – $0,02\text{ м/с}$, в проливах – до $0,05-0,14\text{ м/с}$ (рис. 9).



Рис. 8. Схема основного переноса вод в заливе Посъета в летне-осенний период:
1 – м. Тироль, 2 – бухта Постовая, 3 – бухта Посъетский Рейд, 4 – коса Назимова,
5 – мыс Рязанова, 6 – мыс Кузьмина, 7 – остров Черкавского, 8 – кекур Бакланий Камень,
9 – знак реверсивного движения

Fig. 8. Scheme of water circulation (surface current) in the Possyet Bay: 1 – the Tirol peninsula,
2 – the Postovaya Bight, 3 – the Possyetski Reid Bight, 4 – the Nazimova spit, 5 – the Razanova
peninsula, 6 – the Kuzmina peninsula, 7 – the Cherkavskii island, 8 – the Baklan reef,
9 – reverse tidal streams

Другим фактором, влияющим на течения в зал. Посъета, являются приливо-отливные процессы. В более открытой части залива приливные течения полусуточно-

го характера преимущественно совпадают с колебаниями уровня моря (Супранович, Якунин, 1976). Отмечено преобладание приливной волны, приходящей к зал. Посьета с юга (Скокленева, Щербак, 1980), что согласуется с общими представлениями о движении приливных волн в Японском море. В закрытых внутренних бухтах со сложным очертанием береговой линии (в бухтах Экспедиции и Новгородская) наблюдается интерференция приливной волны и приливо-отливные течения носят более сложный характер. Максимальные скорости приливных течений в мелководных бухтах составляют 0,05–0,13 м/с, не превышая 0,35–0,40 м/с в проливах бухт (рис. 9).

Волновые и дрейфовые потоки возникают под действием ветров, имеющих скорость более 10 м/с, и обладают большой неустойчивостью во времени и пространстве. На малых глубинах (< 10 м) ветровые дрейфовые течения могут охватывать всю толщу вод (Новожилов и др., 1991; Григорьева и др., 1997). Средние скорости ветровых течений на открытых акваториях достигают 0,25 м/с, в бухтах – 0,15–0,20 м/с. При штормовых нагонах в б. Новгородская зафиксированы скорости ветрового течения от 0,40 до 0,80 м/с, в проливах – от 0,80 до 1,50 м/с.



Рис. 9. Схема рассчитанных постоянных течений (непрерывные вектора) и приливо-отливных течений (прерывистые вектора) в летне-осенний период в заливе Посьета. Цифры – скорости течений в см/с. На врезке – схема станций

Fig. 9. Map-scheme: calculated interrupted) vectors and permanent (noninterrupted) of sea currents in summer-autumn period in the Possyet Bay, (cm/s); observation stations (1–33)

Скорости суммарных течений, чаще всего являющихся результатом векторного сложения постоянных, ветровых и приливных потоков, значительно больше и до-

стигают нескольких десятков сантиметров в секунду. Средняя скорость течения вдоль побережья п-ова Краббе у поверхности составляет 0,05–0,10 м/с, у дна – 0,05–0,08 м/с. При сильных южных ветрах скорость этого потока у поверхности увеличивается до 0,25–0,30 м/с, на северной периферии бухты Рейд Паллада, у кекура Бакланий Камень, его скорость увеличивается до 0,07–0,40 м/с. У косы Назимова средние скорости течения у поверхности составляют 0,05–0,10 м/с, у дна – 0,02–0,05 м/с (с максимальными значениями в водной толще до 0,10–0,15 м/с). В средней и южной частях б. Рейд Паллада средние скорости течений у поверхности составляют 0,10–0,15 м/с, у дна – 0,05–0,09 м/с.

Анализ повторяемости модуля скорости на различных горизонтах показывает, что преимущественный перенос вод в зал. Посыета осуществляется в поверхностных слоях от 0 до 5–7 м (рис. 10). Максимальные скорости течений отмечаются в верхних горизонтах с постепенным уменьшением ко дну.

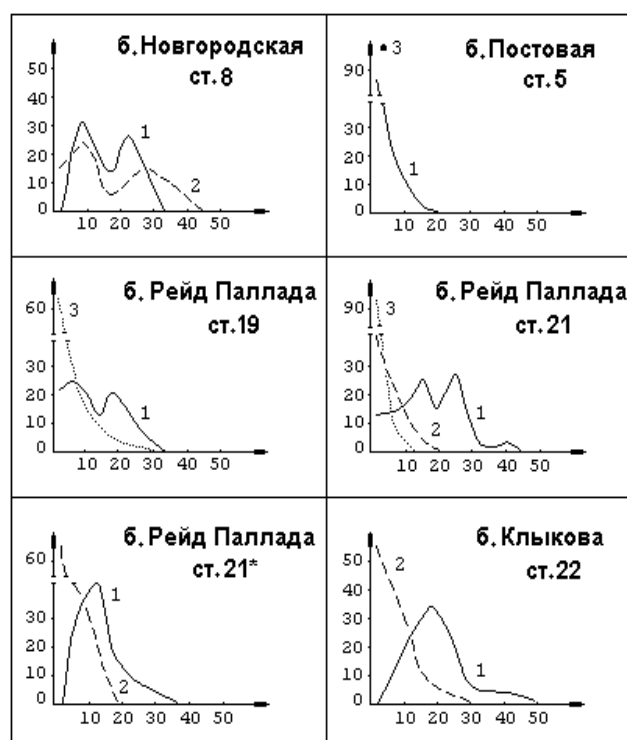


Рис. 10. Повторяемость скоростей течения на различных горизонтах: 1 – горизонт 5 м (8 м в б. Постовая), 2 – горизонт 10 м. По оси абсцисс – модуль скорости течения, см/с, по оси ординат – повторяемость скоростей течения, %

Fig. 10. The recurrence of flow velocity at various depths: 1 – 5 m (8 m in the Postovaya Bight), 2 – 10 m. On the horizontal axis – the module flow velocity, cm/s, the vertical axis – recurrence of flow velocity, %

В поверхностных водах наибольшая повторяемость (30–40%) характерна для скоростей 0,10–0,25 м/с. В придонных горизонтах наибольшей повторяемостью (50–70%, местами – до 100%), отличаются невысокие скорости 0,02–0,05 м/с, особенно в полузакрытых бухтах Клыкова (Халовой) и Миноносок. На мелководье отмечено два пика скоростей с максимальной повторяемостью во всей толще воды, по-видимому, связанные с фазами приливо-отливных колебаний. Спектральный анализ измерений течений, выполненных в восточной части залива у м. Гамова (Дулова и др., 2010), показывает, что в спектрах присутствуют пики соответствующих периодов колебаний: инерционных (17 и 9 ч), приливных (24 и 12 ч) и синоптических (2–5 сут). В высокочастотной части спектра выделяются периоды, соответствующие пикам на частотах от 7–9 мин до 1 ч.

Температура воды. В течение года температура воды в зал. Петра Великого, в том числе и в зал. Посыета меняется в широких пределах: от $-1,9$ до 29°C (Лучин и др., 2005). Среднегодовая температура в зал. Посыета составляет $9,0^{\circ}\text{C}$ с колебаниями год от года от $8,8$ до $10,4^{\circ}\text{C}$ (Залив Петра Великого с иллюстрациями. Описание. URL: <http://www.pacificinfo.ru>, <http://data.oceaninfo.info>). Годовые амплитуды температур изменяются от $20,9$ до $31,9^{\circ}\text{C}$, ежесуточные – от $0,1$ до $1,0^{\circ}\text{C}$.

Годовой ход температуры на поверхности воды описывается кривой с максимумом в августе и минимумом в январе–феврале (рис. 11–14). Во внутренних бухтах минимальная температура составляет $-1,7\ldots -1,8^{\circ}\text{C}$, во внешних – $-1,3\ldots -1,8^{\circ}\text{C}$. В среднем, отрицательные значения температуры воды сохраняются во внутренних бухтах в течение 106 сут., во внешних – 85–92 сут. в году (Супранович, Якунин, 1976). Повышение температуры воды во всех бухтах начинается в конце третьей декады февраля и переходит через 0°C во второй-третьей декадах марта. Наиболее интенсивное нарастание температуры наблюдается в мае.

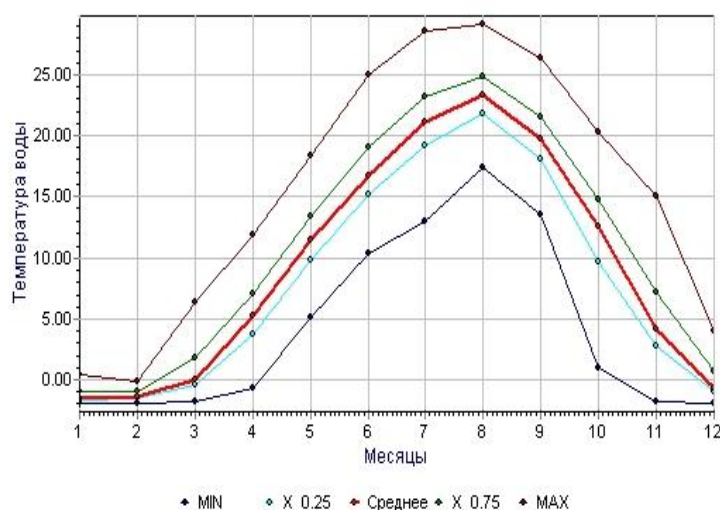


Рис. 11. Среднемесячные и экстремальные значения температуры воды в зал. Посыета по месяцам за период с 1977 по 2006 гг. (по: <http://data.oceaninfo.info>)

Fig. 11. Average monthly and extreme values of water temperature, $^{\circ}\text{C}$ in the Posyet Bay in 1977–2006 (from: <http://data.oceaninfo.info>)

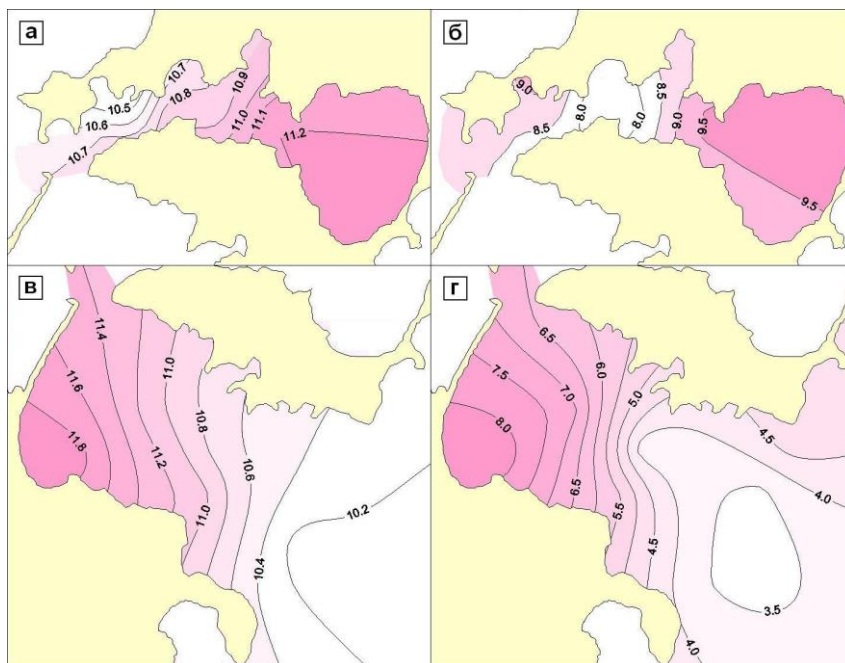


Рис. 12. Распределение температуры у поверхности воды (а, в) и у дна (б, г) в бухтах Новгородская (а, б) и Рейд Паллада (в, г) в весенний период

Fig. 12. Horizontal distributions of temperature, °C at surface (а, в) and at bottom level (б, г) in the Novgorodskaya Bight (а, б) and the Reid Pallada Bight (в, г) in May

Максимальные значения среднемесячных температур у поверхности воды повсеместно наблюдаются в августе – от 21,2⁰С до 23,3⁰С (табл. 1). Абсолютный максимум температур составляет 24,2...27,8⁰С (табл. 2), на мелководье возрастая до 30,0⁰С. Период с высокими температурами (>15⁰С) продолжается в мелководных бухтах около 120 сут. (Супранович, Якунин, 1976). Снижение температуры воды начинается с конца августа, причем из-за сильного перемешивания охлаждение воды происходит быстрее, чем прогрев. Осенью ежемесячные понижения температуры воды составляют 6–8⁰С. С начала сентября во всех бухтах наблюдается гомотермия, температура воды во внутренних и внешних бухтах становится сопоставимой.

Мелководные бухты теплее и прогреваются быстрее (табл. 1), в них среднемесячные значения поверхностных температур весной выше на 1–2⁰С, летом – на 2–3⁰С, чем в глубоководных (Григорьева, Кучерявенко, 1995; Григорьева, 1999).

Вертикальное распределение температуры воды в зал. Посъета является типичным для мелководных районов. В холодный период года с ноября по март температура воды одинакова от поверхности до дна вследствие интенсивного перемешивания. В теплое время года с апреля по октябрь из-за прогрева наблюдается резкая температурная стратификация водной толщи. По мере прогрева с весны и до начала осеннего перемешивания формируются два слоя воды: верхний – с большими вертикальными градиентами температуры и нижний придонный – с незначительной температурной стратификацией по вертикали. В мелководных бухтах первый слой

захватывает толщу вод до глубин 10–15 м, в открытых – до глубин 20–25 м (рис. 15). Второй слой располагается между термоклинном и дном (в мелководных бухтах толщина второго слоя может составлять всего 2–5 м). Особенно велики градиенты температуры в июне–августе – их величина достигает $0,8\text{--}2,4^{\circ}\text{C}/\text{м}$ (Григорьева, Золотова, 1987). В остальные месяцы теплого сезона вертикальные градиенты воды изменяются в пределах $0,2\text{--}0,5^{\circ}\text{C}$. С началом охлаждения вертикальный градиент в поверхностном слое может менять знак, но различие температур весьма незначительно. Как правило, такие ситуации непродолжительны по времени.

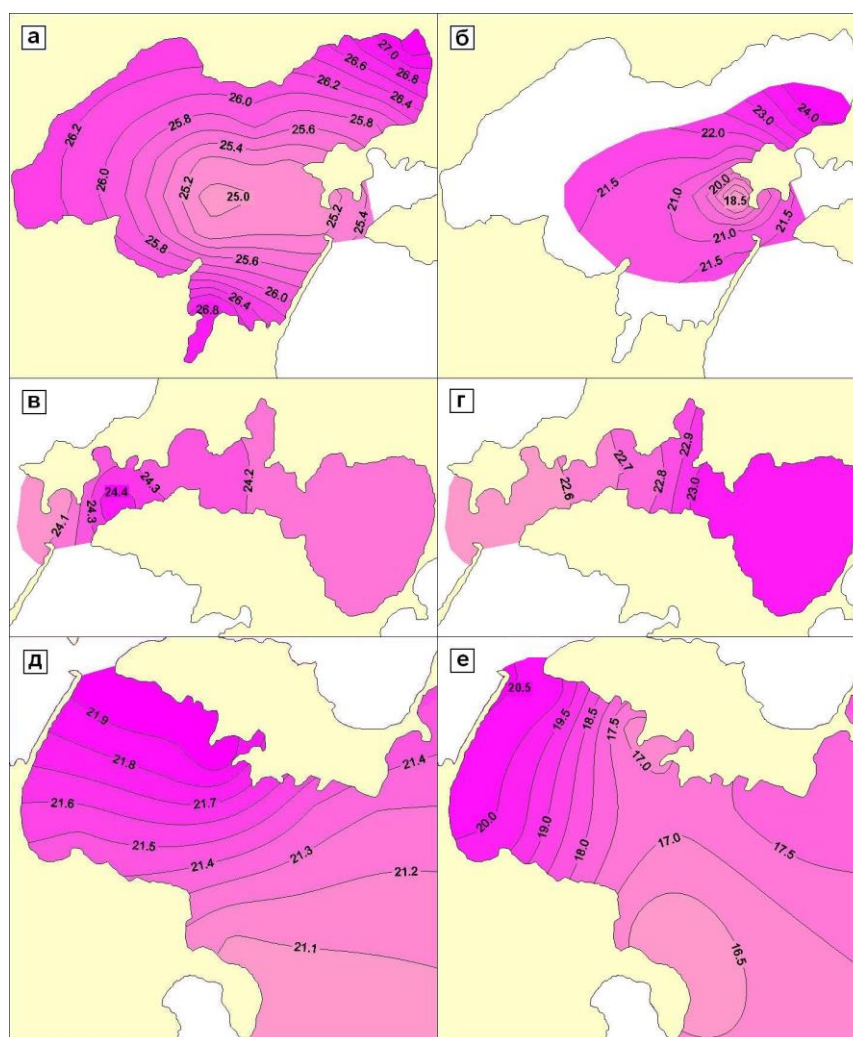


Рис. 13. Распределение температуры у поверхности воды (а, в, д) и у дна (б, г, е) в бухтах Экспедиции (а, б), Новгородская (в, г) и Рейд Паллада (д, е) в летний период

Fig. 13. Horizontal distributions of temperature, $^{\circ}\text{C}$ at surface (а, в, д) and bottom levels (б, г, е) in the Expeditia Bight (а, б), the Novgorodskaya Bight (в, г) and the Reid Pallada Bight (д, е) in July

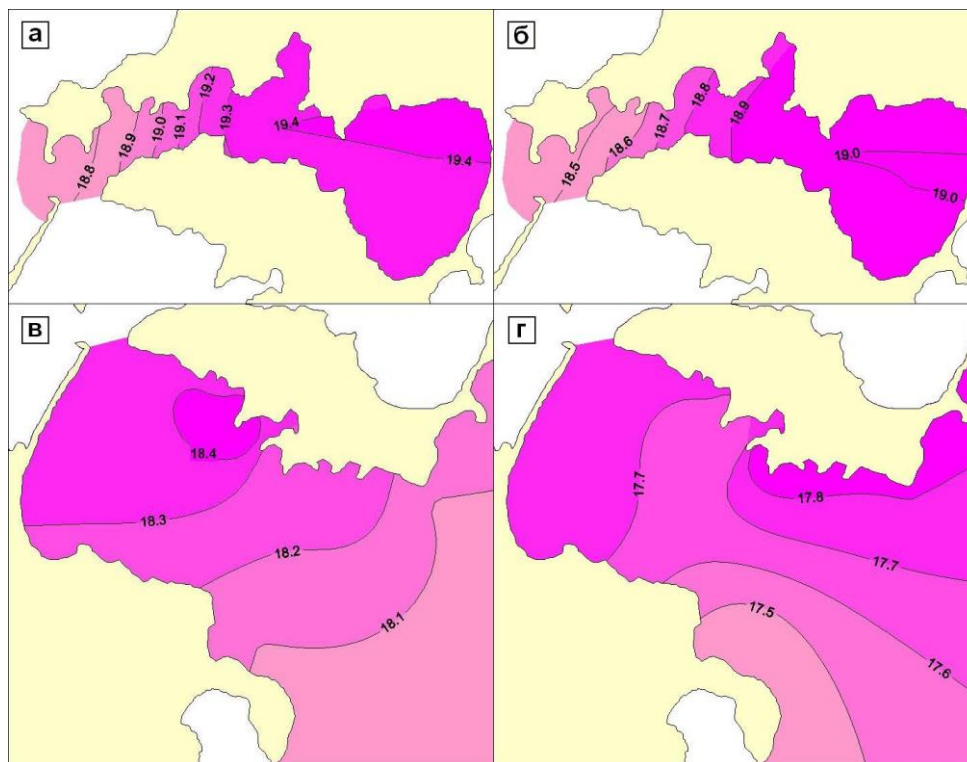


Рис. 14. Распределение температуры у поверхности воды (а, в) и у дна (б, г) в бухтах Новгородская (а, б) и Рейд Паллада (в, г) в осенний период

Fig. 14. Horizontal distributions of temperature, °C at surface (а, в) and bottom levels (б, г) in the Novgorodskaya Bight (а, б) and the Reid Pallada Bight (в, г) in September

Таблица 1. Среднемесячные значения температуры воды (°C) в бухтах зал. Посыета

Table 1. Average monthly values of water temperature, °C in the Possyet Bay

Бухты	Глубина, м	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Экспедиции	0	–	11.6±0.8	16.6±0.6	20.3±0.4	22.6±0.2	18.9±0.6
	7	–	9.3±0.8	14.3±0.8	17.7±0.5	18.7±0.8	18.4±0.8
Новгородская	0	–	11.8±0.5	17.4±0.3	20.5±0.2	23.1±0.2	20.2±0.4
	5	–	10.4±0.7	14.9±0.3	17.4±0.3	19.9±0.3	18.8±0.5
Постовая	0	7.4±0.6	10.8±0.6	17.0±0.3	20.2±0.3	22.7±0.2	19.9±0.5
	7	–	9.4±0.5	14.4±0.4	17.6±0.3	19.8±0.3	18.9±0.7
Клыкова	0	4.8±0.4	9.7±0.3	14.6±0.4	18.1±0.4	21.6±0.4	18.9±0.5
	14	3.4±0.4	7.2±0.3	9.9±0.3	13.5±0.4	17.3±0.5	17.9±0.4
Миноносок	0	4.7±0.4	9.8±0.3	14.8±0.3	18.7±0.3	21.9±0.3	19.4±0.4
	15	2.7±0.1	6.1±0.2	10.0±0.2	13.3±0.3	16.9±0.3	18.0±0.3

Таблица 2. Экстремальные значения температуры воды ($^{\circ}\text{C}$) в бухтах зал. Посыета

Table 2. Extreme values of water temperature, $^{\circ}\text{C}$ in the Possyet Bay

Бухты	Глубина, м	Апрель max min	Май max min	Июнь max min	Июль max min	Август max min	Сентябрь max min
Экспедиции	0	–	14.9 9.7	19.7 13.5	22.6 13.2	24.5 20.9	20.7 15.5
	7	–	12.1 7.4	18.2 10.8	21.0 12.0	21.6 13.0	20.7 15.1
Новгородская	0	–	15.2 7.2	21.3 12.7	25.5 13.2	27.8 20.6	23.6 15.5
	5	–	14.3 5.8	18.6 10.0	21.6 12.1	23.3 13.8	21.6 14.8
Постовая	0	8.7 5.5	14.6 8.3	20.0 12.9	25.3 13.2	26.7 20.2	22.3 15.8
	7	–	11.7 7.2	18.1 10.2	20.4 11.8	22.8 16.4	21.1 15.6
Клыкова	0	6.0 3.1	13.4 7.0	19.3 10.4	22.4 12.8	24.2 16.2	21.5 15.8
	14	4.5 2.5	11.5 3.4	13.7 6.1	18.4 9.7	20.6 12.4	19.9 15.9
Миноносок	0	6.0 3.1	13.5 6.9	19.1 10.5	23.2 12.1	25.9 18.8	22.3 16.0
	15	3.0 2.4	10.3 3.7	16.2 6.4	19.4 8.4	20.4 11.4	22.0 15.4

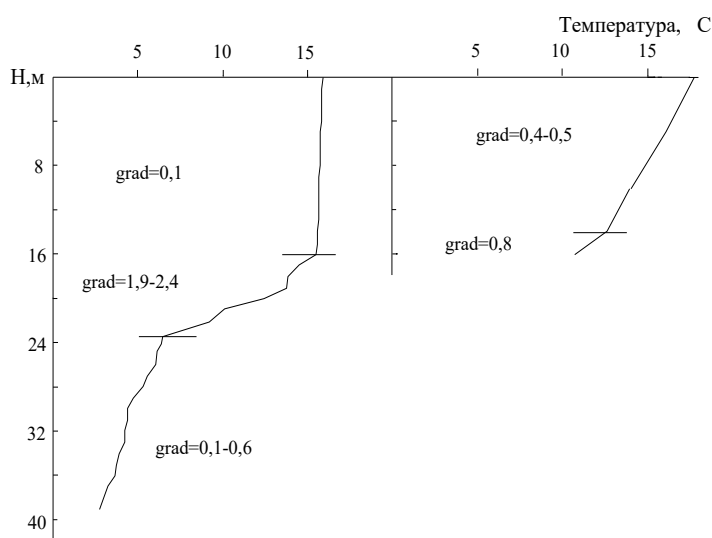


Рис. 15. Вертикальные профили и градиенты (градус на метр) температуры воды у северной оконечности о-ва Фуругельма и в б. Миноносок в летнее-осенний период

Fig. 15. Vertical distributions of temperature, $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ to the north from the Furugelm Island (1) and the Minonosok Bight (2) in summer-autumn period

Соленость воды. Режим солености в зал. Посыета в значительной степени зависит от величин речного стока, испарения и осадков, процессов перемешивания, образования и таяния льда, а также водообмена с Японским морем. Эти особенности создают своеобразный режим ее распределения и изменчивости.

Среднегодовая соленость воды составляет 31,27‰ и колеблется в пределах 28,66–33,20‰ (Залив Петра Великого с иллюстрациями. Описание. URL: <http://data>.

oceaninfo.info). Годовой ход характеризуется минимумом ее значений летом и максимумом зимой (рис. 16). Максимальная межгодовая амплитуда колебаний (или размах колебаний) составляет 31,5‰. В зимнее время повышение солености объясняется интенсивным льдообразованием. В период таяния снега и льда происходит опреснение, и среднемесячная соленость начинает уменьшаться. С наступлением лета определяющую роль в изменении солености начинают играть осадки, количество которых год от года сильно варьирует. Осенью соленость воды вновь начинает повышаться, но интенсивное выпадение осадков иногда может приводить к сохранению опреснения до октября.

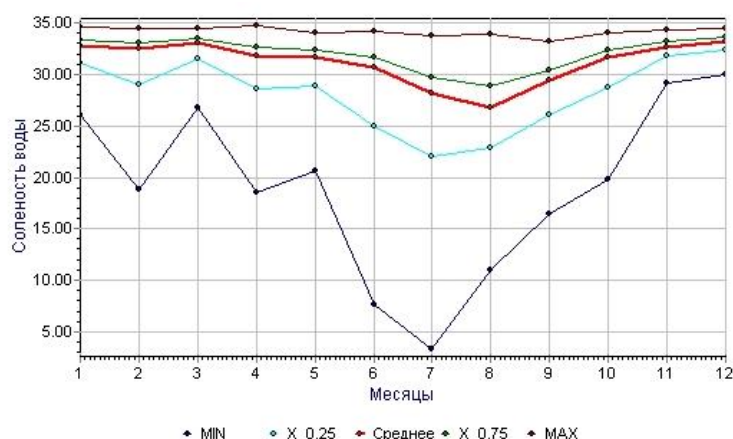


Рис. 16. Средние и экстремальные значения солености воды в зал. Посыета по месяцам за период с 1977 по 2006 гг. (по: <http://data.oceaninfo.info>)

Fig. 16. Average monthly and extreme values of salinity, ‰ in the Posyet Bay in 1977–2006 (from: <http://data.oceaninfo.info>)

Для вод зал. Посыета в основном характерна соленость открытого моря, хотя в его мелководных бухтах часто наблюдается значительное опреснение (рис. 17). Внутренние и внешние воды залива отличаются по режиму солености (табл. 3, 4). При обильных осадках в бухтах Экспедиции и Новгородская опреснение может наблюдаться длительный период, до двух-трех месяцев, охватывая преимущественно поверхностные слои воды. Наибольшему опреснению подвергается б. Экспедиции, причем не только из-за большей площади водосбора при относительно небольшой глубине, но и из-за притока пресных вод от многочисленных речек и ручьев. В целом в мелководных бухтах соленость на поверхности воды может снижаться до 12,2–12,4‰, у дна – до 27,17–29,27‰ (табл. 3, 4). В предустьях рек в слое 0–2 м соленость может снижаться до 1–2‰ (Григорьева, Кучерявенко, 1995; Григорьева, 1999), на глубине 5 м – до 10,6‰ (Подорванова и др., 1989). После непродолжительного дождя восстановление океанической солености у поверхности происходит, как правило, на 2-е–4-е сутки (Скоклеева, Щербак, 1980), по нашим данным (Григорьева, Кучерявенко, 1995; Григорьева, 1999), – уже при смене фаз прилива–отлива. Однако, несмотря на значительное опреснение, в мелководных бухтах общий фон солености остается высоким и варьирует в пределах 28–33‰ (табл. 3, 4). Максималь-

ные величины солености зафиксированы в устьях рек – 29–31‰ (Григорьева, 1999). Основной причиной поддержания высокосоленостного режима, По-видимому, служат сгонно-нагонные явления, связанные с особенностями муссонного климата и орографией береговой черты. Во внешних бухтах Клыкова (Халовой), Миноносок и Рейд Паллада сезонный ход солености сопровождается более высокими абсолютными значениями – 30–34‰. Здесь летнее опреснение непродолжительное и охватывает преимущественно только поверхностный слой воды в 2–3 м. В б. Рейд Паллада полоса опресненных поверхностных вод наблюдается у северо-западного берега и у косы Назимова, более соленые воды занимают центральную часть бухты, а максимальная соленость сохраняется в ее юго-восточной части.

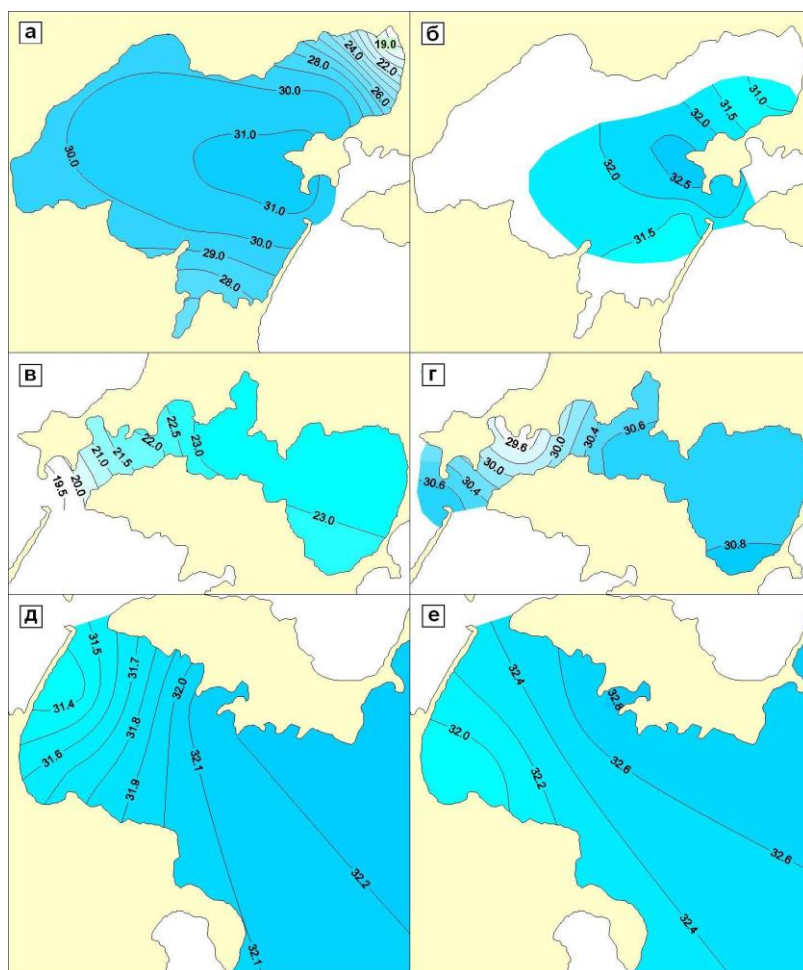


Рис. 17. Распределение солености (‰) у поверхности воды (а, в, д) и у дна (б, г, е) в бухтах Экспедиции (а, б), Новгородская (в, г) и Рейд Паллада (д, е) в летний период

Fig. 17. Horizontal distributions of salinity, ‰ at surface (а, в, д) and bottom levels (б, г, е) in the Expedisia Bight (а, б), the Novgorodskaya Bight (в, г) and the Reid Pallada Bight (д, е) in summer

Таблица 3. Среднемесячные значения солености воды (‰) в бухтах зал. Посыета

Table 3. Average monthly values of salinity, ‰ in the Possyet Bay

Бухты	Глубина, м	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Экспедиции	0	–	28.32±1.35	26.09±4.23	21.56±2.92	–
	7	–	31.69±0.43	31.30±0.36	31.43±0.43	–
Новгородская	0	32.54±0.2	28.12±0.90	25.12±1.35	27.04±0.94	27.93±0.77
	5	32.75±0.2	32.03±0.21	31.16±0.35	31.44±0.19	32.69±0.19
Постовая	0	–	28.03±1.25	27.22±1.76	25.27±1.91	–
	7	–	31.74±0.41	31.53±0.34	31.83±0.26	–
Клыкова	0	32.82±0.12	31.89±0.42	26.60±1.32	30.26±0.72	32.02±0.44
	14	33.52±0.05	33.30±0.09	32.92±0.14	32.80±0.31	33.07±0.36
Мионосок	0	32.96±0.13	32.15±0.28	28.98±0.75	30.92±0.38	31.87±0.39
	15	33.55±0.05	33.18±0.08	33.01±0.07	33.06±0.08	32.97±0.24

Таблица 4. Экстремальные значения солености воды (‰) в бухтах зал. Посыета

Table 4. Extreme values of salinity, ‰ in the Possyet Bay

Бухты	Глубина, м	Апрель max min	Май max min	Июнь max min	Июль max min	Август max min	Сентябрь max min
Экспедиции	0	–	31,48 24,03	32,65 12,40	30,02 16,82	–	–
	7	–	32,88 30,30	33,91 31,94	32,50 30,57	–	–
Новгородская	0	32,93 32,29	33,03 18,32	33,91 12,20	32,97 14,60	31,64 18,80	31,42 29,41
	5	33,02 32,36	33,14 30,54	33,91 27,17	33,67 29,27	32,69 30,13	32,37 31,84
Постовая	0	–	32,22 24,82	32,90 19,22	31,58 12,41	–	–
	7	–	32,81 30,82	33,78 30,36	32,55 30,71	–	–
Клыкова	0	33,51 32,13	33,56 27,70	32,64 20,77	33,32 26,85	33,12 30,96	–
	14	33,89 33,21	33,78 32,74	33,56 31,89	33,61 30,70	33,96 32,18	–
Мионосок	0	33,53 32,13	33,55 27,72	33,36 20,43	33,31 26,61	33,65 30,02	–
	15	33,80 33,21	33,71 32,41	33,61 32,10	33,62 32,03	33,91 32,04	–

Как следует из табл. 3, в акватории зал. Посыета соленость воды в течение теплого периода года увеличивается от поверхности ко дну. Установлено, что весной и осенью общее увеличение солености составляет 0,5–1,0 ‰, вертикальные градиенты не превышают 0,1 ‰/м. В летний период, особенно во время ливней, соленость воды в поверхностном слое значительно понижается, ее градиенты резко возрастают, и в слое 0–2 м во внутренних бухтах могут достигать 2,0–8,0 ‰/м (Григорьева, Золотова, 1987). При сгонно-нагонных явлениях колебания солености в мелководных бухтах могут составлять 10–20 ‰ (Григорьева, Кучерявенко, 1995; Григорьева, 1999).

Гидрохимические условия. *Содержание растворенного кислорода.* Природные условия прибрежной части зал. Посыета (небольшие глубины, довольно интенсивная гидродинамика, активный фотосинтез) способствуют обильному насыщению вод кислородом. Годовой ход кислорода в поверхностном слое вод, по некоторым

данным (Гидрометеорологические условия..., 1976), имеет два максимума и два минимума. Первый максимум отмечается в апреле–мае, второй – в ноябре–декабре. Образование первого (8,15–8,50 мл/л) связано с весенним, второго (до 8,0 мл/л) – с осенним массовым развитием фитопланктона. Первый минимум наблюдается летом и составляет 5,0–6,0 мл/л (Скоклеева, 1979, 1980; Винокурова, Скоклеева, 1980, 1981; Скоклеева, Щербак, 1980), второй – зимой, он менее выражен, и колеблется около 7,0 мл/л.

Весной на глубинах 10–15 м и ниже концентрации растворенного кислорода у дна значительно выше, чем у поверхности воды (рис. 18). В придонных горизонтах содержание растворенного кислорода в среднем может отличаться на 0,9–1,1 мл/л (10–11% насыщения) от поверхностного слоя, абсолютный максимум может достигать 8,06 мл/л (166% насыщения). Вероятно, это происходит из-за постоянных подтоков глубинных вод из зал. Петра Великого вследствие сгонно-нагонных явлений, которые наиболее интенсивны в зимне-весенний период.

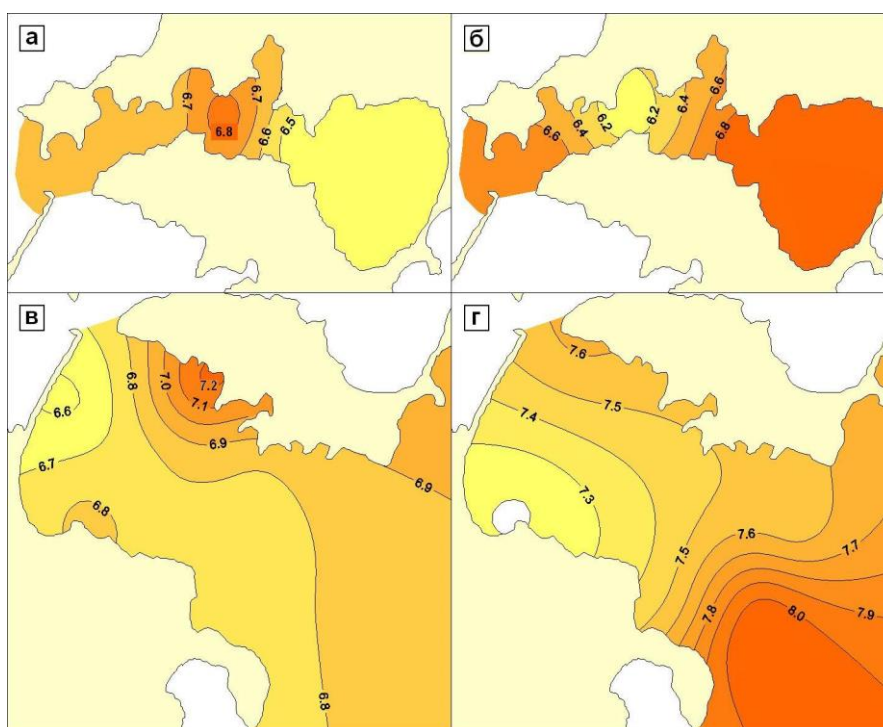


Рис. 18. Распределение содержания растворенного кислорода у поверхности воды (а, в) и у дна (б, г) в бухтах Новгородская (а, б) и Рейд Паллада (в, г) в весенний период

Fig. 18. Horizontal distributions of dissolved oxygen, ml/l at surface (а, в) and bottom levels (б, г) in the Novgorodskaya Bight (а, б) and the Reid Pallada Bight (в, г) in May

В летний период вертикальное распределение растворенного кислорода в зал. Посъета имеет обычную картину: максимум наблюдается у поверхности воды,

минимум – у дна (рис. 19). В мелководных бухтах летом концентрации растворенного кислорода у дна могут достигать более низких значений: среднемесячные значения опускаются до 4,25–4,70 мл/л, составляя 81–89 % насыщения (табл. 5), с абсолютным минимумом 3,06 мл/л (57 % насыщения) (табл. 6). На мелководье на глубине 2–3 м в придонных горизонтах количество растворенного кислорода может снижаться до критических величин – 2,4–3,0 мл/л (40–60 % насыщения). С наступлением осени с общей тенденцией выравнивания термогалинных характеристик распределение кислорода также становится однородным (рис. 20). В зал. Посъета на всех горизонтах отмечены и суточные колебания содержания растворенного кислорода. Они составляют 1,2–1,4 мл/л и связаны, по-видимому, с приливо-отливными явлениями, изменяющими суточный ход температуры и солености (Григорьева, Кучерявенко, 1995; Григорьева, 1999).

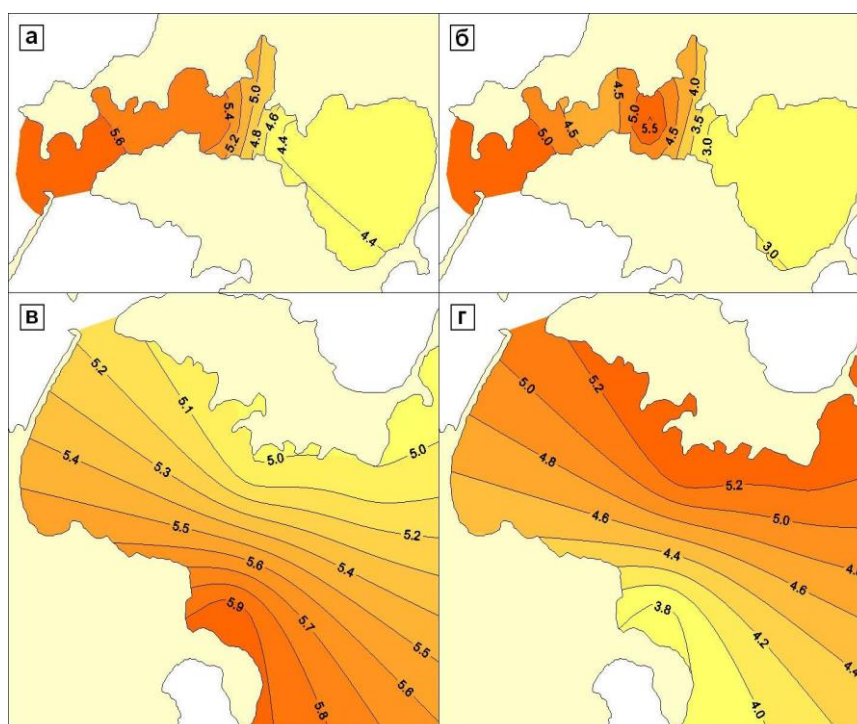


Рис. 19. Распределение содержания растворенного кислорода у поверхности воды (а, в) и у дна (б, г) в бухтах Новгородская (а, б) и Рейд Паллада (в, г) в летний период

Fig. 19. Horizontal distributions of dissolved oxygen, ml/l at surface (а, в) and bottom levels (б, г) in the Novgorodskaya Bight (а, б) and the Reid Pallada Bight (в, г) in July

Водородный показатель. Годовой ход активной реакции среды (рН) в зал. Посъета изучен слабо. В целом, рН поверхностных вод в течение года изменяется, снижаясь зимой и увеличиваясь летом. По различным источникам (Гидрометеорологические условия..., 1976; Подорванова и др., 1989), величина рН в зал. Посъета преимущественно совпадает с рН открытых районов моря и колеблется в пределах 7,90–8,58.

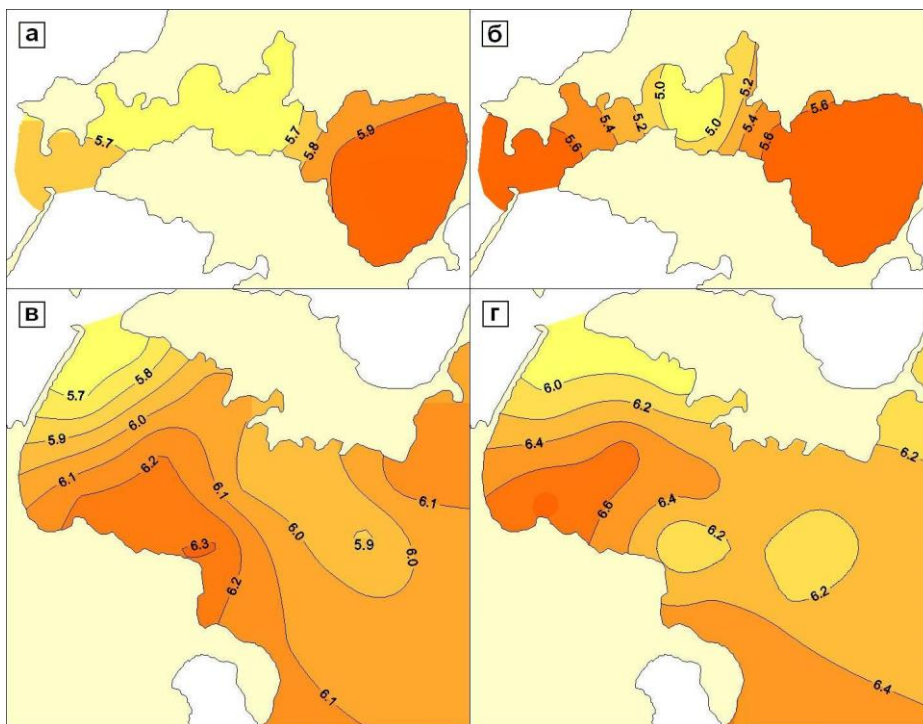


Рис. 20. Распределение содержания растворенного кислорода у поверхности воды (а, в) и у дна (б, г) в бухтах Новгородская (а, б) и Рейд Паллада (в, г) в осенний период

Fig. 20. Horizontal distributions of dissolved oxygen, ml/l at surface (а, в) and bottom levels (б, г) in the Novgorodskaya Bight (а, б) and the Reid Pallada Bight (в, г) in September

Во внешних бухтах в летний период сезонный ход величин рН аналогичен открытым участкам залива (Григорьева, Кучерявенко, 1995; Григорьева, 1999), но в мелководных бухтах, особенно в период максимального прогрева (июнь–август), возникает второй незначительный минимум, приходящийся на август – рН снижается до 7,99 (рис. 21, табл. 7, 8). Кроме того, рН в придонных горизонтах ниже, чем у поверхности воды. Вероятно, это вызвано высоким прогревом вод на мелководье. Различия в распределении величин рН между бухтами сохраняются до осени, затем показатели выравниваются. По вертикали распределение рН в мелководных бухтах в летние месяцы также отличается. Если во внешних бухтах рН в поверхностном слое ниже, чем в придонных горизонтах, то в мелководных бухтах наблюдается обратная картина.

Очевидно, это вызвано деструкцией органического вещества, активно продуцируемого у поверхности воды. Нередко интенсивное ветровое перемешивание выравнивает распределение рН по глубине, но затем различие восстанавливается (Григорьева, Кучерявенко, 1995; Григорьева, 1999). Помимо сезонных колебаний, величины рН подвержены и суточным изменениям (0,1–0,3), которые, возможно, связаны с приливо-отливными явлениями (Григорьева, Кучерявенко, 1995; Григорьева, 1999).

Таблица 5. Среднемесячные значения концентраций растворенного кислорода в воде (мл/л и % насыщения) в бухтах зал. Посыета

Table 5. Average monthly values of dissolved oxygen, ml/l and oxygenization, % in the Possyet Bay

Бухты	Глубина, м	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Новгородская	0	6.06±0.07 –	6.04±0.08 107±2	6.00±0.20 105±2	5.32±0.08 103±1	5.42±0.06 101±1
	5	6.03±0.12 99±2	5.47±0.18 95±4	4.64±0.10 81±2	4.25±0.11 81±2	4.60±0.22 84±3
Постовая	0	6.61±0.43 –	6.10±0.04 101±1	5.87±0.19 101±2	5.78±0.32 108±7	– –
	5	– –	5.97±0.08 98±2	5.16±0.25 89±3	4.70±0.21 89±6	– –
Клыкова	0	6.92±0.09 128±11	6.22±0.08 105±2	6.10±0.09 106±2	5.47±0.03 104±1	– –
	10	7.78±0.17 139±14	6.40±0.30 102±2	5.86±0.10 99±1	5.27±0.17 99±2	– –
Миноносек	0	6.76±0.06 102±8	6.27±0.04 106±1	5.91±0.07 105±1	5.44±0.09 107±2	5.48±0.18 106±3
	14	7.63±0.21 102±11	6.18±0.12 96±2	5.62±0.11 94±2	5.00±0.11 89±2	5.22±0.37 98±4

Таблица 6. Экстремальные значения концентраций растворенного кислорода в воде (мл/л и % насыщения) в бухтах зал. Посыета

Table 6. Extreme values of dissolved oxygen, ml/l and oxygenization, % in the Possyet Bay

Бухты	Глубина, м	Май		Июнь		Июль		Август		Сентябрь	
		max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
Новгородская	0	6.13	5.99 (102)	6.76	5.58 (122 97)	7.75	5.01 (119 96)	5.98	4.76 (112 91)	5.65	5.04 (104 97)
	5	6.38	5.82 (101 96)	6.49	4.18 (121 71)	5.38	4.00 (93 65)	4.85	3.06 (95 57)	5.64	3.56 (100 68)
Постовая	0	7.03	6.18	6.17	6.01 (102 100)	6.35	5.44 (105 98)	6.74	4.79 (131 88)	–	–
	5	–	–	6.09	5.75 (101 92)	5.51	4.45 (94 79)	5.32	4.34 (104 79)	–	–
Клыкова	0	7.03	6.66 (148 106)	6.44	5.88 (114 96)	6.65	5.51 (115 96)	5.53	5.38 (107 102)	–	–
	10	8.06	7.31 (166 113)	7.54	5.28 (109 99)	6.42	5.31 (104 94)	5.81	4.78 (104 90)	–	–
Миноносек	0	6.96	6.55 (147 105)	6.48	5.84 (115 98)	6.50	5.15 (120 95)	6.78	5.04 (138 101)	5.77	5.14 (109 103)
	14	8.06	6.97 (166 105)	6.89	5.16 (105 78)	6.61	4.36 (110 76)	5.87	4.21 (104 79)	5.91	4.65 (104 89)

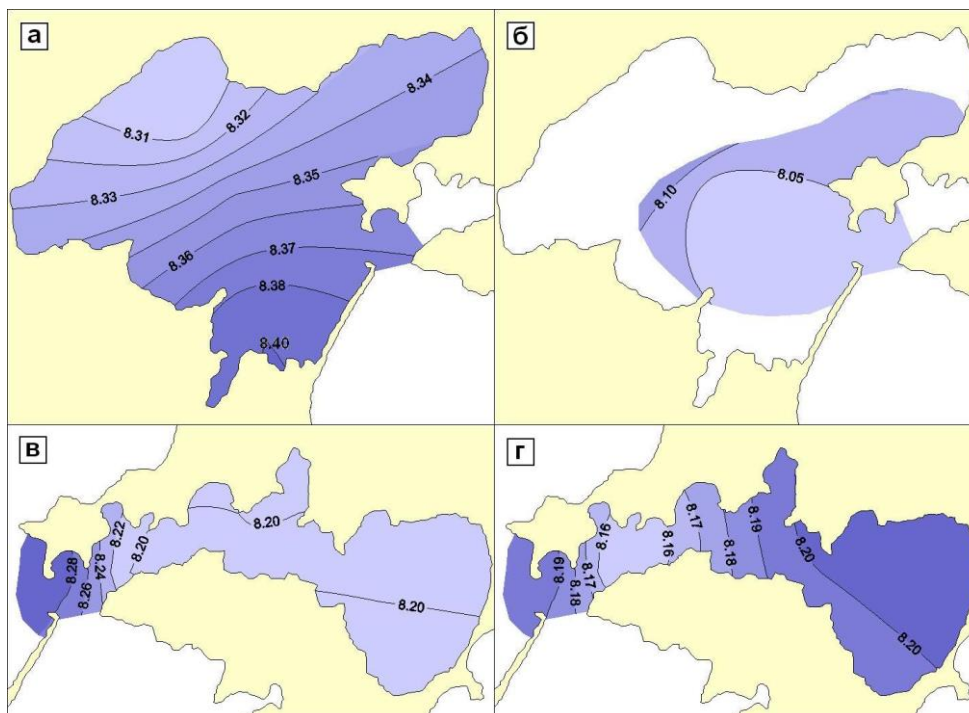


Рис. 21. Распределение водородного показателя (pH) у поверхности воды (а, в) и у дна (б, г) в бухтах Экспедиции (а, б) и Новгородская (в, г) в летний период

Fig. 21. Horizontal distributions of pH value (pH) at surface (а, в) and bottom levels (б, г) the Expedisia Bight (а, б) and the Novgorodskaya Bight (в, г) in July

Таблица 7. Среднемесячные значения водородного показателя (pH) в бухтах зал. Посыета

Table 7. Average monthly values of pH value (pH) in the Possyet Bay

Бухты	Глубина, м	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Новгородская	0	8.12±0.05	8.22±0.02	8.20±0.05	8.16±0.02	7.97±0.05
	5	8.10±0.04	8.07±0.05	7.99±0.05	8.00±0.03	7.90±0.02
бухта Миносок	0	8.09±0.04	8.19±0.07	8.18±0.12	—	—
	14	8.10±0.04	8.19±0.03	8.14±0.14	—	—

Щелочность (A_T) позволяет проследить распространение речных вод в море, поскольку ее величины в речной воде ниже, чем в морской. Наибольшие вариации щелочности наблюдаются в поверхностном слое. По некоторым данным (Гидрометеорологические условия..., 1976), в годовом ходе щелочности на поверхности залива наблюдается два максимума: зимний – в декабре–феврале и весенне-летний – в

июне. Самые низкие значения A_T наблюдались в б. Экспедиции у устья р. Гладкой – 1,31 мг-экв./л (Подорванова и др., 1989). В целом колебания щелочности в течение года невелики и составляют 2,18–2,25 мг-экв./л.

Таблица 8. Экстремальные значения водородного показателя (pH) в бухтах зал. Посъета

Table 8. Extreme values of pH value (pH) in the Possyet Bay

Бухты	Глубина, м	Май max min	Июнь max min	Июль max min	Август max min	Сентябрь max min
Новгородская	0	8.36 7.90	8.28 8.14	8.39 7.82	8.24 8.08	8.06 7.91
	5	8.39 7.82	8.34 7.80	8.27 7.78	8.18 7.81	7.92 7.87
Миноносек	0	8.33 7.87	8.34 7.82	8.35 7.96	–	–
	14	8.21 7.82	8.29 8.06	8.34 7.87	–	–

В мелководных бухтах сезонный ход щелочности размывается, в летний период чаще всего бывает несколько минимумов и максимумов (Григорьева, Кучерявенко, 1995; Григорьева, 1999). Наибольшие колебания щелочности наблюдаются в мелководных бухтах 2,039–2,335 мг-экв./л. Пониженные значения щелочности в тех же пределах также отмечены в северной и северо-западной частях б. Рейд Паллада, что подтверждает вынос опресненных вод из внутренних бухт залива. Во внешних бухтах наибольшие колебания щелочности отмечены в вершинной части б. Миноносек – 2,142–2,215 мг-экв./л, которые связаны с поступлением речных вод в кут бухты. Суточные колебания щелочности в поверхностном слое воды летом варьируют от 0,150 до 0,220 мг-экв./л, осенью уменьшаются и составляют 0,005–0,020 мг-экв./л.

Биогенные элементы. Концентрации всех биогенных элементов в водах залива изменяются в течение года в зависимости от их поступления–расходования и распределяются в заливе Посъета крайне неравномерно, имея как локальные, так и временные вариации. Содержание неорганических форм азота в зал. Посъета имеет четкий сезонный ход с максимумом зимой и минимумом летом. В течение года концентрации *нитритов* изменяются от 0 до 4,2 мкг/л, *нитратов* – от 0,03 до 92 мкг/л (Вышкварцев, 1984). Весной на поверхности в зал. Посъета содержание нитритов не превышает 1,0–1,2 мкг/л, в горизонте 50 м – 4,6–4,7 мкг/л. Летом концентрация нитритов уменьшается и в слое 0–50 м составляет примерно 1,0–3,8 мкг/л. Осенью воды залива более насыщены нитритами, чем зимой и летом. На поверхности их содержание достигает 1,8–2,0 мкг/л, на глубине 80 м – 4,0–4,2 мкг/л (Супранович, Якунин, 1976).

Содержание минерального фосфора и кремния также имеет четко выраженный сезонный ход, причем концентрации *фосфатов* в зал. Посъета во много раз превышают их обычные величины в морских водах. Зимнее содержание фосфатов в мелководных бухтах максимально. В поверхностном слое воды в б. Экспедиции концентрации фосфатов составляют 52,7 мкг/л, в б. Новгородской – 43,4–97,9 мкг/л, в б. Миноносек – 40,3 мкг/л. У дна количество фосфатов в бухтах Новгородской и Миноносек достигает 108,4 мкг/л, в б. Экспедиции – 68,1 мкг/л. Весной содержание биогенных элементов уменьшается, опускаясь к лету до минимальных значений.

Весной концентрации фосфора в мелководных бухтах колеблются от 31,0 до 37,2 мкг/л, на выходе из б. Рейд Паллада – от 6,2 до 18,6 мкг/л. Летом, по данным Д.И. Вышкварцева (1984), концентрация минерального фосфора в поверхностном слое варьирует от 0 до 50 мкг/л. В августе наблюдаются изменения содержания фосфора от 12,4–24,8 мкг/л у поверхности воды до 43,4–61,9 мкг/л у дна (Скокленева, 1979, 1980). Осенью в мелководных бухтах содержание фосфатов вновь повышается у поверхности от 18,6 до 31,0 мкг/л, у дна – от 49,6 до 61,9 мкг/л (Скокленева, 1979, 1980), в открытых районах на глубине 25 м – до 30–40 мкг/л, и в горизонте 50 м – до 25–60 мкг/л (Супранович, Якунин, 1976).

Содержание *кремния* в водах зал. Посъета в течение года достаточно высоко и составляет 220–1430 мкг/л (Вышкварцев, 1984). Весной у поверхности воды оно достигает 500–900 мкг/л. Поскольку летом наибольшему воздействию речного стока подвергается в основном верхний слой вод, в горизонте 20 м содержание кремния снижается до 200–700 мкг/л., увеличиваясь до 1000 мкг/л на 50 м (в районе м. Гамова

б. Рейд Паллада) за счет накопления кремнекислоты на глубинах. Осенью содержание кремния вновь повсеместно увеличивается (Супранович, Якунин, 1976). По другим данным (Скокленева, 1979, 1980), зимой содержание кремния в бухтах Новгородская и Экспедиции у поверхности воды составляет 1405 и 2697 мкг/л, у дна – 3371 и 4214 мкг/л соответственно, в б. Миносок у поверхности – 1039–1067 мкг/л, у дна – в три раза больше. В конце мая во всех бухтах содержание кремния падает до 562–843 мкг/л. Летом концентрация этого элемента уменьшается до 421 мкг/л. В октябре содержание кремния в открытой части б. Рейд Паллада составляет от 281–562 мкг/л в поверхностном слое и до 1124 мкг/л у дна.

Таким образом, комплексный подход, примененный в данном исследовании, позволил представить гидрометеорологическую характеристику зал. Посъета, дать его физико-географическое описание, охарактеризовать гидролого-гидрохимические параметры, и, кроме того, на основе многолетних наблюдений для каждой бухты показать характерное распределение параметров среды с представлением средних и экстремальных величин.

В настоящее время зал. Посъета остаётся основным центром воспроизводства беспозвоночных и имеет большое значение как уникальный питомник беспозвоночных в масштабах всего Приморья. Поэтому мониторинг экологических условий в таких акваториях должен проводиться постоянно, с наибольшим числом контролируемых параметров, с выявлением устойчивых тенденций их изменений, как в ходе гидрометеорологических процессов, так и трансформаций водной среды самими культивируемыми объектами. Комплексное представление о естественных изменениях климатических условий, колебаниях химических параметров и перераспределения органических веществ должен стать основой рационального природопользования.

Литература

Алисов Б.П., Берлин И.А., Михель В.М. Курс климатологии. Л.: Гидрометеиздат, 1954. Ч. 3. 320 с.

Баталин А.М. Течения // Гидрометеорологический справочник морей СССР. Л: Гидрометеопиздат, 1958. Т.5. Вып.2. С. 307–389.

Винокурова Т.Т., Скокленева Н.М. Временная изменчивость гидрологических явлений в заливе Посъета // Изв. ТИНРО. 1980. Т. 104. С. 29–36.

Винокурова Т.Т., Скокленева Н.М. Внутримесячная изменчивость гидрометеорологических характеристик прибрежных районов залива Посъета // Изв. ТИНРО. 1981. Т. 105. С. 26–33.

Вышковарцев Д.И. Физико-географическая и гидрохимическая характеристики мелководных бухт залива Посъета // Гидробиологические исследования заливов и бухт Приморья. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 4–11.

Вышковарцев Д.И., Пешеходько В.М. Продукционный потенциал доминирующих видов водной растительности в мелководных бухтах залива Посъета (Японское море) // Биологические науки. 1987. № 11. С. 90–95.

Гидрометеорологические условия шельфовой зоны Японского моря // Тр. ДВНИИГМИ. 1976. Вып. 27. 794 с.

Григорьева Н.И. Эколого-гидрологическая характеристика зал. Посъета как района культивирования моллюсков : автореферат дис...канд. биол. наук. Владивосток : ИБМ ДВО РАН, 1999. 27 с.

Григорьева Н.И., Золотова Л.А. Влияние гидрологических показателей на выращивание устриц в бухте Новгородская залива Посъета // Рыбное хозяйство. 1987. № 2. С. 28–30.

Григорьева Н.И., Кучерявенко А.В. Краткая гидрологическая характеристика залива Посъета. Владивосток, 1995. 35 с. Деп. в ВИНТИ 21.08.95 г., № 2466–В95.

Григорьева Н.И., Вышковарцев Д.И., Кучерявенко А.В., Новожилов А.В. Течения в мелководных бухтах залива Посъета. Владивосток, 1997. 23 с. Деп. в ВИНТИ 21.01.97 г., № 156–В97.

Даричева Л.В., Петрова Е.И., Соколова И.Ф. Гидрологическая характеристика порта Посъет. Владивосток : ДВНИГМИ, 1962. 78 с.

Донные ландшафты бухт западной части залива Петра Великого (Японское море) и их оценка для размещения плантаций трепанга: Отчет о НИР. М.:ВНИРО, 1985. № гос. рег. 81052340. 128 с.

Дударев О.В., Боцул А.И., Чаркин А.Н., Бирюлина М.Г., Гаврилова Г.С. Современная геоэкологическая обстановка залива Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО-центра. 2002. Т. 131. С. 132–140.

Дулова Н.М., Храпченков Ф.Ф., Павлова Е.В. Изменчивость течений в прибрежной зоне залива Посъета Японского моря // XXIII международная конференция в честь 100-летия со дня рождения профессора В.П. Зенковича «Учение о развитии морских берегов: вековые традиции и идеи современности» : тезисы докл. СПб, РГГМУ, 5–9 октября 2010 г. URL: http://www.seacoasts.ru/data_eng/doc/sec2/index.html.

Залив Петра Великого с иллюстрациями. Описание. URL: <http://www.pacificinfo.ru>, <http://data.oceaninfo.info>.

Зуенко Ю.И. Типы термической стратификации вод на шельфе Приморья // Комплексные исследования морских гидробионтов и условий их обитания. Владивосток : ТИНРО, 1994. С. 20–39.

Карнаухов А.А., Сергеев А.Ф. Структура и динамика вод залива Петра Великого летом // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. М. : ГЕОС, 2008. С. 57–73.

Комплексные исследования процессов, характеристик и ресурсов дальневосточных морей России. ФЦП «Мировой океан», подпрограмма «Исследование природы Мирового океана». Исследование гидрометеорологического состояния дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана, его изменчивости и аномалий: отчет о НИР / ТОИ ДВО РАН; рук. В.Б. Лобанов; исп.: 30 чел. Владивосток, 2003. Ч. 1. 666 с.

Ластовецкий Е.И., Якунин Л.П. Гидрометеорологическая характеристика Дальневосточного Государственного морского заповедника // Цветковые растения островов Дальневосточного морского заповедника. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 18–33.

Лихт Ф.Р., Астахов А.С., Боцул А.И., Деркачев А.Н., Дударев О.В., Марков Ю.Д., Уткин И.В. Структура осадков и фации Японского моря. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1983. 286 с.

Лучин В.А., Тихомирова Е.А., Круц А.А. Океанографический режим вод залива Петра Великого. // Известия ТИНРО. 2005. Т.140. С. 130–169.

Мануйлов В.А. Структура донных ландшафтов береговой зоны залива Петра Великого // Донные ландшафты Японского моря. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1987. С. 22–43.

Мануйлов В.А. Подводные ландшафты залива Петра великого. Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та, 1990. 168 с.

Никитин А.А., Дьяков Б.С. Структура фронтов и вихрей в западной части Японского моря // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 124. С. 714–733.

Новожилов А.В., Григорьева Н.И., Вышкварцев Д.И., Лебедев Е.Б. Течения и горизонтальная турбулентность в бухтах залива Посъета (Японское море) // Рациональное использование биоресурсов Тихого океана : тез. докл. Владивосток: ТИНРО, 1991. С. 61–63.

Петренко В.С. Геоморфология прибрежной части шельфа залива Петра Великого // Географические исследования шельфа Дальневосточных морей. Владивосток : Изд-во ДВГУ, 1993. С. 3–10.

Подорванова Н.Ф., Ивашишникова Т.С., Петренко В.С., Хомичук Л.С. Основные черты гидрохимии залива Петра Великого (Японское море). Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. 201 с.

Покудов В.В., Власов Н.А. Температурный режим прибрежных вод Приморья и о. Сахалин по данным ГМС // Тр. ДВНИИ. 1981. Вып. 86. С. 109–118.

Полякова А.М. Характеристика процессов волнения в заливе Петра Великого // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. М.: ГЕОС, 2008. С. 110–133.

Скоклеева Н.М. Гидрохимические условия северо-западной части залива Посъета // Изв. ТИНРО. 1979. Т. 103. С. 137–140.

Скоклеева Н.М. Сезонная изменчивость гидрохимического режима вод бухт залива Посъета // Рыбохозяйственные исследования умеренных вод Тихого океана. Владивосток : ТИНРО, 1980. С. 9–14.

Скоклеева Н.М., Щербак В.А. Влияние режимоформирующих факторов на гидрохимические условия бухт залива Посъета // Тр. ДВНИГМИ. 1980. № 91. С.71–77.

Супранович Т.И., Якунин Л.П. Гидрология залива Петра Великого // Тр. ДВНИИГМИ. 1976. Вып. 22. 200 с.

Тихий океан. Берега Тихого океана. М.: Наука, 1967. 375 с.

Юрасов Г.И., Яричин В.Г. Течения Японского моря. Владивосток : ДВО АН СССР, 1991. 176 с.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ТЕЧЕНИЯ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

И.С. Арзамасцев¹, М.А. Данченков², В.Ф. Мишуков³

¹*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,*

²*Дальневосточный гидрометеорологический институт,*

³*Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН*

Характеристике гидродинамического режима зал. Петра Великого последние годы посвящено довольно много работ. Материалы этих исследований во многом противоречивы. Они рассыпаны по большому количеству публикаций, изданий и архивам. В этой работе сделана попытка сравнить, проанализировать и генерализировать несколько десятков схем поверхностных течений, составленных разными авторами по разным методикам для различных гидрометеорологических условий. Рассмотренные схемы существенно отличаются друг от друга, поэтому обобщающие схемы были разбиты на три группы: полученные на основе натурных наблюдений за течениями, температурой воды и соленостью, затем расчетные, дающие ветровые течения с учетом гидрометеорологических параметров без учета приливо-отливных явлений и, наконец, расчетные, с учетом гидрометеорологических параметров и приливо-отливных явлений.

У авторов не сложилось однозначного представления о гидродинамическом режиме этого района на основе проанализированного материала. Сделан вывод, что исследования в этой области еще не достаточны для ясного представления о гидродинамике в зал. Петра Великого.

Ключевые слова: гидродинамический режим, поверхностные течения, приливо-отливные явления, схема течений, гидрометеорологические условия.

SURFACE CURRENTS IN PETER THE GREAT BAY

I.S. Arzamastsev¹, M.A. Danchenkov², V.F. Mishukov³

¹*Pacific Geographical Institute FEBRAS,*

²*Far Eastern Hydrometeorological Institute,*

³*Pacific Oceanological Institute FEBRAS*

Many recent research works refer to the peculiarities of hydrodynamic mode in the Peter the Great Bay. Data of these researches are frequently controversial, furthermore disseminated in numerous publications, journals and records. This article is intended to compare, analyze and generalize several tens of surface current patterns composed by various authors using different methods for different hydrometeorological conditions. The considered patterns differ significantly, that is why generalized patterns were subdivided into three groups: the first one includes results of field observations of currents, water temperature and salinity; the second one refers to designed data for wind currents considering hydrometeorological parameters without consideration of tidal activity and, finally, the third one refers to designed data with consideration of hydrometeorological parameters and tidal activity.

The authors did not draw unanimous conclusion of the hydrodynamic mode in the area based on the analyzed data. The conclusion was made that the studies in the area are not enough for clear understanding of hydrodynamics in the Peter the Great Bay.

Keywords: hydrodynamic mode, surface current, tides, patterns of currents, hydrometeorological conditions.

Прежде чем оценить течения зал. Петра Великого, необходимо рассмотреть течения прилегающей части моря.

В 30-е годы М.Уда (Uda, 1934) построил две схемы поверхностных течений Японского моря, которые до настоящего времени являются самыми цитируемыми за границей. Но эти схемы вовсе не тождественны. Они различаются в важных деталях у побережья Приморья: на одной схеме (рис.1б) течение вдоль континента показано непрерывно, а на другой (рис.1а) – оно разделено на три звена. М.Уда назвал эти три звена Лиманным, Сибирским и Северо-Корейским течениями. Сибирское течение сейчас называется Приморским.

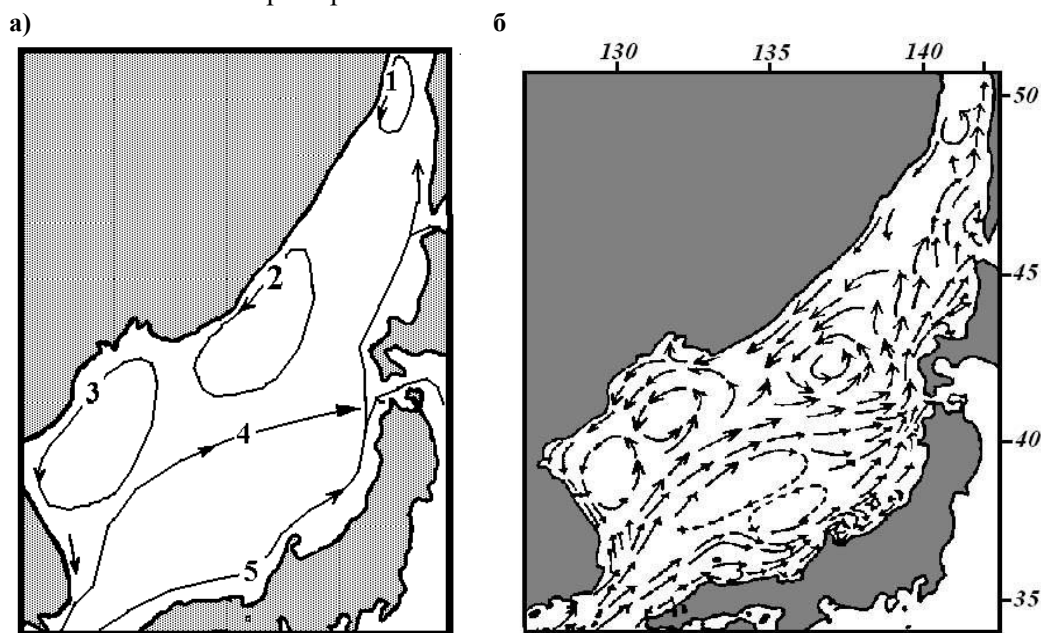


Рис.1. Две схемы М.Уда (1934). На рис. 1а в Японском море выделено 5 течений: 1 – Лиманное, 2 – Сибирское, 3 – Северо-Корейское, 4 – Восточно-Корейское, 5 – Цусимское

Fig.1. Two patterns by M. Uda (1934). Fig. 1 a shows 5 currents in the Sea of Japan: 1 – Liman, 2 – Siberian, 3 – North Korean, 4 – East Korean, 5 – Tsushima

В течение полувека схема М. Уда не оспаривалась. После войны без каких-то исследований (публикации неизвестны) вместо трёх отдельных течений вдоль континента (рис. 1а) или одного непрерывного течения (рис.1б) стали выделять только два отдельных течения (Приморское и Северо-Корейское).

В.Г. Яричин (1980) рекомендовал выделить третье, северное звено вдоль берегового течения («течение Шренка») (рис. 2).

Недавно было открыты два новых течения в Японском море – Восточное и Северо-западное. Особенно заметны эти течения по распределению температуры и по солёности в зимний период (рис. 3) на подповерхностных горизонтах (ниже 50 м) (Данченков и др., 2000; Aubrey et al., 2001).

Все известные течения Японского моря – слабые. Перенос основного течения моря (Цусимского) примерно в 20 раз меньше переноса Кuroсио (Яричин, 1980).

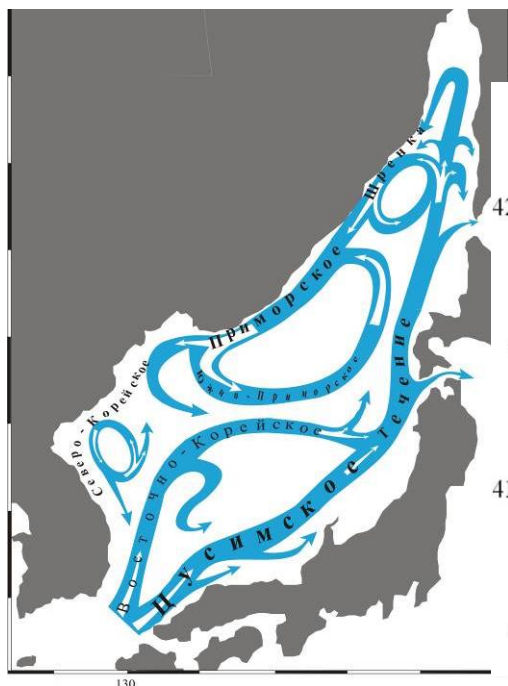


Рис. 2. Обобщающая схема циркуляции вод Японского моря (Яричин, 1980)

Fig. 2. Generalized pattern of water circulation in the Sea of Japan (Yarichin, 1980)

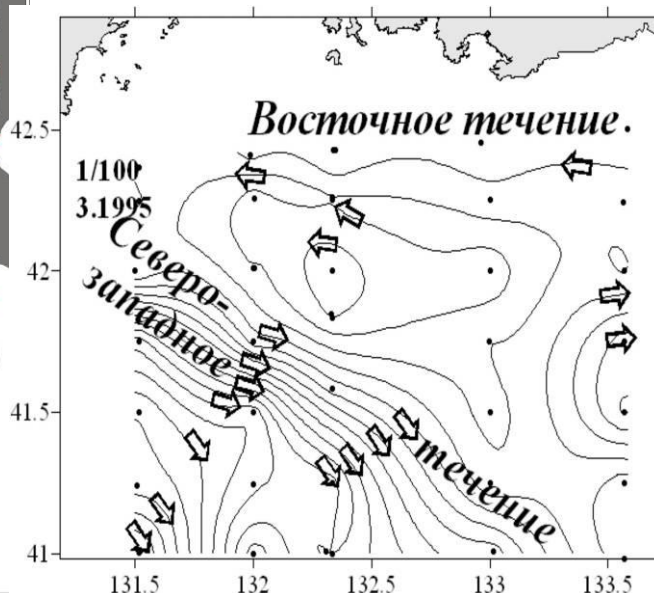


Рис. 3. Поверхностные геострофические течения в северо-западной части Японского моря зимой 1995 г. относительно нулевой поверхности 100дб (Данченков и др., 2000; Aubrey et al., 2001)

Fig. 3. Surface geostrophic currents in the north-west part of the Sea of Japan in winter of 1995 with regard to zero surface 100 db (Danchenkov et al., 2000; Aubrey et al., 2001)

Какова же на самом деле схема течений в северо-западной части Японского моря – вопрос открытый, так как специальных исчерпывающих исследований здесь не проводилось, а сведения по гидродинамике этого района малочисленны и противоречивы. Вероятно, течение вдоль континента в некоторые периоды отсутствует или меняет направление (Козлов, 1974), и может быть, к зал. Петра Великого подходит не холодное (Приморское) течение с северо-востока, а тёплое – с юго-запада (Дерюгин, 1935).

Течения на акватории зал. Петра Великого возникают под воздействием ветра, приливных явлений и стока рек. Скорости течений в заливе незначительны – обычно не превышают 0,5 узла (Супранович, Якунин, 1976).

К сожалению, нет единого мнения о схеме циркуляции водных масс в заливе. До недавнего времени (до 2000 г.) единственной известной схемой течений была схема из Лоции. Она известна в двух вариантах (1960 г. и 1972 г.), но отличия между ними несущественны (рис. 4, 5).

Нам не удалось найти в литературных источниках авторов этих схем и, соответственно, определить достоверность материалов, на основе которых они построены. Отмеченные на схемах разнонаправленные потоки воды должны соответствовать высоким значениям температурных градиентов, но их нет на картах распределения температуры воды, построенных по натурным наблюдениям (Лучин и др., 2005). Кроме этого, эти схемы составлены для всего года. Но в условиях муссонного климата летние и зимние схемы течений не могут быть одинаковыми. Несмотря на перечисленные недостатки, эти схемы просуществовали почти полвека и широко использовались в научных публикациях.

За последние 30 лет в ДВНИГМИ и ТОИ ДВО РАН было проведено более 10 экспедиционных съёмок, данные которых позволили создать не только схемы расчётных течений, соответствующие времени съёмок, но и обобщённые схемы. Таких расчётных схем течений зал. Петра Великого и работ о его гидродинамическом режиме было сделано за последние годы несколько десятков (Супранович, Якунин, 1976; Яричин, 1980; Савельева, 1989; Сойфер, 2002; Данченков, 2003; Лучин и др., 2005; Ростов, 2005; Рыков, 2006; Будаева, 2007; Мишуков и др. 2007; Файман, 2007; Карнаухов, Сергеев, 2008; Храпченков и др. 2008, и др.).

Расчётные схемы, полученные разными авторами с использованием разных математических моделей, существенно отличаются друг от друга.

Результаты исследований можно разбить на несколько групп:

- полученные на основе натурных наблюдений за течениями, температурой воды и солёностью;
- расчётные, дающие ветровые течения с учетом гидрологических параметров без учета приливо-отливных явлений;
- расчётные, с учетом гидрологических параметров и приливо-отливных явлений.

Измерения самописцами и вертушками показывают, что направления течений сильно изменчивы от точки к точке. Иногда они противоположны и меняются в соответствии с приливным и инерционным периодами. Осреднённые вектора показывают значительную изменчивость в направлении течения на одной и той же станции. Сведение воедино данных более 80 станций (не считая повторных измерений) позволило отметить лишь преимущественный перенос на запад (Приморское течение) на большинстве станций, расположенных в открытой части залива.

Первые качественные эксперименты по расчёту ветровых течений (рис. 6,7) были проведены 20 лет назад Н.И. Савельевой (1989).

Были построены обобщающие карты течений (рис. 8, 9) для преобладающих северных и южных ветров (Файман, 2003) и был составлен атлас течений зал. Петра Великого, содержащий схемы среднемесячных карт (Файман, 2007).

В этих работах задаётся ветер одного направления и одной скорости для всего залива, в то время как его значения изменяются по силе и направлению не только от одной береговой гидрометеорологической станции к другой, но и по всей акватории залива. Все эти схемы не учитывают приливо-отливные течения, сток рек и разнятся между собой.

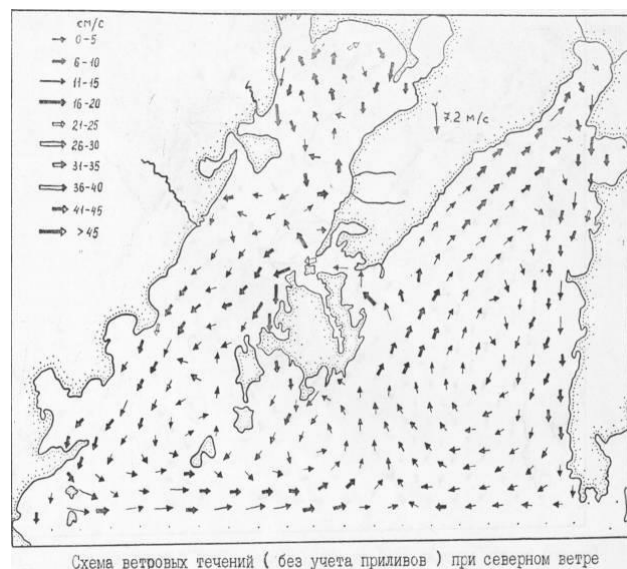


Рис.6. Поверхностные ветровые течения при северном (7.2 м/с) ветре (Савельева, 1989)

Fig.6. Surface wind currents under north wind (7.2 m/sec) (Saveleva, 1989)

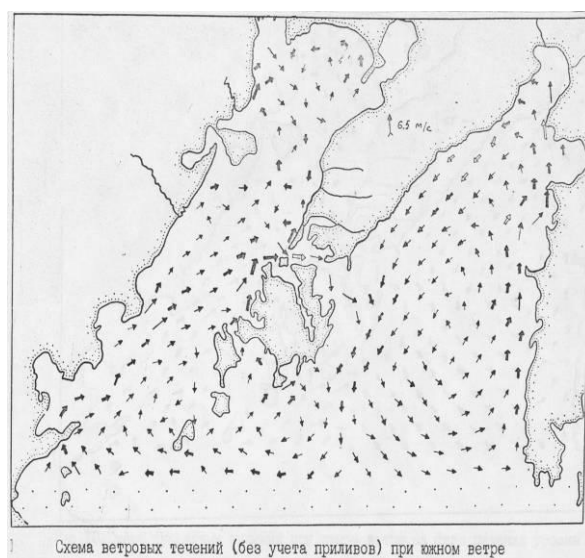


Рис.7. Поверхностные ветровые течения при южном (6.5 м/с) ветре (Савельева, 1989)

Fig.7. Surface wind currents under south wind (6.5 m/sec) (Saveleva, 1989)

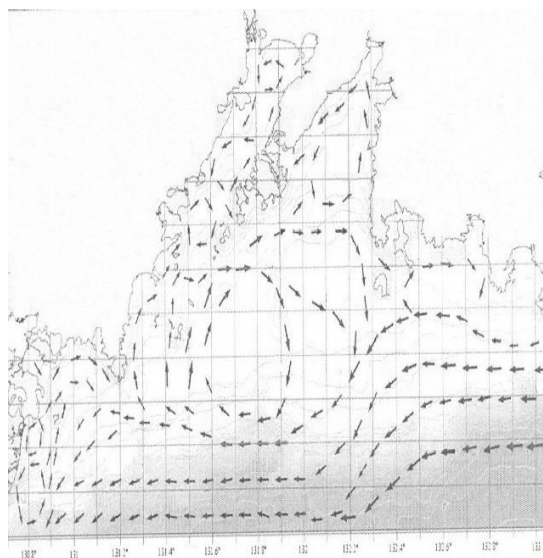


Рис. 8. Обобщённая схема поверхностных течений зал. Петра Великого «при преобладающих южных ветрах» (Файман, 2003)

Fig.8. Generalized pattern of surface currents in the Peter the Great Bay in conditions of prevailing south winds (Fayman, 2003)

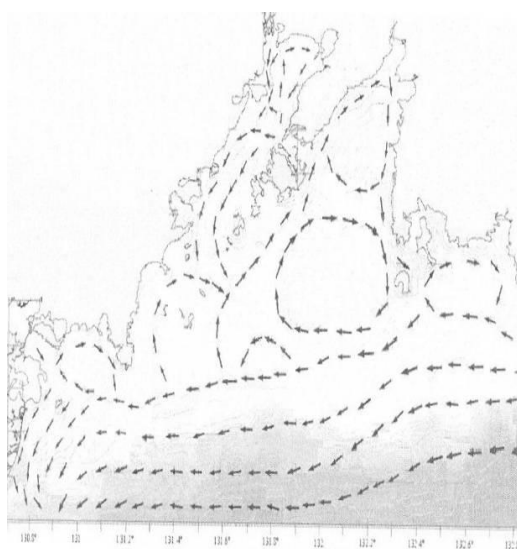


Рис. 9. Обобщённая схема поверхностных течений зал. Петра Великого «при преобладающих северных ветрах» (Файман, 2003)

Fig.9. Generalized pattern of surface currents in the Peter the Great Bay in conditions of prevailing north winds (Fayman, 2003)

Схемы геострофических течений, полученные косвенными методами – по данным измерений температуры и солёности (Данченков, 2003), обнаружили летом протяжённый перенос вод на запад, а мористее – восточный перенос. В холодное время года отмечено отсутствие Приморского течения (рис. 10, 11).

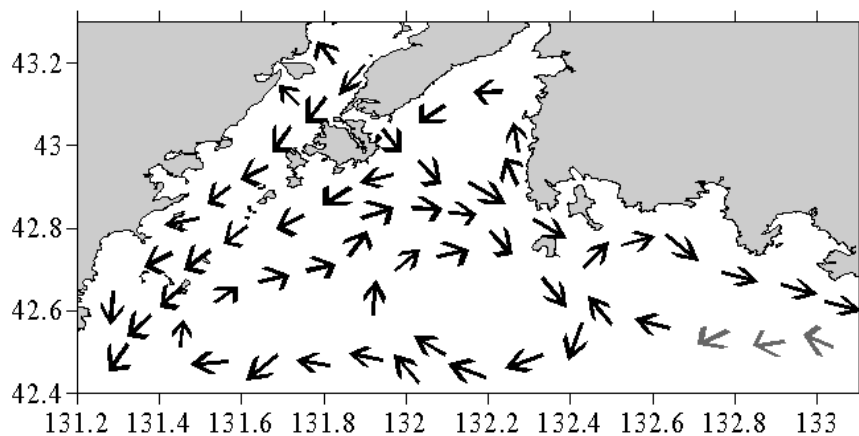


Рис.10. Поверхностные течения в зал. Петра Великого летом. Серыми стрелками обозначены предполагаемые направления течений

Fig.10. Surface currents in the Peter the Great Bay in summer. The grey arrows show suggested currents directions

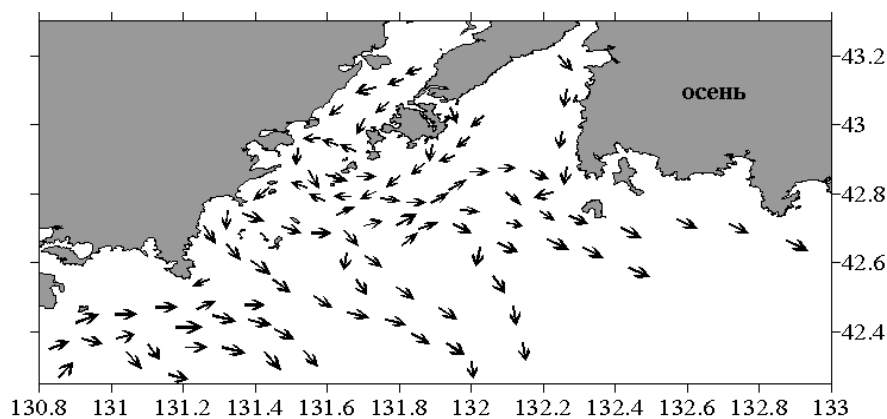


Рис.11. Течения в слое 0–50 м осенью

Fig.11. Currents in the depth of 0–50 m. in autumn

Расчет течений зал. Петра Великого, образующихся под влиянием ветра, приливо-отливных и непериодических течений (Мишуков и др., 2007) показал, что при слабых ветрах (до 5 м/сек) направление ветра не имеет значения. Схема течений зависит от фазы прилива (рис. 12, 13).

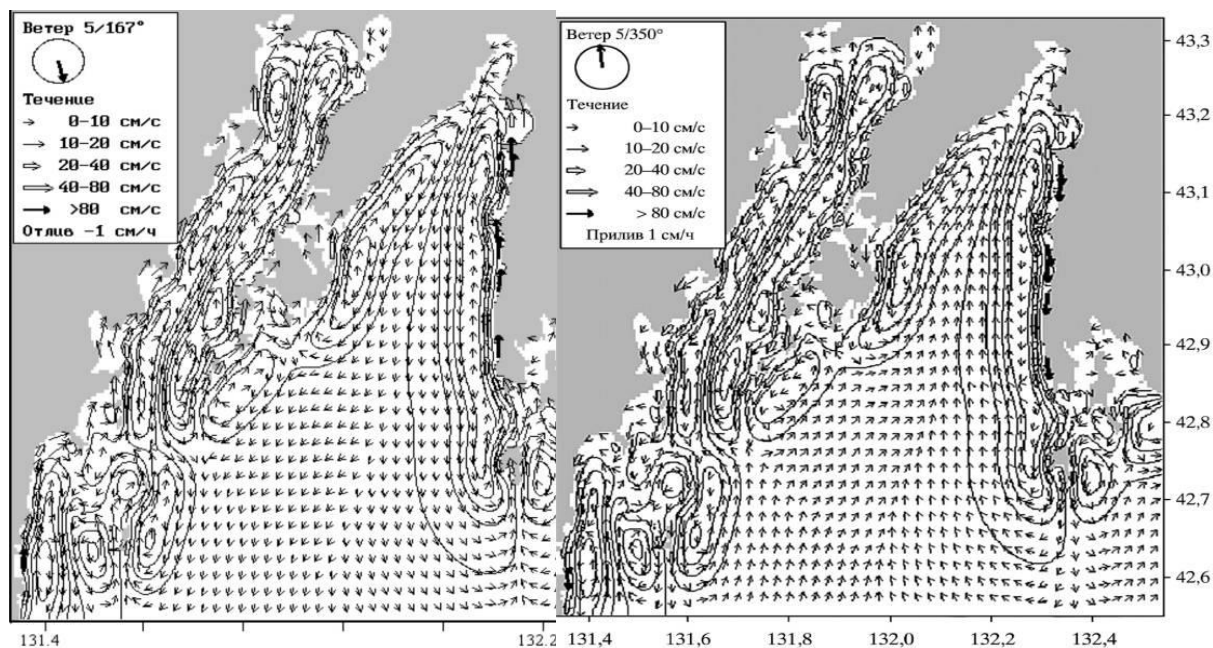


Рис. 12. Поле скоростей течений во время отлива (Мишуков и др., 2007)

Рис. 13. Поле скоростей течений во время прилива (Мишуков и др., 2007)

Fig. 12. Current speed field during low tide (Mischukov et al., 2007)

Fig. 13. Current speed field during high tide (Mischukov et al., 2007)

Попытка сравнить, проанализировать и генерализовать несколько десятков схем поверхностных течений, составленных разными авторами по разным методам для различных гидрометеорологических условий привела к следующим результатам (мы рассматривали ситуации только для слабых ветров 5–7 м/сек северных и южных направлений).

Исходя из муссонного характера климата Японского моря, должно быть две схемы течений: для теплого времени года с преобладающими южными ветрами и для холодного – с преобладанием северных ветров. Однако свести в две схемы течений (для зимы и для лета) результаты работы разных авторов не удалось.

Для летнего сезона сходные обобщающие схемы расчетных ветровых и геострофических поверхностных течений позволили составить схему, изображенную на рис. 14.

В центральной части зал. Петра Великого отмечен обширный антициклонический вихрь. По его мористой стороне и практически по внешней границе залива проходит Приморское течение, неся свои воды с востока на запад. В горловине Уссурийского залива и в кутовой части Амурского залива отмечены циклонические

циркуляции поверхностных вод. Вдольбереговые потоки в Уссурийском заливе имеют общую направленность против часовой стрелки. В Амурском заливе расчетные данные у разных авторов дают вдольбереговые течения противоположных направлений. На выходе их Амурского залива: вдоль о-вов Русский, Попова, Рикорда течения идут с севера на юго-юго-запад и вдоль западного побережья залива (от зал. Славянка до п-ова Ломоносова – с юга на северо-северо-восток. От о-вов Путятина и Аскольд прослеживается противотечение с запада на восток по направлению к м. Поворотному.

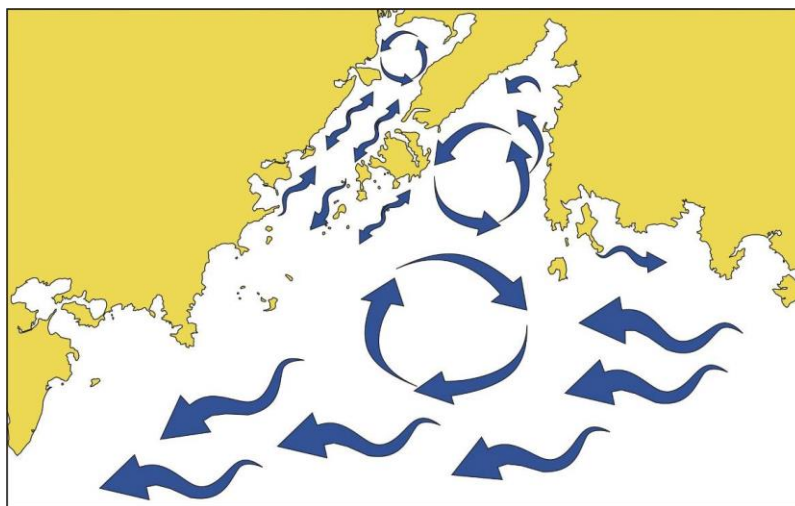


Рис. 14. Обобщающая схема поверхностных течений при преобладающих ветрах южного направления по данным расчетов ветровых и геострофических течений

Fig. 14. Generalized pattern of surface currents in conditions of prevailing south winds by the designed wind and geostrophic currents

Для ветров северного направления (холодное время года) схемы расчетных ветровых течений не совпадают с геострофическими (рис.15, 16).

Расчеты ветровых течений показывают, что в мористой части залива направления течений одинаковы и зимой и летом при слабых ветрах северного и южного направлений. С востока на запад следуют воды Приморского течения, и сохраняется антициклонический вихрь в центральной части залива. А вот в заливах второго порядка: Амурском и Уссурийском при северном ветре схема течений меняется на противоположную. В центральной части Уссурийского залива и кутовой части Амурского залива отмечены антициклонические вихри. Вдольбереговое движение вод в Уссурийском заливе происходит по часовой стрелке, а в Амурском – отмечается вынос вод вдоль его западного берега.

Другую картину течений дает анализ сотен схем, построенных по данным зимних и осенних измерений температуры и солености поверхностных вод (рис.16).

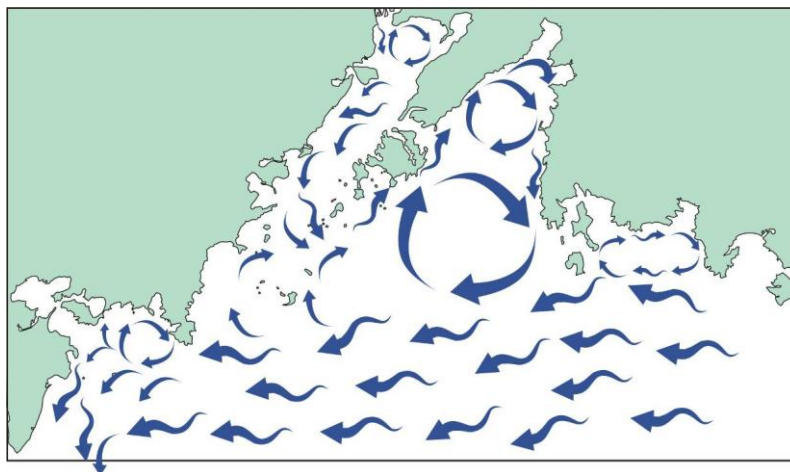


Рис. 15. Обобщающая схема поверхностных течений при преобладающем северном ветре по расчетам ветровых течений

Fig. 15. Generalized pattern of surface currents in conditions of prevailing north winds by the designed wind currents

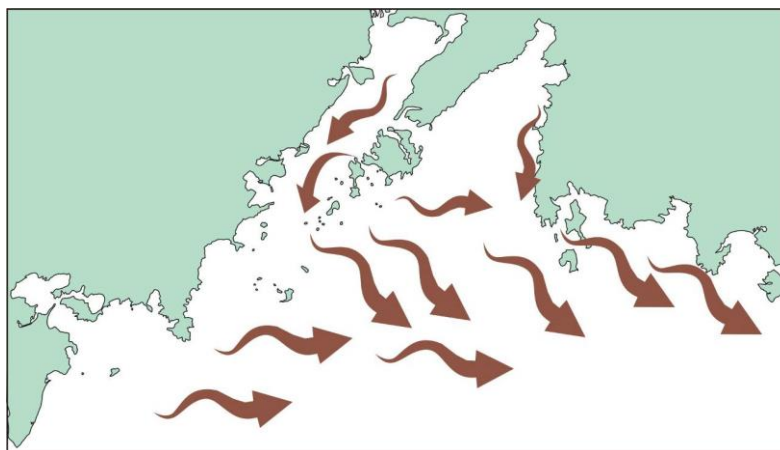


Рис. 16. Схема геострофических течений при преобладающих северных ветрах

Fig. 16. Pattern of geostrophic currents in conditions of prevailing north winds

При преобладающих северных ветрах на акватории залива Петра Великого Приморское течение не прослеживается. Здесь, в открытой части залива, отмечен хорошо выраженный поток воды с запада на восток, вынос вод из Уссурийского залива вдоль его восточного побережья, а в Амурском заливе вынос вод на юг по его оси.

Совершенно другие схемы течений получаются при вычислении течений с учетом приливо-отливных явлений. Как мы уже отмечали ранее, слабые ветра на этих схемах не формируют течений, и определяющим фактором является фаза прилива. Таким образом, можно выделить схемы течений при приливе и при отливе (рис. 17, 18).

При приливе (рис. 17) в Амурский и Уссурийский заливы по оси втекают широкие потоки воды, которые в вершинах заливов разворачиваются и следуют относительно узкими струями вдоль восточных и западных берегов заливов, образуя циркуляции в местах преград (островов) и изгибов береговой линии.

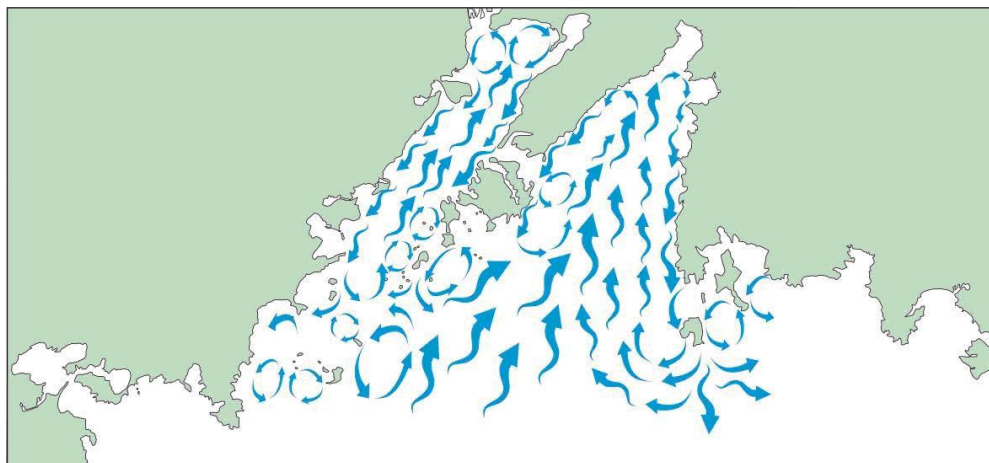


Рис. 17. Схема течений во время прилива

Fig. 17. Current pattern for high tide

При отливе (рис. 18) картина противоположная: широким потоком вода вытекает из заливов по их осям и компенсационными течениями затекает в залив вдоль берегов к их вершинам, образуя вихри, также как и при приливе, но противоположных направлений.

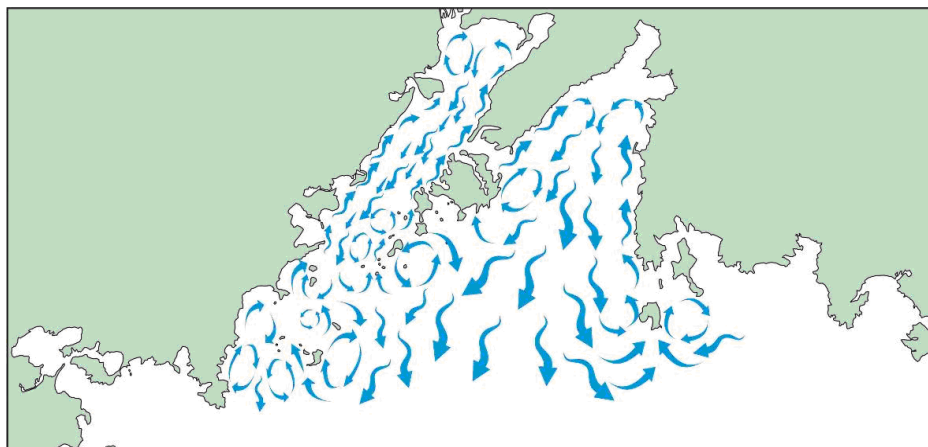


Рис. 18. Схема течений во время отлива

Fig. 18. Current pattern for low tide

Глядя на эти схемы, можно сказать, что в нескольких километрах от уреза воды всегда должно быть течение, противоположное идущему вдоль берега потоку.

Так как в зал. Петра Великого наблюдаются неправильный полусуточный и неправильные суточные приливы, то из-за полусуточной составляющей схема течений в заливе меняется на противоположную два раза в сутки. Отсюда понятно – почему трудно интерпретировать данные, полученные при измерении течений приборами. Ряд карт приливных течений залива, рассчитанных по фактическим гидрометеорологическим условиям после выпадения сильных осадков, был сравнен с серией космоснимков на этот же период, где хорошо виден вынос в залив мутных речных стоков. Было обнаружено большое сходство рассчитанных и сфотографированных спутником морских течений.

Предложенные схемы течений мало похожи и противоречивы. У авторов не сложилось однозначного представления о гидродинамическом режиме этого района на основе проанализированного материала.

Таким образом, можно сказать, что вопрос исследования гидродинамики в зал. Петра Великого, да и в юго-ападной части Японского моря, остается открытым. Мы рассматривали процессы движения воды при слабых ветрах, но существуют мощные перестройки прибрежных геосистем, которые происходят во время штормов, тайфунов, мощных выносов терригенного материала с речным стоком при паводках и наводнениях, при сортировке и движении наносов морскими волнами, при подходе цунами и появлении тягуна. Исследования в этой области, к сожалению, отрывочны и не полны.

Литература

Будаева В.Д. Краткий анализ особенностей режима вод в заливе Петра Великого летом 2007 г. // Отчёт о НИР «Обеспечить комплексный мониторинг дальневосточных морей России». Владивосток : ДВНИГМИ, 2007. С. 72–77.

Данченков М.А. 2003. Непериодические течения (Японского моря). Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т.8. Японское море. СПб. : Гидрометеоиздат, С. 313–326.

Данченков М.А., Обри Д.Г., Лобанов В.Б. Пространственная структура вод северо-западной части Японского моря в зимний период. Гидрометеорология и экология Дальнего Востока. Владивосток : Дальнаука. 2000. Вып.3. С. 92–105.

Дерюгин К.М. Работы Тихоокеанской экспедиции ГОИН в 1933 г. Исследования морей СССР, 1935. N22, С. 5–24.

Карнаухов А.А., Сергеев А.Ф. Структура и динамика вод залива Петра Великого летом // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. М. : Геос. 2008. С. 57–73.

Козлов В.Ф. Результаты приближённых вычислений интегральной циркуляции вод Японского моря // Метеорология и гидрология. 1974. N4, С.57–63.

Лоция Тихого океана. Часть 3. Японское море от реки Тюмень-Ула до мыса Белкина. Л. : Изд-во Гидрографического Управления. 1960. 245 с.

Лоция Японского моря. Часть I. Л. : ГУНИО, 1972. 287 с.

Лоция северо-западного берега Японского моря. СПб. : ГУНИО, 1996, 354с.

Лучин В.А., Тихомирова Е.А., Круз А.А. Океанографический режим вод залива Петра Великого // Известия ТИНРО. 2005. Т. 140, С. 118–129.

Мишуков В.Ф., Калинин В.В., Мишукова Г.И. Модель расчета переноса и трансформации нефтяного загрязнения в дальневосточных морях (на примере залива Петра Великого Японского моря). Дальневосточные моря России: в 4 кн. / гл. ред. В.А. Акуличев. Кн. 2. Исследования морских экосистем и биоресурсов / отв. ред. В.П. Челомин. М. : Наука, 2007. 699 с.

Покудов В.В., Тунеголовец В.П. Новая схема течений Японского моря в зимний период // Труды ДВНИГМИ. 1975. N50. С.24–32.

Ростов И.Д. Залив Петра Великого. Физико-географические, гидрологические характеристики и гидрометеорологические условия. 2005. // http://www.pacificinfo.ru/data/cdrom/3.html/1_00.htm

Рыков Н.А. Циркуляция вод залива Петра Великого. Отчёт о НИР «Разработать комплексные модели мониторинга и прогноза параметров циркуляции для дальневосточных морей России». Владивосток : ДВНИГМИ. 2006. С.29–35.

Рыков Н.А., Манько А.Н. Течения залива Петра Великого по численным расчётам : отчет. Владивосток : ДВНИГМИ. 2007. 28 с.

Савельева Н.И. Общая схема циркуляции вод Амурского и Уссурийского заливов по результатам численного моделирования. Рукопись 2268–В89, депонированная в ВИНТИ. Владивосток : ТОИ ДВО АН СССР. 1989. 28 с.

Сойфер В.Н. Радиоэкология северного шельфа Японского моря. Владивосток : Дальнаука. 2002. 253 с.

Супранович Т.И., Якунин Л.П. Гидрология залива Петра Великого // Труды ДВНИГМИ. 1976. N 22. 199 с.

Файман П.А. Расчёт диагностических течений в заливе Петра Великого // Гидрометеорология и экология Дальнего Востока. Владивосток : Дальнаука. 2003. N4. С. 26–33.

Файман П.А. Течения залива Петра Великого. Современное состояние, сезонная и межгодовая изменчивость гидрометеорологического режима, а также долговременные изменения состава и структуры бентосных сообществ Японского моря : отчёт по НИР. Владивосток : ДВНИГМИ. 2003. С.154–156.

Файман П.А. Атлас (течений) залива Петра Великого // Обеспечить комплексный мониторинг дальневосточных морей России : отчёт о НИР. Владивосток : ДВНИГМИ, 2007. С.85–135.

Храпченков Ф.Ф., Дулова Н.М., Горин И.И., Сергеев А.Ф. Долговременные измерения течений и температуры воды в заливе Петра Великого в 2004–2007 гг. // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. М. : Геос, 2008. С.9–56.

Яричин В.Г. Состояние изученности циркуляции вод Японского моря // Труды ДВНИГМИ. 1980. N80. С.46–61.

Aubrey D.G., Danchenkov M.A., Riser S.C. Belt of salt water in the north–western Japan Sea. In: «Oceanography of the Japan Sea». Vladivostok : Dalnauka. 2001. P.11–20.

Uda M. Results of simultaneous oceanographical investigations in the Japan Sea and its adjacent waters during October and November 1933 // J. Imp. Fish. Exp. Station. 1934. V. 7. P. 91–151.

ЭВТРОФИКАЦИЯ АМУРСКОГО ЗАЛИВА

В.И. Звалинский, П.П. Тищенко, Т.А. Михайлик, П.Я. Тищенко

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН

Рассмотрена проблема эвтрофикации Амурского залива по четырем категориям индикаторов, принятых для региона северо-западной Пацифики (NOWPAP). К категории I отнесены содержание биогенных элементов и нагрузка ими вод акватории; к категории II – содержание хлорофилла и прозрачность вод; к категории III – содержание растворенного кислорода (DO) и его химическое потребление (COD); к категории IV – красные приливы и падение биоразнообразия. Проведена оценка нагрузки залива биогенными элементами. Сопоставление стоков р. Раздольной и сточных вод г. Владивостока показывает, что более 70% нагрузки биогенными элементами, органическими и взвешенными веществами на Амурский залив обуславливается выносами р. Раздольной. Сточные воды г. Владивостока поставляют менее 30% общей нагрузки на залив. Показана крайняя временная неравномерность нагрузки на залив: максимальная – в летний сезон, минимальная – зимой.

Для оценки статуса эвтрофикации Амурского залива был предложен формализованный количественный подход. Этот подход использует два критерия. Первый критерий включает в себя выбор и свойства стандартного состояния экосистемы зал. Петра Великого. В качестве стандартного состояния была выбрана станция с координатами – 42.417° С.Ш.; 131.588° В.Д., для которой толщина фотического слоя составляла 50 м, а концентрации биогенных элементов в фотическом слое были близки к нулю. Вторым критерий включает в себя значения критических концентраций выбранных индикаторов состояния экосистемы. На основе данных о критической концентрации растворенного кислорода DO ($DO_{cr}=76 \text{ } \mu\text{M}$; гипоксия) рассчитаны критические концентрации биогенных элементов (N_{cr} , P_{cr} , Si_{cr}), которые могут привести к гипоксии в Амурском заливе. Используя настоящий подход и данные сезонных наблюдений о концентрациях биогенных элементов, хлорофилла и кислорода, Амурский залив был охарактеризован как высокоэвтрофный.

Ключевые слова: Амурский залив, эвтрофикация, трофический статус, гипоксия.

EUTROPHICATION OF THE AMURSKIY BAY

V.I. Zvalinskiy, P.P. Tischenko, T.A. Mikhaylik, P.Ya. Tischenko

Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEBRAS

The problem of Amur Bay of eutrophication was considered with using of indicators of four categories, taken for Northwest Pacific region (NOWPAP). Nutrient contents and loading of them into water area are referred to category I; contents of chlorophyll and water transparency are referred to category II; contents of dissolved oxygen (DO) and chemical oxygen demand (COD) are referred to category III; red tides and decreasing of biodiversity are referred to category IV. There are two main sources which supply nutrient to the Amur Bay: these are wastewater of Vladivostok city and runoff of Razdolnaya River. Over than 70% of the entire nutrients loading is supplied by Razdolnaya River. There is a strong seasonal variability of nutrients loading to the bay: maximal is in summer, minimal is in winter.

For estimation of a status of the Amur Bay, the formalized quantitative approach has been offered. This approach includes in itself two criteria. One of them is choice and properties of a standard condition of ecosystem of the bay. Properties of the station located in site – 42.417 °N; 131.588 °E were chosen as standard conditions. Depth of euphotic layer was 50 m, and nutrients concentrations in euphotic layer were almost zero for standard station. The second one introduces a critical values of nutrients, DO and chlorophyll concentrations. Using critical concentration of DO ($DO_{cr}=76 \mu M$; hypoxia), the critical values of nutrients concentrations (N_{cr} , P_{cr} , Si_{cr}) were calculated. Using data of nutrients, oxygen and chlorophyll concentrations for four seasons, present approach suggests that Amur Bay has a high eutrophic status.

Keywords: Amur Bay, eutrophication, trophic status, hypoxia.

Эвтрофикация водоемов. Концепция эвтрофикации (обогащение водной среды биогенными элементами) первоначально разрабатывалась для пресноводных водоемов (Hutchinson, 1969; Rodhe, 1969). Увеличение содержания биогенных элементов в водоемах по мере их старения является естественным процессом, который происходил в природе всегда и продолжался обычно века. Интенсификация сельского хозяйства и промышленности, а также урбанизация резко увеличили скорость эвтрофикации пресноводных водоемов, что привело к резко негативным последствиям: бурному «цветению» фитопланктона, падению прозрачности воды, понижению содержания кислорода в придонных водах, резкому падению биоразнообразия фауны (Хендерсон-Селлерс, Маркленд, 1990). Таким образом, эвтрофикация приводит к существенному ухудшению качества воды, потере хозяйственной и эстетической ценности водоемов.

Однако распространение понятия «эвтрофикация» на морские и океанские акватории требует дополнительных уточнений и оговорок, поскольку морские экосистемы по физическим свойствам существенно отличаются от пресных водоемов. Главное отличие состоит не только в размерах, но и в наличии солей, градиент которых создает дополнительную стратификацию плотности воды по вертикали. Вертикальные градиенты плотности обуславливают вертикальное изменение концентраций биогенных элементов и кислорода. По этой причине концентрации биогенных элементов в морских экосистемах сами по себе не указывают на уровень их трофности. Например, на глубине 3000 м, в Японском море высокие концентрации фосфатов, нитратов и силикатов равные, 2, 25 и 83 мкмоль/л, соответственно (Talley et al., 2004), не свидетельствуют о высокой трофности бассейна. Поэтому для морских экосистем более объективным является определение, которое уточняет, что трофность бассейна определяется уровнем снабжения биогенными элементами эвфотического слоя (Заика, 2003).

В настоящее время в литературе продолжают обсуждаться определения «эвтрофикация» для морских и прибрежных экосистем (Nixon, 1995, 2009; Andersen et al., 2006). Наиболее короткое и всеобъемлющее определение, на наш взгляд, дается Никсоном (Nixon, 1995): «Эвтрофикация – это увеличение скорости поставки органического вещества в экосистему». Автор подчеркивает, что эвтрофикация – это процесс изменения трофического статуса экосистемы, но не собственно трофический статус. Из этого определения следует, что причиной эвтрофикации может быть не только увеличение концентрации биогенных элементов в фотическом слое, но и уменьшение мутности или количества фитофагов. Идея Никсона состоит в том, что эвтрофикация и олиготрофикация являются фундаментальными экологическими

процессами, а не простыми «проблемами загрязнения» (Nixon, 2009). Отдавая должное взглядам Никсона, в этой статье мы придерживаемся следующего определения эвтрофикации: «обогащение воды биогенными элементами, особенно азотом и/или фосфором, и органическим веществом, вызывающее ускоренный рост водорослей и высших растений, который создает неприемлемые отклонения в структуре, функционировании и стабильном существовании водных организмов, а также в качестве воды, по отношению к выбранным стандартным условиям» (Andersen et al., 2006). Определение Дж. Андерсона с коллегами является более общим в сравнении с тем, которое предлагает Заика (2003), так как толщина эвфотического слоя может изменяться в результате эвтрофикации (возрастание мутности в результате «цветения» планктона). С другой стороны, это определение, в отличие от предложенного Никсоном, достаточно «узкое», и его можно непосредственно использовать для оценки уровня эвтрофикации Амурского залива.

Современное содержание биогенных элементов в Мировом океане также является следствием эвтрофикации – выноса биогенных элементов с суши. Однако это содержание не столь велико, чтобы оно могло привести к заметным негативным последствиям в океане в целом. Вследствие формирования биологической продукции в океане только в эвфотическом слое, большая часть Мирового океана в настоящее время представляет собой олиготрофные акватории. Мезотрофные и эвтрофные воды (с умеренной и высокой продуктивностью) обычно находятся в полужакрытых и закрытых морях или прибрежных акваториях, а также в зонах апвеллинга и эстуарных зонах (Биология океана, 1977).

Интенсификация человеческой деятельности в последние десятилетия на территориях, прилегающих к морским акваториям и эстуариям рек, именуемая «прибрежной революцией», привели к резкому возрастанию эвтрофикации этих акваторий, которая приводит к дестабилизации экосистем морского шельфа (Айбулатов, 2005). Процесс эвтрофикации прибрежных морских акваторий охватил все континенты планеты и превратился в глобальную проблему (Levin et al., 2009).

Само по себе увеличение содержания биогенных элементов в морской среде не представляет угрозы морским организмам или человеку. Более того, в 1970-х и начале 1980-х гг. некоторые исследователи считали эвтрофикацию морской среды полезной, поскольку она увеличивает первичную и вторичную продукцию (De Jong, 2006).

Однако позже обнаружилось, что эвтрофикация морских акваторий, так же как и пресноводных бассейнов, опасна своими последствиями: изменениями соотношения биогенных элементов, уменьшением прозрачности воды, формированием «мертвых зон» с низким содержанием кислорода, уменьшением биоразнообразия (Заика, 2003; Diaz, 2001; De Jong, 2006; Diaz, Rosenberg, 2008; Levin et al., 2009). Эвтрофикация влияет на прибрежные экосистемы, главным образом, путем образования «избыточной» биомассы растений (не утилизированной гетеротрофными организмами), вследствие чего формируются «мертвые зоны» (гипоксия и аноксия) и катастрофические изменения биоразнообразия (Duarte, 2009). Начиная с 1960-х годов, площади «мертвых зон» в прибрежных водах океанов расширяются экспоненциально и сопровождается серьезными последствиями в функционировании экосистем (Diaz, Rosenberg, 2008; Levin et al., 2009).

С целью решения проблем эвтрофикации эстуариев и прибрежных морских акваторий в рамках программы ООН по окружающей среде (UNEP) европейскими стра-

нами была принята конвенция Осло–Париж (OSPAR Commission, 2003) и Комиссия Хельсинки (HELCOM, 2006; The Helsinki Commission — комиссия по защите морской среды Балтийского моря, 1992 г.). Для оценки степени эвтрофикации и решения проблем эвтрофикации в северо-западной Пацифике в 1994 г. четырьмя странами (КНР, Япония, Республика Корея и Российская Федерация) был принят Северо-западный Тихоокеанский План Действий (The Northwest Pacific Action Plan, NOWPAP, как часть программы UNEP) и создан соответствующий региональный центр (NOWPAP CEARAC – Coastal Environment Assessment Regional Activity Center, 2010). В настоящее время под покровительством UNEP 143 страны мира участвуют в 13 региональных программах по проблемам эвтрофикации морской среды.

Научное сообщество пришло к пониманию, что эвтрофикация морских и эстуарных акваторий – это широко распространенное явление по всей планете, которое обусловлено обогащением морских прибрежных акваторий биогенными элементами вследствие стоков рек, коммунальных и промышленных стоков, сжигания ископаемого топлива. Степень эвтрофикации морских прибрежных акваторий и эстуариев рек является решающим фактором, определяющим их экологическое состояние.

Индикаторы трофического состояния акватории. По аналогии с региональными программами европейских стран рабочие группы NOWPAP разработали региональную процедуру оценки статуса эвтрофикации акваторий северо-западного тихоокеанского региона (Procedures for assessment of eutrophication status including evaluation of land-based sources of nutrients for the NOWPAP region; NOWPAP CEARAC, 2010, 2011). Как и в европейских странах, в регионе NOWPAP индикаторами эвтрофикации акваторий остаются те же самые параметры, которые подразделяются на 4 категории (табл. 1, 2).

Как следует из таблиц 1 и 2, к категории I относятся непосредственные индикаторы – концентрации азота и фосфора и их соотношение. К категории II относятся прямые последствия эвтрофикации – «цветение» фитопланктона и содержание хлорофилла. Содержание кислорода в придонных водах непосредственно показывает степень гипоксии, если таковая формируется, относится к категории III. Пониженное содержание кислорода в придонном горизонте является следствием дисбаланса между интенсивностью первичной и вторичной продукции (дисбаланс продукция / деструкция).

Таблица 1. Оценочные категории для параметров качества воды

Table 1. Assessment category for water quality parameters

Категория I	Параметры, показывающие уровень обогащения акватории биогенными элементами
Категория II	Параметры, являющиеся индикаторами прямых эффектов обогащения биогенными элементами
Категория III	Параметры, являющиеся индикаторами не прямых (косвенных) эффектов обогащения биогенными элементами
Категория IV	Параметры, которые являются индикаторами других возможных эффектов обогащения биогенными элементами

Таблица 2. Параметры среды для оценки степени эвтрофикации в регионе NOWPAP (NOWPAP CEARAC, 2010, 2011)

Table 2. Environment parameters for assessment of eutrophic status in NOWPAP region (NOWPAP CEARAC, 2010, 2011)

Категории	Эффекты	Параметры
I	Степень обогащения среды биогенными элементами	Речные стоки и концентрации минерального и общего азота и фосфора (DIN, DIP; TN, TP)
		Отношение содержаний азота и фосфора (DIN/DIP, TN/TP)
II	Прямые эффекты обогащения среды биогенными элементами	Концентрация Chl-a (полевые данные)
		Глубина видимости диска Секки
		Концентрация Chl-a (спутниковые данные)
		Доля площади акватории с высокой концентрацией Chl-a (спутниковые данные)
		Случаи красных приливов диатомовых
III	Косвенные эффекты обогащения среды биогенными элементами	Концентрация растворенного кислорода (DO)
		Химическое потребление кислорода (COD)
IV	Другие возможные эффекты	Красные приливы <i>Noctiluca</i> sp.
		Аномальные случаи гибели рыб
		Уменьшение биоразнообразия

Более отдаленным следствием гипоксии (аноксии) является уменьшение биоразнообразия, случаи гибели рыб, красные приливы *Noctiluca* sp. Эти проявления относятся к категории IV. Пониженное содержание кислорода приводит к тому, что подвижные виды фауны покидают такое место, неподвижные формы погибают, что и приводит к падению биоразнообразия.

Количественные значения параметров эвтрофикации. Перечни параметров эвтрофикации для пресноводных, эстуарных, прибрежных и открытых морских акваторий заметно не отличаются между собой. Однако величины этих параметров и сопоставление их с уровнем эвтрофикации и трофическим статусом экосистемы являются предметом дискуссий (Hutchinson, 1969; Rodhe, 1969; Хендерсон-Селлерс, Маркленд, 1990; Nixon, 1995; Andersen et al., 2006; De Jong, 2006; Levin et al., 2009; NOWPAP CEARAC 2010, 2011).

В качестве примера можно сравнить показатели качества пресных и морских прибрежных вод по кислороду и концентрации биогенных элементов в странах северо-западной Пацифики (Региона NOWPAP): Китая, Японии (EQS – Environmental Quality Standards), Республики Корея (WQS – Water Quality Standards) и России (ПДК – Предельно допустимые концентрации) (табл. 3).

Таблица 3. Сравнение критериев качества (EQS, WQS, ПДК) для морских поверхностных вод в странах NOWPAP (POMRAC, 2009)

Table 3. Comparison of criteria of water quality (EQS, WQS, MPC) in different countries of NOWPAP region (POMRAC, 2009)

Параметры	Китай	Япония	Корея	Россия
DO \geq (mg/l)	7.5	7.5	7.5	5
COD _{Mn} \leq (mg/l)	2	2	1	5
COD _{Cr} \leq (mg/l)	15	–	–	15
BOD ₅ \leq (mg/l)	3	1 (реки)	1	2
NH ₄ ⁺ \leq (mg/l)	0.15	–	–	0.4
NO ₃ ⁻ $<$ (mg/l)	–	0.2	–	9.1
T P \leq (mg/l)	0.02	0.05	0.03	0.05 ¹
T N \leq (mg/l)	0.2	0.2–0.5	0.3	9.5 ²

¹ – для растворенных форм (ортофосфатов); ² – сумма неорганических форм азота (NO₃⁻ – нитраты, NO₂⁻ – нитриты, NH₄⁺ – аммоний).

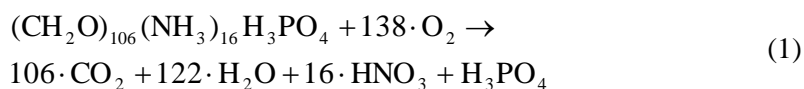
Как следует из данных табл. 3, допустимые концентрации минерального азота в Китае вдвое, в Корее втрое, в России в 45 раз выше, чем в Японии. Максимальное содержание минерального фосфора минимально в Китае, в 1.5 раза выше в Корее и в 2.5 раз выше в России и Японии. Существенно различаются для разных стран и показатели биологического и химического потребления кислорода (BOD и COD). Приведенные данные свидетельствуют о том, что общепринятых количественных критериев степени эвтрофикации и трофического статуса прибрежных экосистем в настоящее время нет и, по-видимому, быть не может. Каждый эстуарий и прибрежная морская акватория по-своему уникальна, поскольку имеет свою орографию, рельеф дна, скорость обмена с водами открытого моря, климатические особенности и т.д. Поэтому количественные значения критериев степени эвтрофикации могут отличаться. Уместно также отметить, что эвтрофикация отдельных акваторий – это не обособленный процесс. Она является следствием таких глобальных изменений на планете, как глобальное потепление, сжигание топлива, увеличение населения, урбанизация и т.д. Отсюда следует, что, несмотря на особенности эвтрофикации разных акваторий, она имеет много общего.

Набор вышеприведенных количественных критериев недостаточен для оценки уровня трофности морских экосистем. Эти критерии должны быть применимы только для эвфотического слоя. Однако толщина этого слоя зависит не только от природных условий, но и от антропогенного воздействия, включая процесс эвтрофикации. Это означает, что для анализа исследуемой экосистемы выбор толщины эвфотического слоя должен быть взят относительно некоторой «идеальной» экосистемы, неподверженной (или слабоподверженной) антропогенному воздействию (Andersen et al., 2006; Karydis, 2009). Степень отклонения параметров реальной акватории от параметров «идеальной» может служить критерием степени эвтрофикации реальной акватории. Этот подход был подвергнут критике на том основании, что акваторию, которая не подвергалась бы воздействию человека («идеальная» акватория), найти невозможно (Duarte et al., 2009). Такую акваторию авторы назвали «несуществующей землей» (*Neverland*). Тем не менее, этот подход, на наш взгляд, в определенных условиях может быть продуктивным, поскольку часто можно найти близлежащую акваторию со слабым антропогенным воздействием.

В период 2010–2011 гг. эксперты региона NOWPAP разрабатывали подходы и критерии оценки трофического состояния эстуариев и прибрежных акваторий для региона (NOWPAP CEARAC, 2010, 2011). Каждая из 4 стран NOWPAP предложила величины критериев, исходя из своих представлений об уровне эвтрофикации (табл. 4). Китай, Япония и Корея при разработке критериев для биогенных элементов использовали показатели качества вод (табл. 3). Россия предложила использовать предельные значения критериев, рассчитанные на основе критических концентраций кислорода.

Содержание кислорода и критические значения биогенных элементов. Наиболее опасным последствием эвтрофикации водоемов является формирование зон с низким содержанием растворенного кислорода (DO). Критическая (летальная) концентрация DO считается равной 30% от насыщения (Подорванова и др. 1989). Однако процент от насыщения является неопределенным показателем, поскольку насыщение вод кислородом зависит от температуры и солености. Так, 30% от насыщения зимой ($t = 1^{\circ}\text{C}$) соответствует концентрации кислорода 106 мкМ, тогда как летом ($t = 20^{\circ}\text{C}$) – 68.5 мкМ.

В настоящее время в международной практике опасным для существования большинства морских животных считаются величины DO, равные 2 мг/л (63 мкМ,) (Diaz, 2001; Levin et al., 2009), или 2 мл/л (89 мкМ) (Diaz, Rosenberg, 2008). Эти концентрации определяются как критические (в среднем $\text{DO}_{\text{cr}} = 76$ мкМ). Это значение близко к 30% от насыщения в летний сезон (68.5 мкМ). В качестве основы качества среды можно выбрать содержание растворенного кислорода, поскольку в первую очередь от него зависит жизнь аэробных организмов. Приняв предельно низкую величину DO, равной 76 мкМ, можно рассчитать количество неорганического азота и фосфора, которое выделится при микробиологическом разложении органического вещества. Потребление кислорода и выделение биогенных элементов при аэробном бактериальном окислении органического вещества можно оценить, используя стехиометрию Редфильда (Redfield, et al., 1963):



Исходя из соотношения (1), можно рассчитать количество минеральных форм азота DIN_{cr} и фосфора DIP_{cr} , которое выделится при потреблении кислорода от насыщающей (равновесной с атмосферой) концентрации DO_{sat} до концентрации, которая определяется как критическая при формировании гипоксии $DO_{cr}=76$ мкМ. Так, для азота получится:

$$DIN_{cr} = \frac{(DO_{sat} - DO_{cr}) \cdot 16}{138} = \frac{(DO_{sat} - 76) \cdot 16}{138} \quad (2)$$

Для фосфора:

$$DIP_{cr} = \frac{(DO_{sat} - DO_{cr})}{138} = \frac{(DO_{sat} - 76)}{138} \quad (3)$$

Молярное отношение Si:N в диатомеях принимается равным 1.05 (Гершанович и др., 1990; Brzezinski, 1985), Приняв атомное отношение Si:N = 1.05:1, для кремния получим множитель «17»:

$$DISi_{cr} = \frac{(DO_{sat} - DO_{cr}) \cdot 17}{138} = \frac{(DO_{sat} - 76) \cdot 17}{138} \quad (4)$$

Поскольку насыщающие концентрации кислорода DO_{sat} зависят от температуры, очевидно, что и критические значения биогенных элементов будут различными для разных сезонов (табл. 4).

Таблица 4. Насыщающие значения кислорода и критические значения концентраций биогенных элементов в Амурском заливе, рассчитанные для температур, соответствующих четырем временам года

Table 4. Oxygen saturation value and critical concentrations of nutrients in the Amur Bay, calculated for temperatures of four seasons of year

Параметры	Зима	Весна, Осень	Лето
t, °C	0	10	0
S, ‰	3	33	3
DO_{sat} , мкМ	54	278	28
DIN_{cr} , мкМ	3.4	24.3	8.3
DIP_{cr} , мкМ	.1	1.5	1
$DISi_{cr}$, мкМ	5.5	25.8	9.4

Анализ данных табл. 4 показывает, что наиболее опасным для формирования гипоксии является теплое время года, когда для возникновения гипоксии посредством микробиологического разложения органического вещества требуется наименьшее количество кислорода и при этом выделяется 18 мкМ минерального азота и 1.1 мкМ минерального фосфора. Летом выраженная стратификация вод резко ограничивает вертикальный обмен и способствует формированию гипоксии. В зимний сезон эти величины почти вдвое выше, и вероятность возникновения гипоксии существенно ниже. Кроме этого, в зимний сезон весьма низка или отсутствует температурная стратификация вод, вертикальный обмен способствует равномерному снабжению водной массы кислородом. Критические значения биогенных элементов, приведенные в табл. 4, могут быть интерпретированы и по иному. Обогащение водной массы биогенными элементами в концентрациях выше критических способствует синтезу «избыточной массы» первичной продукции (которая не может быть потреблена консументами), что при оседании ее в придонные горизонты и последующем микробиологическом окислении способствует формированию гипоксии. По этим причинам приведенные в табл. 4 критические концентрации биогенных элементов предложено нами использовать в качестве критериев эвтрофикации акваторий Амурского залива. Для хлорофилла в качестве критерия высокого уровня эвтрофикации мы приняли концентрацию 8 мкг/л (OECD, 1982).

Известные в литературе критерии, которые предлагается использовать в качестве индикаторов эвтрофикации, например, интенсивность цветения фитопланктона (Стоник, Орлова, 1998), численность и разнообразие зоопланктона (Вейдеман и др., 2001), биологическое (BOD) и химическое (COD) потребление кислорода (Христофорова, Саломай, 2006) относятся к различным категориям по классификации NOWPAR (табл. 2).

Целью данной работы было провести оценку трофического состояния Амурского залива на основе критериев, предложенных для региона северо-западной Пацифики (NOWPAR) экспертами NOWPAR CEARAC. В работе не обсуждаются проблемы загрязнения, а также не рассматриваются другие, безусловно, важные подходы для оценки эвтрофикации, не принятые соглашениями OSPAR, HELCOM, NOWPAR, которые требуют отдельного рассмотрения.

Объект и методы исследований

Амурский залив. Объектом исследований был Амурский залив. Достаточно подробное физико-географическое и гидрометеорологическое описание зал. Петра Великого и особенностей его акваторий, Амурского, Уссурийского и других заливов, можно найти в целом ряде работ (Гомоюнов, 1927; Ластовецкий, Вещева, 1964; Подорванова и др., 1989; Лоция ..., 1996; Огородникова, 2001). Мы не ставили целью подробное описание Амурского залива. Остановимся лишь на самых общих особенностях залива, которые будут использованы при оценке уровня его эвтрофикации.

Амурский залив – северо-западная часть зал. Петра Великого. Западная его граница – материковый берег, восточная – побережье п-ова Муравьев-Амурский и островов: Русский, Попова, Рейнеке, Рикорда, Циволько и Желтухина. Южной гра-

ницей залива служит линия от мыса Брюса к островам Циволько и Желтухина. Отсюда залив вдается в материк на север на 70 км. Глубина залива постепенно меняется от 0 до 53 м. Полоса мелководья до 5 м огибает вершину залива (шириной 1–5 км) и его северо-западный берег. Площадь зеркала залива составляет $1.0 \cdot 10^9 \text{ м}^2$, средняя глубина – 15 м, объем воды – $1.5 \cdot 10^{10} \text{ м}^3$ (рис. 1) (Гомоюнов, 1927; Лоция ..., 1996) (рис. 1).

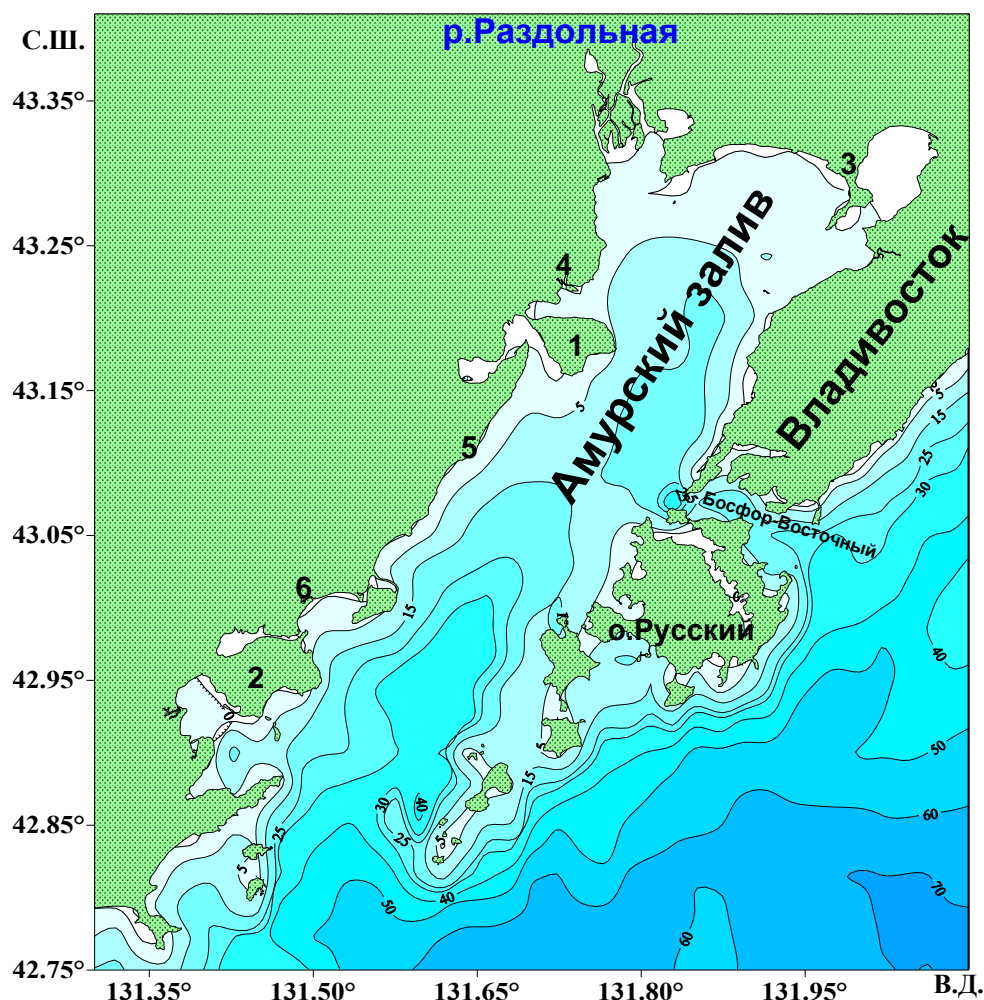


Рис. 1. Амурский залив. Полузакрытый эстуарный бассейн: 1 – п-ов Песчаный; 2 – п-ов Янковского; 3 – р. Шмидтовка; 4 – р. Амба; 5 – р. Барабашевка; 6 – р. Нарва

Fig. 1. The Amurskiy Bay. Semi closed estuarine basin: 1 – Peschanyi peninsula; 2 – Yankovskiy peninsula; 3 – Shmidtovka river; 4 – Amba river; 5 – Barabashevka river; 6 – Narva river

В период от середины декабря до середины марта около половины площади Амурского залива (северная и прибрежная части) покрыта сплошным льдом. Внеш-

няя часть залива покрыта не сплошным льдом или вообще свободна ото льда. На севере в залив впадает самая крупная, после р. Тумманной, река южного Приморья – р. Раздольная и ряд небольших речек – Шмидтовка, Амба, Барабашевка, Нарва. Общий среднегодовой речной сток в Амурский залив составляет около 3.26 км³. Река Раздольная дает около 75 % общего речного стока, ее средний многолетний сток – 76 м³/сек. Воздействие р. Раздольной испытывает северная часть залива – от Тавричанского лимана до линии м. Песчаный – м. Токаревского (Подорванова и др., 1989). На восточном берегу Амурского залива расположен крупнейший город Приморья – Владивосток (население более 600 тыс. человек). На восточном и северо-восточном берегах расположены поселки Трудовое, Угловое, Угольная, Тавричанка. На западном берегу располагаются поселки Барабаш, Славянка, Безверхово. Общая численность населения, проживающая на берегах залива, составляет более 300 тыс. человек.

В Амурском заливе большая часть экспедиционных работ была выполнена на НИС «Малахит» ТОИ ДВО РАН. В зимний сезон, там, где позволяли условия, отбор проб производился со льда. В марте 2008 г. на непокрытой льдом части акватории залива пробы отбирали с судна на воздушной подушке. Отбор проб и соответствующие измерения были проведены также на р. Раздольной – основной реке по выносу веществ в Амурский залив.

За период 2001–2010 гг. в заливе было выполнено 650 станций. Больше всего станций выполнено летом (310), меньше всего весной и осенью (100 и 105) и среднее – зимой (135) (рис. 3). В данной работе сезоны «Зима», «Весна», «Лето» и «Осень» совпадают с календарными их сроками

Измеряемые параметры и методы их исследований. Измерялись практически все параметры, которые используются в качестве индикаторов эвтрофикации: концентрации главных биогенных элементов (нитратов, нитритов, аммония, фосфатов, силикатов), содержание хлорофилла *a* (Хл), проводилась оценка величины первичной продукции, глубина видимости диска Секки, концентрация растворенного кислорода. Пробы воды для анализов отбирались из поверхностного и придонного слоев с помощью пятилитрового батометра Нискина. На каждой станции проводилось вертикальное СТД-зондирование профилографами RBR XR-620 или SBE 19plus, оснащенными датчиками температуры, электропроводности, флуоресценции хлорофилла и мутности. Подробное описание используемых гидрохимических методик можно найти в работе (Современные методы..., 1988).

Результаты

Нагрузка биогенными элементами и ее временная изменчивость. Нагрузка биогенными элементами является одним из основных критериев эвтрофикации акватории, который относится к категории I (табл. 2). Нагрузка на Амурский залив осуществляется двумя основными источниками: сточные воды г. Владивостока и других населенных пунктов и речной сток.

Сточные воды. В Амурский залив выносятся примерно 55% сточных вод г. Владивостока, а также стоки перечисленных выше населенных пунктов. Эти стоки, за исключением стоков санаторной зоны, практически полностью не очищены (Огородникова, 2001; Нигматулина, 2005).

Согласно данным Управления «Водоканал» (ВКУ), в 1997 г. в Амурский залив сбрасывалось около $40 \cdot 10^6$ м³ сточных вод г. Владивостока, в другие годы, по данным разных авторов, объемы сточных вод несколько варьировали (табл. 5).

Таблица 5. Ежегодный объем сточных вод г. Владивостока, сбрасываемых в Амурский залив (V), концентрации биогенных элементов (неорганического, DIN, и суммарного, TN, азота; неорганического, DIP, и суммарного, TP, фосфора), биологического потребления кислорода, BOD₅, и взвешенного минерального вещества, SB, в стоках

Table 5. The Annual volume of the sewages of Vladivostok town, thrown in the Amur Bay (V), nutrient concentrations (inorganic, DIN, and total, TN, nitrogen; inorganic, DIP, and total, TP, phosphorus), biological oxygen demand, BOD₅, and suspended matter, SB, in sewer

Источники	V*10 ⁶ м ³ /год	BOD ₅ мг/л	DIN мг/л	TN мг/л	DIP мг/л	TP мг/л	SB мг/л
Районирование террито- рии..., 1988	54 (1988)*)	100– 250	18–45	—	5–8		100– 350
Гаврилевский и др., 1998	55 1996*)	32,6	4,2	7**	1.9	2.7**)	39.2
Экологическое норми- рование..., 2000	41 (1997)*)	—	16.6	27.7**)	2.1	3**)	—
Нигматулина, 2005	39*** (2000)*)	—	—	—	—	—	—

*) – год обследования; **) – TN и TP величины были оценены по предположению, что органические формы азота и фосфора в стоках составляют 40 и 30%, соответственно, от их общего содержания (Хенце и др., 2006); ***) – оценено по нормативам.

Анализ табл. 5 показывает, что данные разных источников по объему сточных вод существенно не различаются. Несколько более низкий объем стоков в работе Л.В. Нигматулиной (2005) автором объясняется за счет уменьшения в эти годы объема сточных вод г. Владивостока. В работе А.В. Гаврилевского и др. (1998) концентрации соединений азота и взвешенного вещества существенно ниже, приводимых другими авторами. В работе (Районирование..., 1988)? напротив, несколько завышена концентрация фосфора, по сравнению с другими авторами.

На основании данных табл. 5 проведена оценка годовых выносов веществ со сточными водами г. Владивостока (табл. 6).

Таблица 6. Годовые объемы сточных вод (V) и биогенных элементов, поступающих в Амурский залив со сточными водами г. Владивостока

Table 6. Annual amounts of the sewages (V) and nutrients, entering in the Amur Bay with sewages Vladivostok city

Источники	V 10 ⁶ м ³ /год	BOD ₅ т/год	DIN т/год	TN т/год	DIP т/год	TP т/год	SM т/год
Районирование террито- рии..., 1988	54 (1988)*	5400– 35000	970– 2400	—	270– 430	—	5400– 19000
Экологическое норми- рование..., 2000	41 (1997)*	—	700	1270**	94	140**	—
Гаврилевский и др., 1998	55 (1998)*	1730	230	385**	105	143**	2160
Нигматулина, 2005***)	39 (2000)	12100	1400	1920	—	655	10600
Хенце и др., 2006****)	27	6600	1100	1700	210	330	10000
Принятые для оценок в данной работе	40	10000	700	1500	100	200	10000

*) – год обследования; **) – TN и TP величины были оценены по предположению, что органические формы азота и фосфора в сточных водах составляют 40 и 30%, соответственно, от их общего содержания (Хенце и др., 2006); ***) – оценено по нормативам; ****) – используется эквивалент на 1 человека в год для европейских стран в расчете на 300 тыс. жителей.

Несмотря на некоторый разброс данных, порядок величин объемов выноса биогенных элементов, взвешенных веществ и органического вещества (BOD₅) достаточно близки между собой. Несколько заниженными являются данные А.В. Гаврилевского и др. (1998). Напротив, данные Л.В. Нигматулиной (2005) завышены примерно вдвое, о чем пишет сама автор, поскольку ее оценки проведены на основании нормативов, а не реальных измерений.

Объемы сточных вод и выносов биогенных элементов можно также оценить, исходя из санитарных норм. Так, норматив потребления воды составляет менее 0.3 м³/сут. (например, 80 м³/год на человека; по данным М. Хенце и др., (2006); это потребление в развитых странах составляет 55 м³/год). В Амурский залив выносятся сточные воды от населения примерно 300 тыс. человек. Общий объем сточных вод коммунального хозяйства составит 24*10⁶ м³/год. По данным А.А. Огородниковой (2001) и Л.В. Нигматулиной (2005), доля сточных вод коммунального хозяйства составляет около 89%. Следовательно, общий объем сточных вод, сбрасываемых в Амурский залив составит около 27*10⁶ м³/год, что близко к данным табл. 7. Известно, что в результате жизнедеятельности от каждого человека во внешнюю среду в год выделяется: азота – около 5 кг; фосфора – 1 кг; BOD₅ – 22 кг; SM – 30 кг (Хенце и др., 2006). Тогда ежегодные выносы от 300 тыс. жителей составят: общего азота – 1500 т, фосфора – 300 т; BOD₅ – 7500 т; взвешенного вещества SM – 900 т. С учетом

деятельности производств эти цифры должны быть увеличены примерно на 10% (Огородникова, 2001). Эти оценки близки к приведенным различными авторами (табл. 6). В последней строке табл. 6 приведены величины, используемые в данной работе для оценки степени эвтрофикации Амурского залива.

Речной сток. Как уже отмечалось, р. Раздольная дает около 75% общего речного стока в Амурский залив, чем и определяется ее влияние на залив. Воздействие р. Раздольной испытывает северная часть залива – от Тавричанского лимана до линии м. Песчаный – м. Токаревского (примерно треть залива – около 350 км² – отделяется от южной части залива Муравьевским порогом) (Подорванова и др., 1989; Лощия ..., 1996). Площадь и местоположение смешения речных и морских вод определяется расходом реки, направлением и силой ветра. Однако в период высоких паводков (расход реки 300–400 м³/с и более) воды р. Раздольной распространяются до самой границы залива. В этих условиях вся акватория Амурского залива становится эстуарной зоной (Звалинский и др., 2008).

Р. Раздольная выносит коммунальные стоки г. Суйфэньхе (Китай), г. Уссурийска и ряда небольших населенных пунктов с общим населением около 150 тыс. человек. Кроме этого, эта река выносит воды с лесных угодий и сельскохозяйственных полей водосбора. Среднегодовой расход воды р. Раздольной составляет 76 м³/с или 2.46 км³/год. Годовой расход воды и концентрация в ней различных веществ могут существенно различаться в разные годы (POMRAC..., 2006; табл. 7).

Таблица 7. Средние концентрации биогенных элементов в воде реки Раздольная по литературным данным и измерениям ТОИ ДВО РАН

Table 7. Average concentrations of nutrients in water of Razdolnaya river on published data and measurements of POI FEB RAS

Литературные источники	Годы обследований	BOD ₅ мг/л	DIN мг/л	N мг/л	DIP мг/л	TP мг/л	SM мг/л	DISi мг/л
Ресурсы ..., 1977	1965–1970	–	0,31 ^{*)}	–	0,012	–	–	5,3
Динамика ..., 1991	1981–1982	–	1.75	–	–	–	–	–
Редковская и др., 1991	1988–2001	–	2.9	–	–	–	–	–
POMRAC..., 2006, 2009	2001–2007	–	1,1	1,4	0,06	0,114	21	4.9
Экологическое..., 2000	1997–1998	11.9	0.7	–	0.047	–	29	6.4
Михайлик и др., 2011	2008	–	1,12	–	0,033	–	21	5,6

^{*)} – без учета аммонийного азота

Разброс данных разных авторов, приведенных в табл. 7, можно объяснить, прежде всего, тем, что измерения проводились в разные годы, разные сезоны и при разных расходах реки. На основании этих данных проведены оценки выносов в Амурский залив различных веществ водами р. Раздольной (табл. 8).

Таблица 8. Потоки биогенных элементов, органического вещества (BOD₅) и взвешенного вещества (SM) в Амурский залив с водами р. Раздольной по данным разных авторов и измерениям ТОИ ДВО РАН

Table 8. Fluxes of nutrient, organic matter (BOD₅) and suspended matter (SM) into the Amur Bay supplied by Razdolnaya river according to estimations by different authors and measurements of POI FEB RAS.

Литературные источники	Годы обследования	BOD ₅ т/год	DIN т/год	TN т/год	DIP т/год	TP т/год	SM т/год	DISi т/год
Ресурсы ..., 1977	1965–1970	–	517 ^{*)}	–	20	–	–	89000
Динамика ..., 1991	1981	–	3850	–	–	–	–	–
	1982	–	950	–				
Редковская и др., 1991	1988	–	6000	–	–	–	–	–
РОМРАС..., 2006	2001–2007	34000	2600	–	230	440	67600	–
Экологическое..., 2000	1997–1998	–	3100	4000	225	450	49000	12000
Михайлик и др., 2011	2008	–	1800	4200	120		120000	17000
Принятые для оценок в данной работе		30000	2000	4200	220	450	100000	17000

^{*)} – без учета аммония

Суммарные годовые выносы различных веществ в Амурский залив приведены в табл. 9.

Сопоставление стоков р. Раздольной и сточных вод г. Владивостока показывает, что более 70% нагрузки биогенными элементами, органическим веществом и взвешенным веществом на Амурский залив обуславливается выносами р. Раздольной. Сточные воды г. Владивостока выносят менее 30% общей нагрузки на залив (табл. 9). Проведенные нами ранее оценки (Экологическое..., 2000) дали аналогичные результаты о соотношении выносов веществ сточными водами и водами р. Раздольной. Как видно (табл. 9), суммарные данные по выносам в Амурский залив, приведенные в работах А.А. Огородниковой (2001) и Л.В. Нигматулиной (2005), достаточно близки к другим оценкам. Однако, по мнению этих авторов, большая часть веществ выносятся со сточными водами г. Владивостока (около 70%) и меньшая (около 30%) – с водами р. Раздольной. На наш взгляд, авторы примерно вдвое завышают выносы веществ сточными водами города, и примерно вдвое занижают выносы р. Раздольной. Такому расхождению могут быть даны два объяснения. Во-первых, авторы непосредственно не проводили химических анализов ни сточных вод, ни вод р. Раздольной. Л.В. Нигматулина (2005) в своих оценках использует два ис-

точника информации: данные статистической отчетности водопотребителей (форма 3–ТП, Водхоз) и оценочные данные по нормативным документам. Нормативные данные в среднем в 3.6 раза выше данных статистической отчетности. Именно эти (увеличенные в 3.6 раза) нормативные данные используются для оценок нагрузки на акваторию Амурского залива. По-видимому, именно здесь лежит источник переоценки вклада сточных вод города. Проведенные нами оценки на основании коммунальных нормативов стран Западной Европы по азоту и фосфору оказываются также завышенными по сравнению с оценками на основании непосредственных измерений (табл. 6). Во-вторых, выносы р. Раздольной авторы оценивают только по нормативам стоков от жителей населенных пунктов, расположенных на этой реке, и не учитываются другие источники выносимых веществ – территория бассейна реки, в том числе, стоки с сельскохозяйственных полей. Очевидно, что при таком подходе к оценке вклад р. Раздольной в нагрузку на Амурский залив может быть недооценен. Необходимо отметить, что здесь не учтены выносы других рек – Амба, Барабашевка, Нарва (общий годовой объем расхода этих рек составляет 0.8 км^3 , или 25% от общего речного стока в Амурский залив). Предварительные измерения показали, что содержание биогенных элементов в речках Амба и Барабашевка в 1.5–2 раза меньше, чем в р. Раздольной. С учетом этих стоков, доля речных выносов в Амурский залив увеличится на 15–20%. Доля стоков г. Владивостока, соответственно уменьшится.

Ряд авторов отмечает, что нагрузка на Амурский залив по всем компонентам стоков характеризуется резкой пространственной неравномерностью. Так, на северную часть залива (севернее Муравьевского порога, площадь – около 350 км^2) приходится около 70% всей нагрузки на залив, тогда как на остальную часть (650 км^2) – около 30% нагрузки (Подорванова и др., 1989; Худяков, 1992; Огородникова, 2001; Нигматулина, 2005). Таким образом, северная часть залива испытывает примерно вчетверо более высокую нагрузку, чем его южная часть (табл. 9). Наибольшую нагрузку испытывают прибрежные воды, в которые непосредственно сбрасываются стоки города (северо-восточное побережье Амурского залива) и выносы р. Раздольной (приустьевая зона). Поступление веществ в Амурский залив с городскими сточными водами происходит практически с одинаковой скоростью во все сезоны года. Поступление веществ с речными и другими береговыми стоками происходит крайне неравномерно в течение года. Так, в период с апреля по сентябрь выносятся 70–90 % годового расхода реки, в остальное время – менее 30% (Подорванова и др., 1989; Огородникова, 2005).

Проведенный нами анализ выносов р. Раздольной на Российской территории в 2008 г. показал, что за четыре месяца (май–август) в Амурский залив поступает 80 и 90% годового выноса неорганических форм азота и фосфора, соответственно (Михайлик и др., 2011). Оценки показывают, что речной сток в летний сезон составил около 90% от суммарного выноса биогенных элементов, тогда как вынос этих элементов со сточными водами г. Владивостока составил немногим более 10% (табл. 10). В период с сентября по апрель выносы рекой и сточными водами по объему близки между собой.

Таблица 9. Годовой поток (Т/год) биогенных элементов, органического вещества (биологического потребления кислорода, BOD), взвешенного вещества (BB) в Амурский залив со сточными водами г. Владивостока и водами р. Раздольной

Table 9. Annual fluxes (T/year) of nutrients, organic matter (biological oxygen demand, BOD₅), suspended matter (SM) supplied in the Amur Bay from sewages of Vladivostok city and Razdolnaya river

Биогенные элементы, BOD, BB	DIN	TN	DIP	TP	DISi	SM	BOD ₅
Сточные воды	700	1500	100	200	—	10000	10000
Доля, %	26%	26%	31%	31%	—	9%	25%
Река Раздольная	2000	4200	220	450	17000	100000	30000
Доля	74%	74%	69%	69%	—	91%	75%
Всего ^{*)}	2700	5700	320	650	17000	110000	40000
Огородникова, 2001 ^{**)}	2800	3250	—	1292	—	20000	27000
Нигматулина, 2005 ^{**)}	2100	2300	—	800	—	13700 ^{*)}	15000
Принятые для оценок в данной работе	2750	5000	320	650	17000	110000	35000
Средняя нагрузка на залив, т/км ² год ^{***)}	2.75	5	0.32	0.65	17	110	35
Северная часть залива, т/км ² год ^{***)}	5,5	10	0,64	1,3	34	220	70
Южная часть залива, т/км ² год ^{***)}	1.4	2.5	0.16	0.33	8.5	55	17.5

^{*)} – данные измерений (таблицы 6 и 8); ^{**)} – оценено по нормативам (суммарные выносы в Амурский залив веществ со сточными водами антропогенного происхождения – г. Владивосток и р. Раздольная); ^{***)} – общая площадь залива, принимается равной 1000 км².

Таблица 10. Ежемесячная нагрузка на Амурский залив по общему азоту (TN) и общему фосфору (TP) за счет сточных вод г. Владивостока (С/В) и выносов р. Раздольной (Р/Р) в среднем за год (I–XII), в течение мая–августа (V–VIII) и в течение сентября–апреля (IX–IV) в 2008 г. в абсолютных единицах (т/(км²месяц)) и в процентах от суммарного стока (%)

Table 10. Monthly specific fluxes (Ton/(km²month)) of total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) and percentage parts of two sources of nutrients – Vladivostok city (C/B), Razdolnaya river (P/P). It is used average for year (I–XII), for May–August (V–VIII) and for September–April (IX–IV) in 2008

Периоды года	I–XII		V–VIII		IX–IV	
Источники веществ	С/В	Р/Р ^{**)}	С/В	Р/Р ^{**)}	С/В	Р/Р ^{**)}
Азот, TN: т/(км ² месяц) ^{*)}	0.1	0.35	0.1	0.84	0.1	0.1
Доля от общей нагрузки	22%	78%	11%	89%	50%	50%
Фосфор, TP: т/(км ² месяц) ^{*)}	0,012	0,038	0,012	0,1	0,012	0,018
Доля от общей нагрузки	24%	76%	11%	89%	40%	60%

^{*)} – общая площадь залива принимается равной 1000 км²; ^{**)} – данные из работы (Михайлик и др., 2011).

Таким образом, нагрузка на Амурский залив по азоту и фосфору даже при такой осредненной оценке оказывается крайне неравномерной в течение сезона: в период с мая по август нагрузка почти в 5 раз выше, чем в период с сентября по апрель. Еще более резкие различия в нагрузке наблюдаются при рассмотрении в более короткие сроки. Так, в период паводка в конце июля 2008 г. вынос DIN и DIP р. Раздольной составлял 15 и 0,9 т/сут., соответственно (Михайлик и др., 2011), в паводок в начале августа 2005 г. вынос DIN и DIP был еще выше – 25 и 2,0 т/сут., соответственно (Звалинский и др. 2008). В феврале 2008 г. вынос DIN и DIP составлял 1,14 и 0,04 т/сут., т.е. почти в 20 раз меньше, по сравнению с паводковым периодом.

Нагрузка по биогенным элементам является одним из важнейших параметров при оценке трофического статуса акватории (NOWPAP CEARAC, 2010, 2011). Вместе с тем количественно величина этого параметра не определена в качестве индикатора такого статуса. Как уже отмечалось выше, это обусловлено, в основном, особенностями конкретной акватории. Этот параметр может быть использован для оценки трофического статуса акватории в совокупности с другими параметрами (табл. 1, 2).

Стандартное состояние экосистемы для оценки эвтрофикации Амурского залива. Из самых общих представлений о функционировании морских экосистем, знание о концентрациях биогенных элементов и их критических значениях недостаточно для оценки эвтрофикации. Как отмечалось Дж. Андерсеном с соавторами (Andersen et al., 2006), такая оценка должна проводиться относительно выбранного стандартного состояния, не подверженного антропогенному воздействию. В то же время это стандартное состояние призвано учесть климатические и географические особенности исследуемого региона. В качестве стандартного состояния экосистемы Амурского залива нами была выбрана станция с координатами 42.417° С.Ш.; 131.588° В.Д. Эта станция расположена в открытой части зал. Петра Великого. Вертикальные профили температуры и концентраций биогенных элементов (рис. 2) указывают на два важных обстоятельства. Во-первых, концентрация биогенных элементов в фотическом слое близка к нулю. Во-вторых, толщина фотического слоя для «стандартной» станции составляет примерно 50 м. Практически вся площадь Амурского залива имеет глубины менее 50 м (рис. 1). Поэтому для Амурского залива сравнение концентраций биогенных элементов не только в поверхностном, но и в придонном слое с их критическими значениями (табл. 4) позволяет судить о трофическом статусе (эвтрофности) залива. В тех случаях, когда концентрации биогенных элементов превышают значения критических концентраций, данная область нами квалифицируется как высокоэвтрофная.

Распределение биогенных элементов в разные сезоны. В августе 2007 г. нами проведено масштабное гидрохимическое обследование Амурского залива (выполнено около 100 станций). В результате была обнаружена гипоксия придонных вод, где минимальная концентрация кислорода составляла менее 5 мкМ (Тищенко и др. 2008). Для установления закономерностей формирования и разрушения гипоксии, в 2008 г. были осуществлены сезонные гидрохимические наблюдения в акватории залива, которые включали измерения концентраций биогенных элементов в поверхностном и придонном слоях. Распределение растворенного неорганического азота ($DIN = NO_3^- + NO_2^- + NH_4^+$) в различные сезоны в поверхностном и придон-

ном горизонтах приведено на рис. 3 и 4, соответственно. Для зимнего сезона у поверхности выделяется три области с высокими концентрациями неорганических форм азота (рис. 3а). Географическое расположение этих аномалий соответствует районам коммунальных сбросов (районы Первой Речки и Второй Речки, устье р. Шмидтовки) и приустьевой зоне р. Раздольной. В другие сезоны повышенные концентрации неорганического азота наблюдаются в тех же районах (из-за отмели в эти сезоны не обследовалась область эстуария р. Шмидтовки), однако концентрации азота были не столь велики, как в зимний сезон. Для придонного горизонта в зимний сезон концентрации неорганических форм азота в местах источников биогенных элементов не столь велики в сравнении с поверхностным горизонтом (рис. 4а). Это и понятно, поскольку в местах стоков биогенные элементы привносятся в Амурский залив пресными водами, которые имеют меньшую плотность по сравнению с морской водой (коммунальные стоки, речная вода).

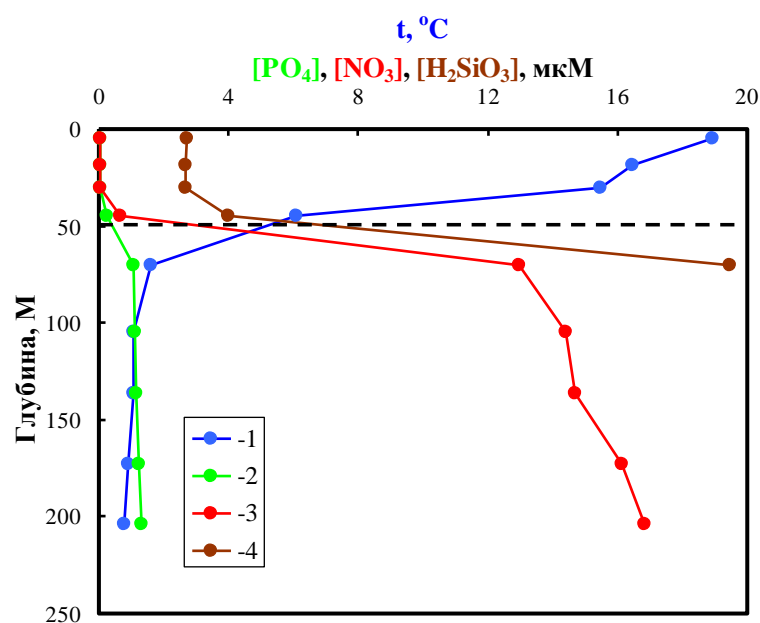


Рис. 2. Вертикальные профили: 1 – температуры (°C), 2 – фосфатов (PO_4 – мкМ), 3 – нитратов (NO_3 , мкМ) и 4 – силикатов (H_2SiO_3 , мкМ) на «стандартной» станции (42.417° С.Ш.; 131.588° В.Д.).

Данные были получены в августе 1999 г. 36-рейс НИС «Профессор Хромов»

Fig. 2. Vertical profiles: 1 – temperature (°C); 2 – phosphates (PO_4 – μM); 3 – nitrates (NO_3 , μM); 4 – silicates (H_2SiO_3 , μM) on “standard” station (42.417° N; 131.588° E).
Data were obtained at August 1999 in 36-cruise on R/V "Professor Khromov"

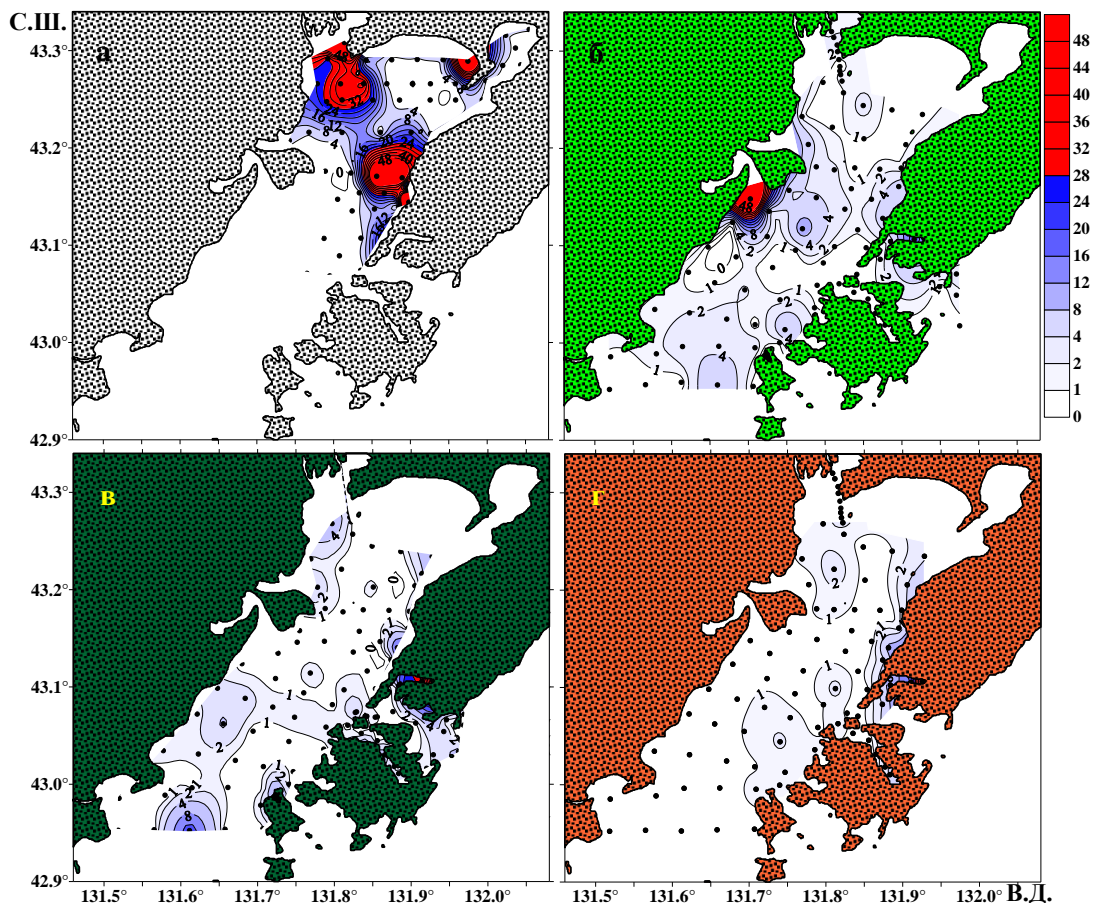


Рис. 3. Сезонное распределение растворенного неорганического азота (мкМ) в поверхностном слое вод Амурского залива в 2008 г.: а – зима, б – весна, в – лето, г – осень. Красным цветом закрашены области, где концентрации растворенного неорганического азота больше «критической» величины (табл. 4)

Fig. 3. Seasonal distribution of the dissolved inorganic nitrogen (μM) in surface layer of the Amur Bay in 2008: а – winter, б – spring, в – summer, г – autumn. Red colour are painted area, where concentrations of the dissolved inorganic nitrogen exceed "critical" value (table 4)

Другой особенностью распределения азота в придонных водах является обширная аномалия в центральной части и на юге залива в летний сезон (рис. 4в). Уровень концентраций неорганического азота в поверхностном горизонте весной, летом и осенью, как правило, находится в интервале 1–2 мкМ (рис. 3). В зимний сезон за пределами областей аномалий наблюдается примерно тот же уровень концентраций минеральных форм азота. Концентрации этих форм азота у дна существенно выше, чем у поверхности, особенно в летний и осенний сезоны, когда в отдельных областях акватории залива концентрации азота превышают его критические значения.

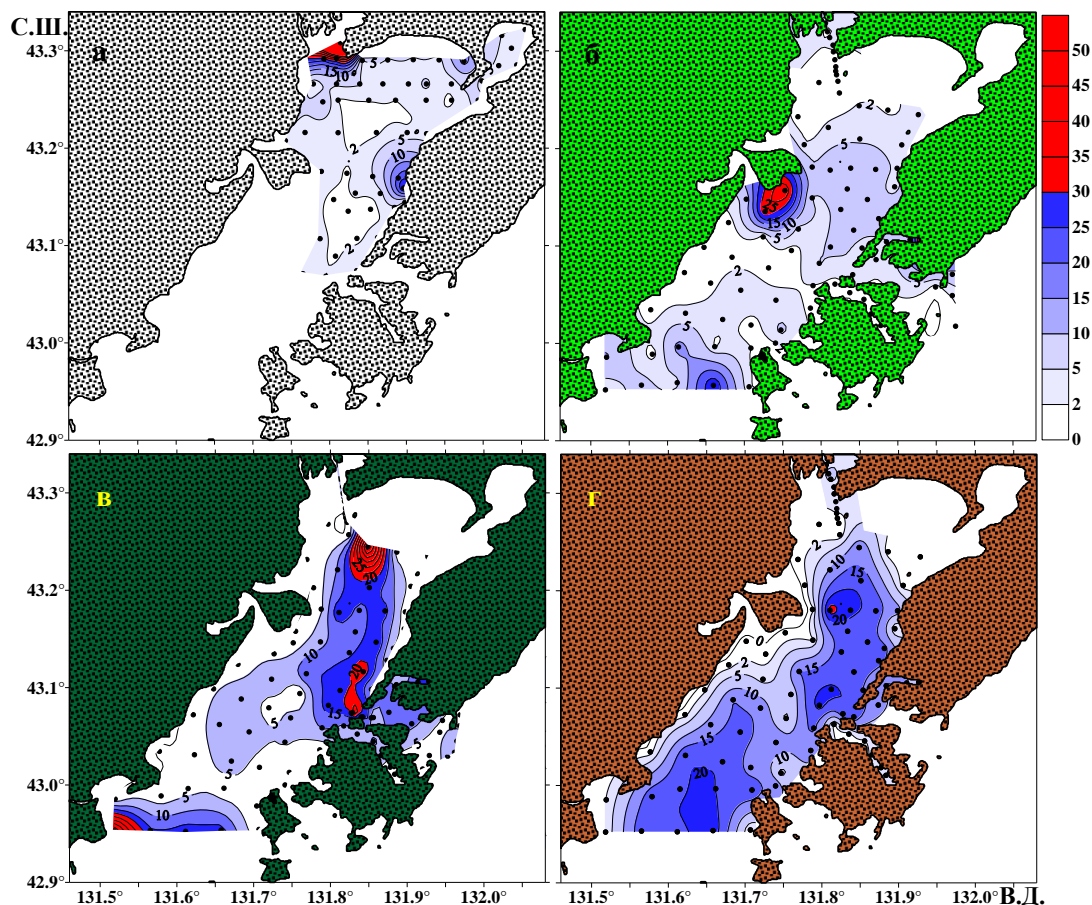


Рис. 4. Сезонное распределение растворенного неорганического азота (мкМ) в придонном слое вод Амурского залива в 2008 г.: а – зима, б – весна, в – лето, г – осень. Красным цветом закрашены области, где концентрации растворенного неорганического азота больше «критической» величины (табл. 4)

Fig. 4. Seasonal distribution of the dissolved inorganic nitrogen (μM) in bottom layer of the Amur Bay in 2008: a – winter, б – spring, в – summer, г – autumn. Red colour are painted area, where concentrations of the dissolved inorganic nitrogen exceed "critical" value (table 4)

Пространственное распределение фосфатов в поверхностном и придонном горизонтах показаны на рис. 5 и 6, соответственно. Распределение фосфатов для обоих горизонтов в общих чертах близки к распределению неорганического азота для соответствующих горизонтов. В местах коммунально-бытовых стоков также отмечаются anomalно высокое содержание фосфатов в поверхностном слое (рис. 5а). У поверхности наиболее низкое содержание фосфатов наблюдалось в весенний сезон (0,1–0,2 мкМ, рис. 5б), наиболее высокое – осенью (до 1 мкМ; рис. 5 г). Anomalно высокие концентрации фосфатов, превышающие 3 мкМ, наблюдались у дна в летний сезон, при этом область концентраций, превышающих критические значения, имеет значительно большую площадь по сравнению с площадью аномалий концентраций неорганического азота.

нического азота (ср. рис. 6в и 4в). В осенний сезон концентрации фосфатов у дна снижались по сравнению с летом, однако оставались достаточно высокими (рис. 6г).

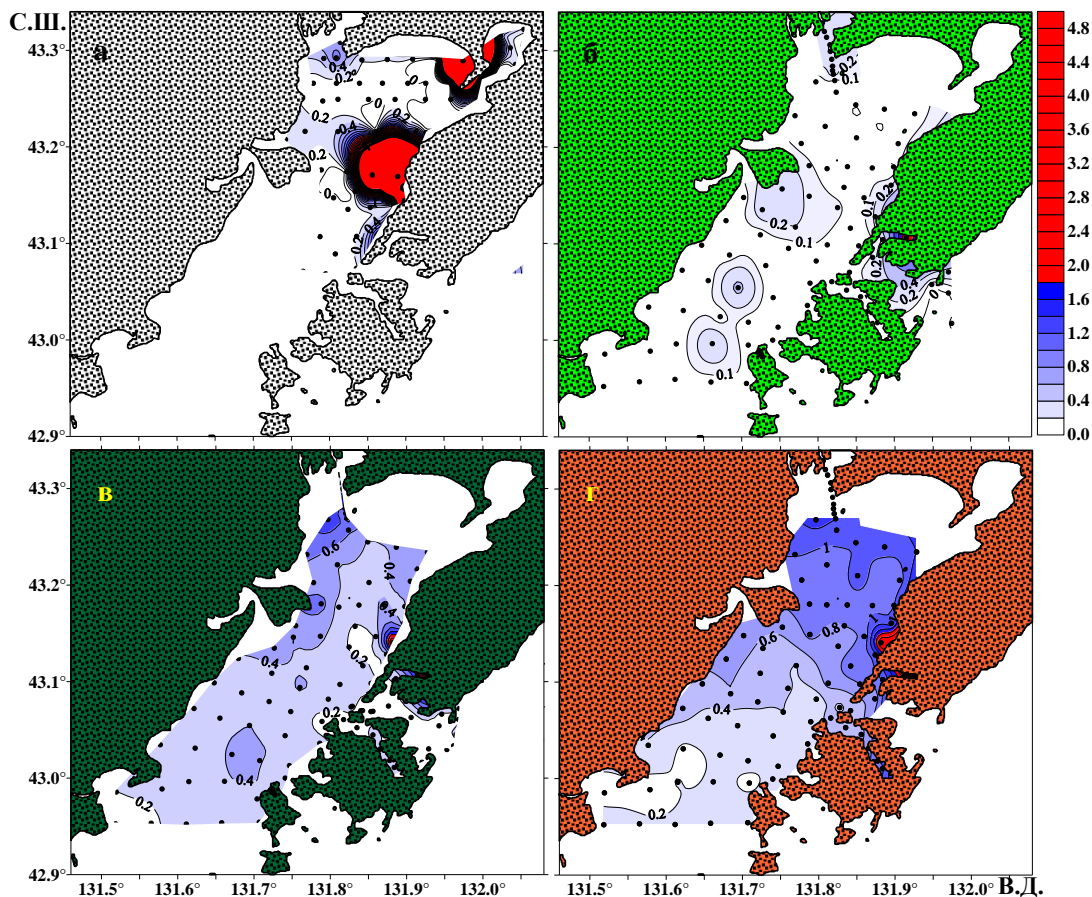


Рис. 5. Сезонное распределение растворенного неорганического фосфора (мкМ) в поверхностном слое вод Амурского залива в 2008 г.: а – зима, б – весна, в – лето, г – осень. Красным цветом окрашены области, где концентрации растворенного неорганического фосфора больше «критической» величины (табл. 4)

Fig. 5. Seasonal distribution of the dissolved inorganic phosphorus (μM) in surface layer of the Amur Bay in 2008: а – winter, б – spring, в – summer, г – autumn. Red colour are painted area, where concentrations of the dissolved inorganic nitrogen exceed "critical" value (table 4)

Характер распределения силикатов в зимний период для обоих горизонтов весьма близок к таковому для минеральных форм азота и фосфора (ср. рис. 7а–8а и рис. 3а–6а). Так, у поверхности в местах коммунально-бытовых стоков и в приустьевой зоне р. Раздольной наблюдаются концентрации силикатов, превосходящие «критические» значения, (табл. 4). Основным источником силикатов в Амурском заливе является речной сток.

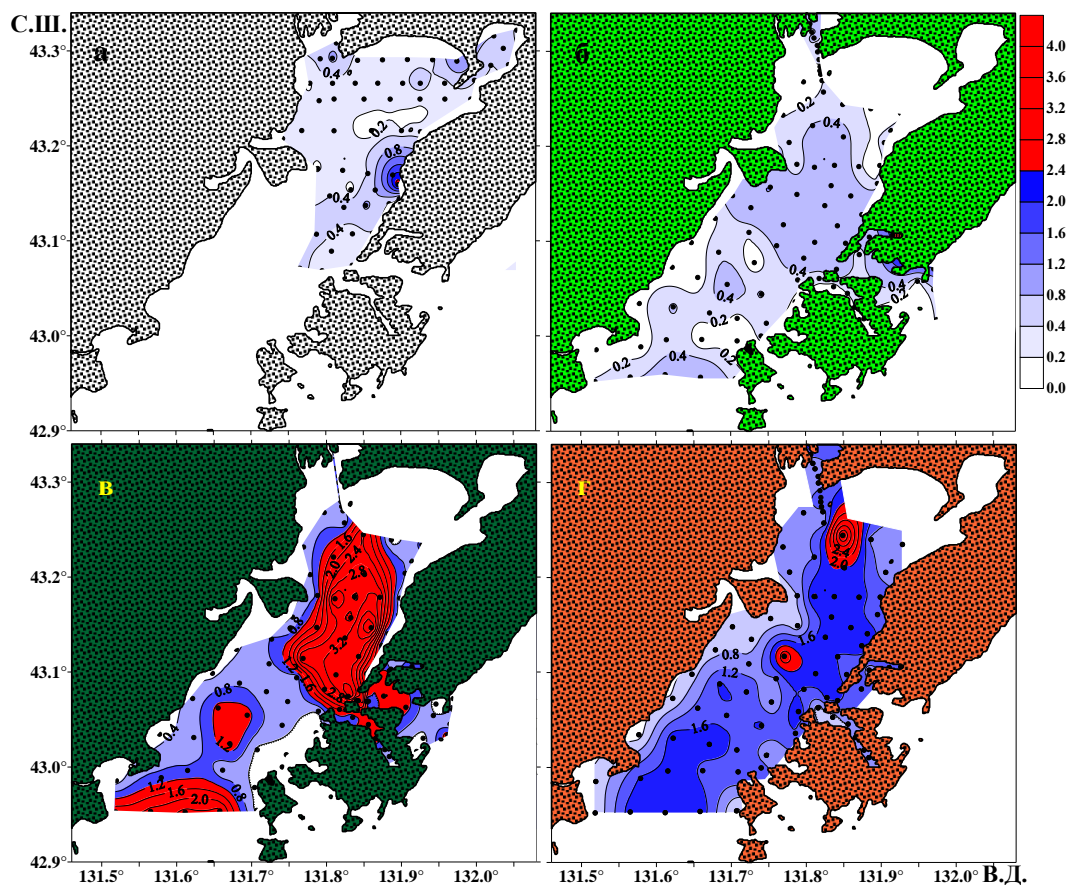


Рис. 6. Сезонное распределение растворенного неорганического фосфора (мкМ) в придонном слое вод Амурского залива в 2008 г.: а – зима, б – весна, в – лето, г – осень. Красным цветом закрашены области, где концентрации растворенного неорганического фосфора больше «критической» величины (табл. 4)

Fig. 6. Seasonal distribution of the dissolved inorganic phosphorus (μM) in bottom layer of the Amur Bay in 2008: а – winter, б – spring, в – summer, г – autumn. Red colour are painted area, where concentrations of the dissolved inorganic nitrogen exceed "critical" value (table 4)

Коммунально-бытовые стоки имеют низкое содержание силикатов. Причиной высоких концентраций силикатов в местах коммунально-бытовых стоков, на наш взгляд, является высокая интенсивность продукционно/деструкционных процессов в этих местах вследствие высокого содержания биогенных элементов. Поскольку основными представителями фитопланктона являются диатомовые водоросли, то именно этот процесс ответствен за аккумуляцию кремния в местах бытовых стоков. Пространственное распределение силикатов в остальные сезоны, как у поверхности, так и у дна, существенно отличается от распределения неорганических форм азота и фосфора (ср. рис. 7–8 и рис.и 3–6). В отличие от азота и фосфора, в весенний и лет-

ний сезоны в поверхностном горизонте наблюдаются высокие концентрации силикатов (от 10 до 70 мкМ) (рис. 7б, 7в).

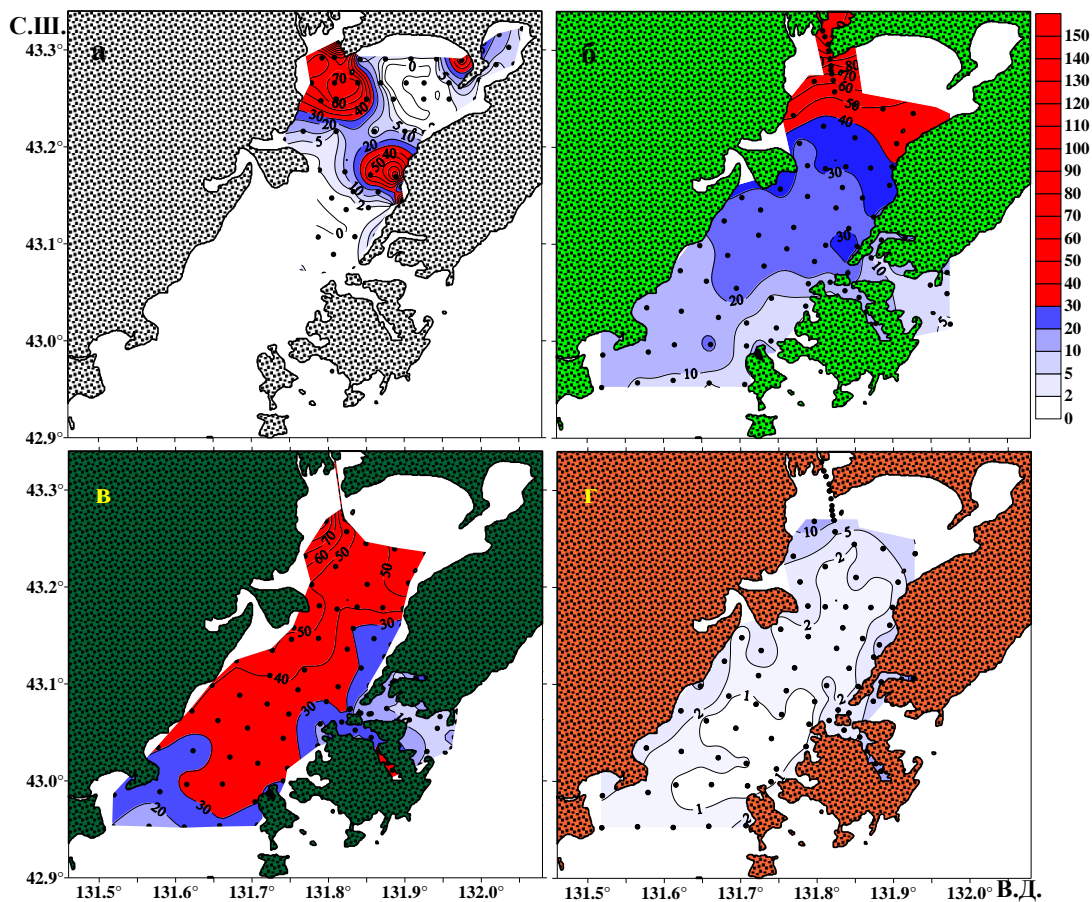


Рис. 7. Распределение силикатов (мкМ) в поверхностном слое вод Амурского залива в разные сезоны 2008 г.: а – зима, б – весна, в – лето, г – осень. Красным цветом закрашены области, где концентрация силикатов превосходит «критические» значения (табл. 4)

Fig. 7. Seasonal distribution of the dissolved silicates (μM) in surface layer of the Amur Bay in 2008: а – winter, б – spring, в – summer, г – autumn. Red colour are painted area, where concentrations of the dissolved inorganic nitrogen exceed "critical" value (table 4)

Наиболее высокие концентрации зарегистрированы в кутовой части залива, что легко объяснимо, поскольку главным источником силикатов в заливе является р. Раздольная. В осенний сезон концентрация силикатов оказалась минимальной (1–10 мкМ, рис. 7 г).

Неожиданностью оказались аномально высокие концентрации силикатов в придонном слое вод в летний и осенний сезоны, когда они достигали значений 130 и 50 мкМ, соответственно (рис. 8в–8г).

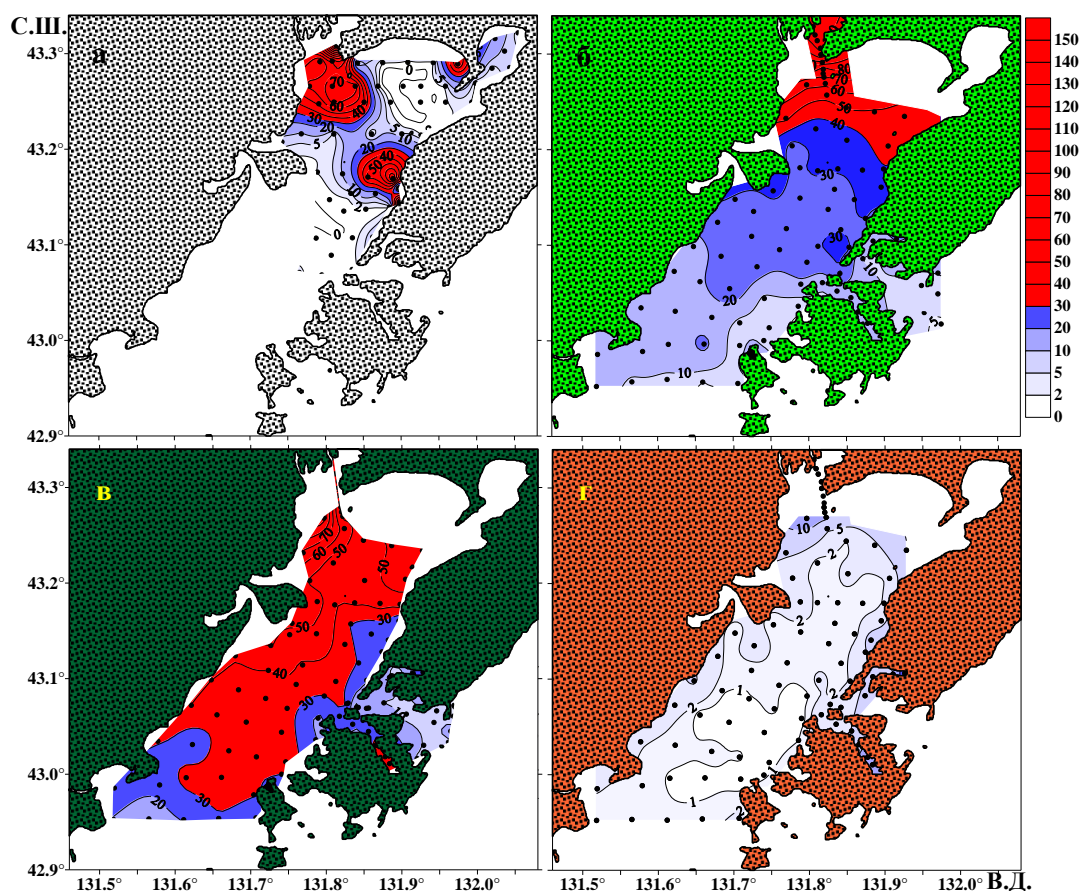


Рис. 8. Распределение силикатов (мкМ) в придонном слое вод Амурского залива в разные сезоны 2008 г.: а – зима, б – весна, в – лето, г – осень. Красным цветом закрашены области, где концентрация силикатов превосходит “критическое” значение (табл. 4)

Fig. 8. Seasonal distribution of the dissolved silicates (μM) in bottom layer of the Amur Bay in 2008: а – winter, б – spring, в – summer, г – autumn. Red colour are painted area, where concentrations of the dissolved inorganic nitrogen exceed "critical" (table 4)

Обсуждение результатов

Природа эвтрофикации. Экологическим проблемам Амурского залива, особенно северной его части, посвящено большое количество работ (см. например, обзоры: Огородникова, 2001; Экологические исследования ..., Т. 1, 2, 2008). Как правило, ухудшение экологического состояния Амурского залива исследователи связывают с поступлением на его акваторию разного рода загрязняющих веществ, связанных с коммунально-бытовыми и промышленными сточными водами г. Владивостока (ингибиторы, нефтепродукты и т.д.). В качестве индикаторов качества вод в заливе и

экологического состояния его акватории используются самые разные показатели – от количественного и качественного состава фитопланктона и бактериопланктона до макрозообентоса и макрофитобентоса (Вейдеман и др., 1987, 2001; Стоник, Орлова, 1998; Огородникова, 2001; Нигматулина, 2005; Христофорова и др, 2006, 2007; Белан, Мощенко, 2008; Лутаенко, Ващенко, 2008; Бойченко, 2009; Tkalin et al., 1993). Авторы этих работ признают высокий уровень эвтрофикации Амурского залива. Вместе с тем, серьезного анализа эвтрофикации и оценки нагрузки биогенными элементами на Амурский залив в литературе нам найти не удалось. Некоторые попытки предпринимались А.А. Огородниковой (2001) и Л.В. Нигматулиной (2005), однако они были, на наш взгляд, несколько односторонними. Основной упор делался на антропогенный фактор, и практически не учитывался природный фактор – поток биогенных элементов, обусловленный речным стоком, роль производства биомассы фитопланктона. Эвтрофикация, по существу, сводилась только к оценке потоков неорганических и органических форм азота и фосфора в Амурский залив, обусловленных коммунальными и промышленными стоками. Широко распространенное мнение исследователей о том, что основным видом такой нагрузки на залив являются сточные воды г. Владивостока, оказалось не совсем справедливым.

В соответствии с проведенными нами оценками, сточные воды г. Владивостока дают лишь треть общей годовой нагрузки на залив. Остальные 2/3 составляют выносы биогенных элементов (в минеральной и органической формах) речными водами, в основном, р. Раздольной (табл. 9). При этом, соотношение нагрузки биогенными элементами от сточных вод и речных вод существенно зависит от сезона (рис. 9, Михайлик и др. 2011). В зимний сезон, когда расход р. Раздольной минимален, два источника биогенных элементов (г. Владивосток и р. Раздольная) весьма близки по величине создаваемой нагрузки. В летний сезон, особенно в паводковый период, вклад сточных вод г. Владивостока в общую нагрузку составляет всего около 10%, тогда как вклад речных выносов достигает 90% нагрузки (табл. 10). Поэтому влияние сточных вод на пространственное распределение параметров среды заметно проявляется только в зимний сезон, в другие сезоны это влияние практически не обнаруживается (рис. 3а–8а).

Статус эвтрофикации Амурского залива. Во введении были приведены два ключевых, но разных по сути определения эвтрофикации – Никсона (Nixon, 1995) и Андерсона с коллегами (Anderson et al., 2005). Мы полагаем, что оба эти определения важны, как для понимания природы эвтрофикации, так и для решения практических задач по противодействию этому процессу. Согласно Никсону, эвтрофикация – процесс, который затрагивает все элементы экосистемы, и она не сводится к проблеме «загрязнение». Но такой взгляд трудно переложить в практическую плоскость – «в управление прибрежными акваториями». Определение Андерсона создает практическую основу оценки статуса (состояния) экосистемы по отношению к росту органического вещества в ней. Это определение и подход CEARAC (табл. 2) весьма близки между собой. В первую категорию оценки статуса эвтрофикации входят концентрации биогенных элементов. Результаты наших измерений биогенных элементов показывают высокую неоднородность их пространственного распределения для поверхностных и придонных горизонтов (рис. 3–8). Только для зимнего сезона аномальные концентрации географически приурочены к источникам поступления биогенных веществ. Основных причин, на наш взгляд, две. Во-первых, благодаря ледовому по-

крытию, в северной части залива ослаблено или отсутствует ветровое перемешивание. Во-вторых, специфика подледного фотосинтеза и деструкции органического вещества состоит в том, что эти процессы, как правило, локализуются в порах нижней поверхности льда или непосредственно на границе раздела вода/лед. Для остальных сезонов происходит интенсивное ветровое перемешивание верхнего слоя залива, область фотосинтеза и область деструкции органического вещества в эти сезоны, как правило, разделены в пространстве и зависят от вертикальной плотностной стратификации и от интенсивности проникновения фотосинтетически активной радиации (ФАР). На основании только концентрации неорганических форм биогенных веществ можно прийти к ошибочному выводу о статусе эвтрофности экосистемы. Поэтому используются дополнительные параметры среды – концентрация хлорофилла (категория II, табл. 2) и концентрация кислорода (категория III, табл. 2).

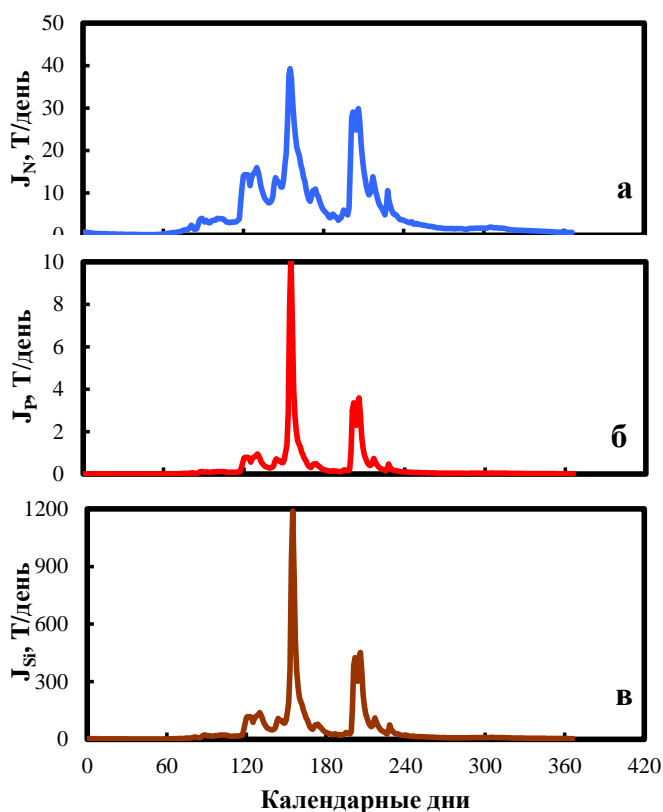


Рис. 9. Потоки биогенных элементов (а – DIN; б – DIP; в – DISi), поставляемые р. Раздольной в Амурский залив, как функция времени

Fig. 9. The nutrients fluxes (a – DIN; б – DIP; в – DISi), supplied by Razdolnaya river into the Amur Bay, as function of Julian day

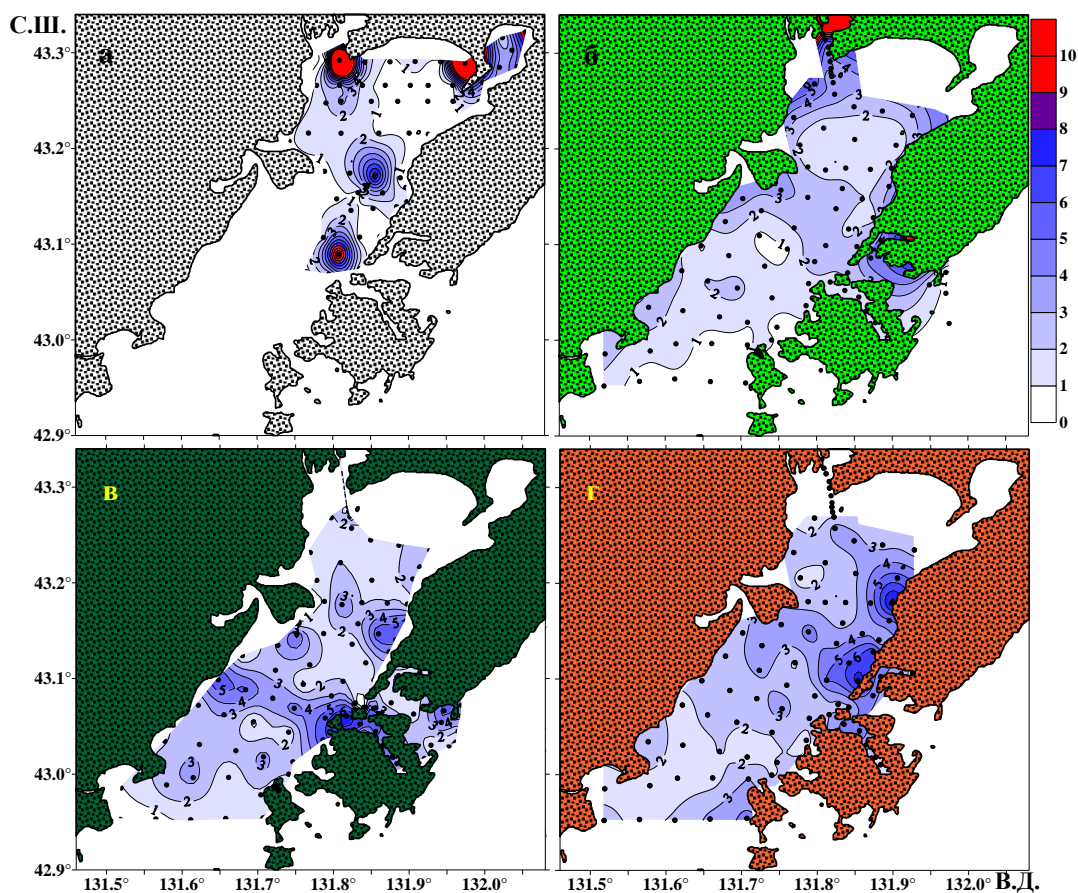


Рис.10. Сезонное распределение хлорофилла (мкг/л) в поверхностном слое вод Амурского залива в 2008 г.: а – зима, б – весна, в – лето, г – осень. Красным цветом закрашены области, где концентрация хлорофилла больше «критической» величины (8 мкг/л)

Fig. 10. Seasonal distribution of chlorophyll ($\mu\text{g/l}$) in surface layer of the Amur Bay in 2008: а – winter, б – spring, в – summer, г – autumn. The red colour are painted area, where concentration of the chlorophyll exceed "critical" value ($8 \mu\text{g/l}$)

Распределение концентраций хлорофилла для поверхностного и придонного слоев приведены на рис. 10 и 11, соответственно. Критическая концентрация для хлорофилла принята равной 8 мкг/л (OECD, 1982). Только для зимнего сезона пространственное распределение хлорофилла в поверхностном слое географически соответствует выносам биогенных элементов реками Раздольная и Шмидтовка, а также сточными водами г. Владивостока (рис. 10а). Вблизи этих источников содержание превышает 25 мкг/л (Звалинский и др., 2005). В остальные сезоны концентрация хлорофилла на большей части акватории не превышает 3–4 мкг/л, и только у источников биогенных элементов она возрастает до 6 мкг/л (рис. 10б). Как видно, у поверхности содержание хлорофилла в теплый сезон года не достигает критических

значений (8 мкг/л), что может быть обусловлено рядом причин (лимитированием минеральными формами азота, высокой концентрацией фитофагов и др.). Концентрации хлорофилла у дна в целом существенно ниже, чем у поверхности, и формы их пространственного распределения для всех сезонов, как правило, не соответствуют формам распределения биогенных элементов.

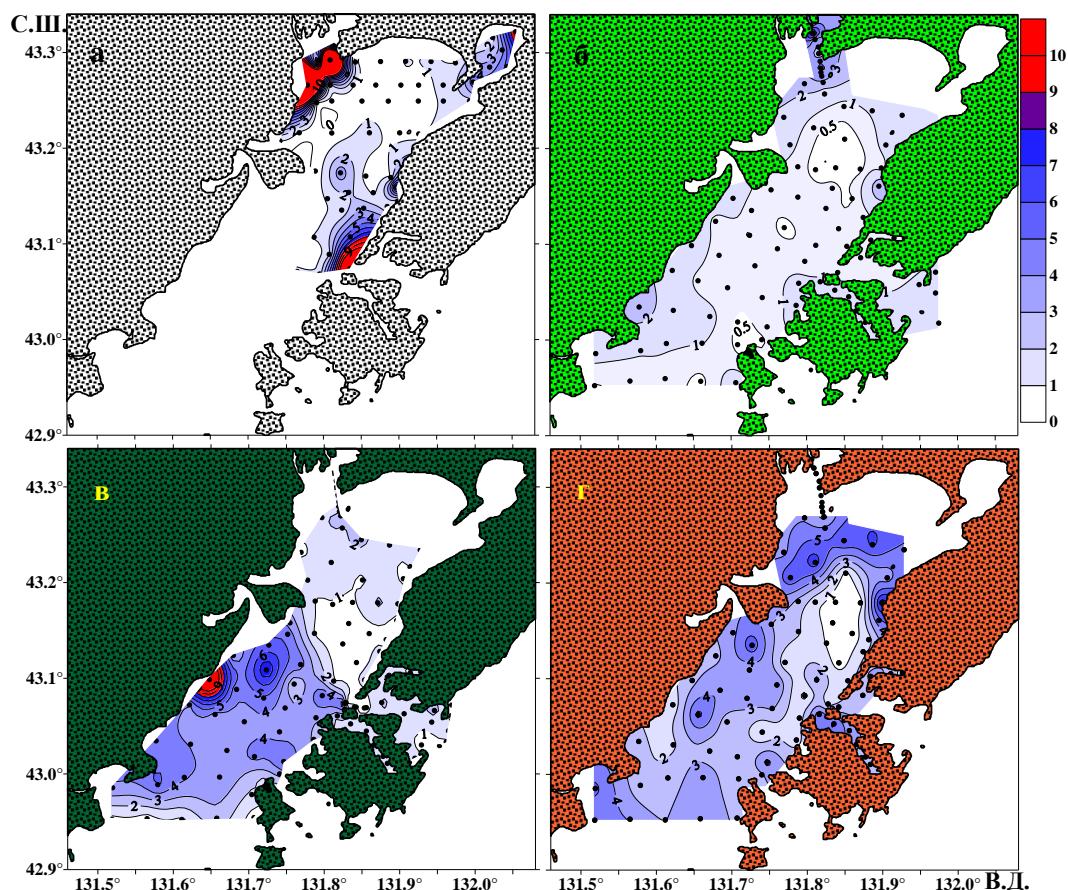


Рис. 11. Сезонное распределение хлорофилла (мкг/л) в придонном слое вод Амурского залива в 2008 г.: а – зима, б – весна, в – лето, г – осень. Красным цветом закрашены области, где концентрация хлорофилла больше «критической» величины (8 мкг/л)

Fig. 11. Seasonal distribution of chlorophyll ($\mu\text{g/l}$) in bottom layer of the Amur Bay in 2008: а – winter, б – spring, в – summer, г – autumn. The red colour are painted area, where concentration of the chlorophyll exceed "critical" value (8 $\mu\text{g/l}$)

Анализ вертикальных профилей хлорофилла показал, что максимальное его содержание в Амурском заливе в августе наблюдается на глубинах 5–10 м, в области пикноклина. Содержание хлорофилла в этой области может существенно превышать критическое значение (Звалинский и др., 2008). Отметим, что профили хлорофилла измерялись в зондирующем режиме с помощью датчика флуоресценции. Данная ме-

тодика в настоящее время не является стандартной для установления трофического статуса экосистемы. Таким образом, этот параметр зависит от многих факторов и поэтому относится ко второй категории выбранных критериев установления трофического статуса экосистемы. Содержание растворенного кислорода отнесено к параметрам категории III, которые используются для оценки трофического статуса акватории (табл. 2).

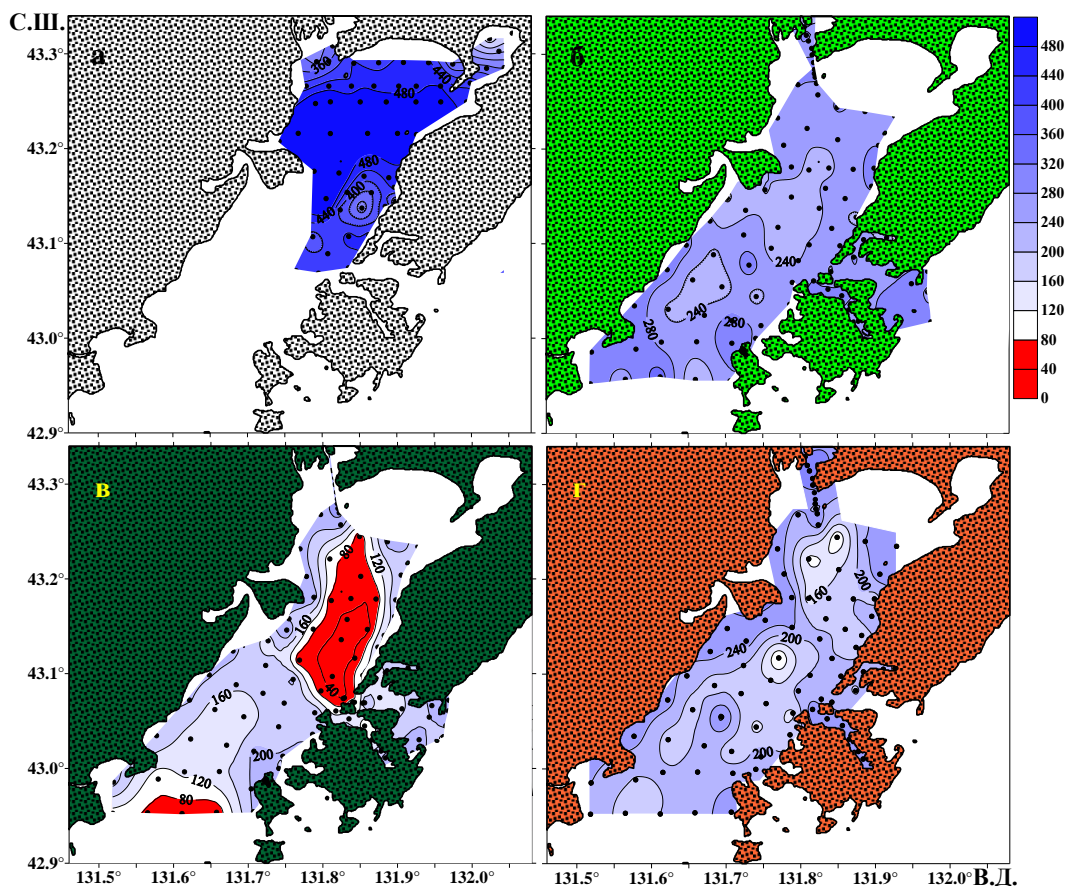


Рис. 12. Распределение кислорода (мкМ) в придонном слое вод Амурского залива в разные сезоны 2008 г.: а – зима, б – весна, в – лето, г – осень. Красным цветом закрашены области, где концентрация растворенного кислорода меньше “критической” величины (76 мкМ)

Fig. 12. Seasonal distribution of chlorophyll ($\mu\text{g/l}$) in bottom layer of the Amur Bay in 2008: а – winter, б – springtime, в – summer, г – autumn. The red colour are painted area, where concentration of the oxygen less than "critical" value (76 μM)

Содержание биогенных элементов в среде в рассматриваемых количествах не является опасным для живой компоненты экосистемы. Вместе с тем, содержание кислорода в среде является важнейшим параметром, обуславливающим существование живых организмов. Для оценки трофического статуса экосистемы концентрация

кислорода в поверхностном горизонте, как правило, не рассматривается, так как при свободном контакте воды с атмосферой низкие содержания кислорода не могут сформироваться. Рис. 12 демонстрирует сезонную гипоксию придонных вод залива. Природа возникновения и разрушения сезонной гипоксии нами уже детально описывалась (Тищенко и др., 2011).

В табл. 11 приведены минимальные и максимальные значения параметров эвтрофикации для Амурского залива. Как видно, наблюдаемые максимальные значения концентраций биогенных элементов в Амурском заливе (параметры категории I) в 3–6 раз превышают критические значения, концентрация хлорофилла (параметр категории II) более чем в три раза превышает предельное значение, а концентрация кислорода (параметр категории III) – в 15 раз ниже критической величины. Исходя из этого, трофический статус Амурского залива должен быть квалифицирован как «Высокий». Основным источником эвтрофикации является р. Раздольная и, в меньшей степени – сточные воды г. Владивостока (табл. 9–10).

Этот вывод совпадает с биологическими наблюдениями (IV категория параметров). Исследователи отмечают, что за 40 лет (с 1930-х по 70-е годы) донные сообщества Амурского залива резко изменились: в 5–10 раз уменьшилась численность полихет, в 2–3 раза – офиур, на треть – средняя биомасса бентоса. В кутовых заливах уменьшились запасы мидии Грэй, уменьшилась численность и скорость роста Приморского гребешка. Запасы промысловых водорослей анфельция с 1961 по настоящее время снизились вдвое – с 86.5 до 40 тыс. тонн. Увеличилась численность полихет, толерантных к низким содержаниям кислорода. Неоднократно регистрировалась гибель мелкой рыбы (Вейдеман и др., 1987, 2001; Стоник, Орлова, 1998; Огородникова, 2001; Нигматулина, 2005; Христофорова и др, 2006, 2007; Белан, Мощенко, 2008; Лутаенко, Ващенко, 2008; Бойченко, 2009; Tkalin et al., 1993). Вместе с тем биологические исследования привели сотрудников ТИНРО–Центра к заключению о том, что за последнее десятилетие (2000–2010 гг.) экологическое состояние Амурского залива несколько стабилизировалось и даже улучшилось, что связывается с уменьшением промышленного производства и, вследствие этого, уменьшением стоков загрязняющих веществ (Лукьянова и др., 2012).

Таблица 11. Минимальные и максимальные значения параметров эвтрофикации Амурского залива

Table 11. Minimal and maximal values of Eutrophication parameters of the Amurskiy bay

Параметры	DIN мкмоль/л	DIP мкмоль/л	DSi мкмоль/л	Chl мкг/л	O ₂ мкмоль/л	Диск Сек- ки, м
Минимум	0.2	0.01	0.7	0.02	4.7	0.5
Максимум	56	4.7	124	26	615	8
Критические значения	18.3	1.1	19.4	8	76	

Тенденции изменения трофического статуса Амурского залива. Центральной проблемой эвтрофикации любой акватории, в частности Амурского залива, является установление характера изменений параметров экосистемы во времени. В соответствии с современными представлениями, важнейшими являются гидрохимические параметры экосистемы (параметры категорий I–III; табл. 1–2). Для установления тенденций изменения трофического статуса необходимы многолетние ряды систематических наблюдений гидрохимических параметров достаточно высокого качества, в первую очередь, в местах проявления гипоксии. К сожалению, проведенный анализ показывает, что такого рода наблюдения не проводились. Даже если бы такие наблюдения проводились, возникла бы проблема адекватного осреднения значений параметров по пространству и времени, поскольку диапазон природных их изменений чрезвычайно велик (табл. 11). Тем не менее, мы попытались установить временные тренды некоторых гидрохимических параметров экосистемы Амурского залива. С этой целью были использованы полученные нами данные измерений параметров среды поверхностного и придонного горизонтов в летних экспедициях в период 2005–2010 гг. В области проявления максимальной гипоксии (район восточнее м. Песчаного) было выбрано 6–8 станций, данные которых использовались для анализа. Как выяснилось, свойства среды придонного горизонта в сильной степени зависят от глубины. Поэтому все измеренные значения приводились к глубине 15 м, после чего получали среднюю величину. Несмотря на значительный разброс данных и нестрогую выраженность найденных трендов, все они указывают на то, что за относительно небольшой период исследований в придонных водах залива проявляются негативные тенденции (рис. 13). Необходимо отметить, что на рис. 13 сравниваются данные, полученные в ТОИ по единой методике. Гораздо сложнее сравнивать исторические данные разных авторов, поскольку методики и точность измерения биогенных элементов в разные годы были различными.

Как известно, за последние 100 лет в наименьшей степени изменениям подвергалась методика измерения растворенного кислорода. Это обстоятельство позволило нам проанализировать исторические данные разных авторов о минимальных концентрациях кислорода в придонных водах Амурского залива за последние 77 лет (с 1934 по 2011 годы). Оказалось, что значения наблюдаемых минимальных концентраций кислорода неуклонно уменьшались во времени: в 1934 г. эта концентрация составляла более 60% от насыщения, в 2007–2011 годах – от 2 до 20% (рис. 14). Таким образом, резкое уменьшение со временем содержания кислорода у дна в летний период – это реальная тенденция. Это уменьшение кислорода нами объясняется как следствие увеличения эвтрофикации залива в течение последних 77 лет. Одной из важнейших причин этого явления было распахиwanie целинных и залежных земель Приморского края в 50-х – середине 60-х годов. Следующим этапом эвтрофикации залива была интенсивная химизация сельского хозяйства в период 60–80 гг. (вносились минеральные удобрения, гербициды и пестициды). В 1988 г. по данным З.П. Редковской и др. (1991), содержание аммонийного азота в воде р. Раздольной находилось в пределах 150–210 мкМ, что в несколько раз выше концентраций в других реках Приморского края и современного уровня в р. Раздольной. Третьим этапом увеличения эвтрофирования залива, на наш взгляд, является резкая автомобилизация в 2000-е годы. Поскольку в среднем автомобиль выбрасывает 6 кг двуокиси азота в год, то 300 000 автомобилей продуцируют поток двуокиси азота, сравнимый со

сточными водами г. Владивостока. Эти окислы при гидролизе во время атмосферных осадков возвращаются на землю в форме азотистой и азотной кислот, которые усиливают эвтрофикацию приемных водоемов.

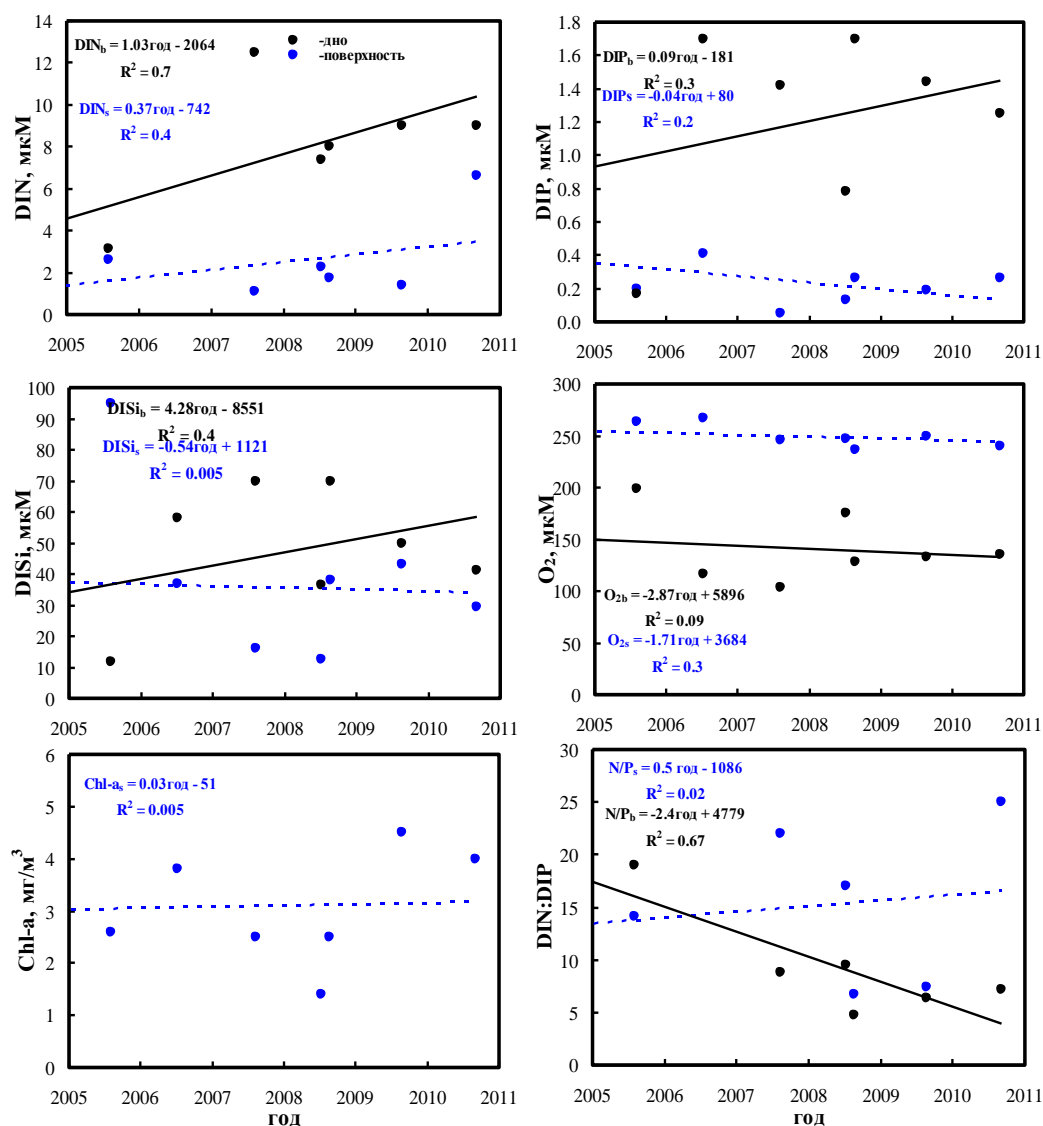


Рис. 13. Межгодовые тренды гидрохимических параметров Амурского залива в поверхностных (голубой цвет) и придонных (черный цвет) водах

Fig. 13. Interannual trends of parameters in waters for surface (blue) and bottom (black) layers of the Amur Bay

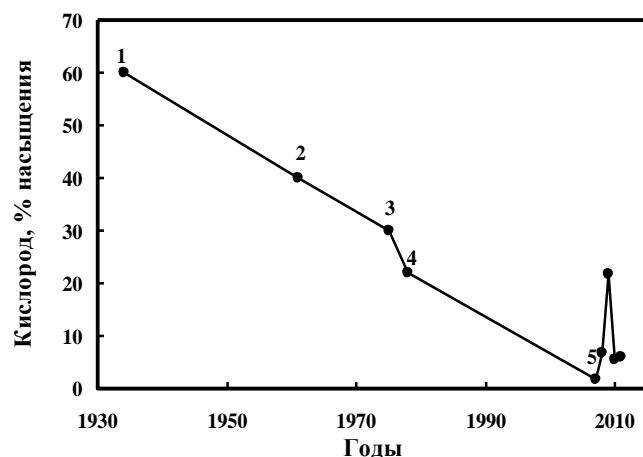


Рис. 14. Изменение минимальной степени насыщения кислородом придонных вод Амурского залива за период 1934–2011 гг. (1 – Воронков, 1941; 2 – Ластовецкий, Вещева, 1964; 3 – Родионов, 1984; 4 – Подорванова и др., 1989; 5 и более поздние годы – лаб. гидрохимии ТОИ)

Fig. 14. Trend of minimal saturation degree of oxygen in the bottom layer of the Amur Bay for period 1934–2011 (1 – Voronkov, 1941; 2 – Lastovetskiy, Vescheva, 1964; 3 – Rodionov, 1984; 4 – Podorvanova et al., 1989; 5 and more late years – hydrochemistry laboratory of POI FEB RAS)

Другой негативный эффект от автомобилизации состоит в том, что огромное количество автомашин подъезжает непосредственно к кромке берегов р. Раздольной и Амурского залива и разрушает берега. Разрушенные автомобилями берега подвержены высокой степени водной эрозии, что, с одной стороны, увеличивает стоки биогенных элементов из почвы, с другой, – резко уменьшает прозрачность воды. Низкая прозрачность воды уменьшает толщину фотического слоя до 2–4 м при глубине места около 20 м, что, в свою очередь, пространственно разделяет продукционный и деструкционный слои. Это дополнительно уменьшает возможность снабжения кислородом придонных слоев воды.

Заключение

Формирование сезонной гипоксии Амурского залива непосредственным образом связано с эвтрофикацией. Мы разделяем существующую озабоченность относительно эвтрофикации залива неочищенными коммунально–бытовыми стоками г. Владивостока, поскольку они приводят не только к обогащению вод залива биогенными элементами, но и неспецифичной для морской среды бактериальной флорой. Однако роль р. Раздольной в эвтрофикации залива является доминирующей, как вследствие значительно более высокой величины абсолютных потоков биогенных элементов, так и их импульсивного характера.

Эвтрофикация опасна своими негативными последствиями, так как способна перевести экосистему из аэробного состояния в анаэробное. В анаэробном состоянии

происходит сероводородное заражение (гибель рыб, фауны бентоса, сокращение биоразнообразия). Меры борьбы с эвтрофикацией широко обсуждаются в рамках разных национальных и международных программ (De Jong, 2006; Zhang et al., 2010). Уже произошедшие сдвиги в экосистеме Амурского залива в значительной степени являются необратимыми. Дальнейшая эвтрофикация Амурского залива может привести к катастрофическим последствиям. Поэтому уже сейчас необходимо обсуждение подходов и мер, которые могли бы снизить риск формирования и расширения площади акватории, подвергающейся гипоксии.

На наш взгляд, возможны два кардинальных подхода.

1. Снижение эвтрофикации залива. Наиболее простые и очевидные шаги – строительство очистных сооружений для локальных источников загрязнения промышленно-бытовых сточных вод. Более сложная проблема – уменьшение диффузных потоков биогенных элементов. По-видимому, относительно недорогой и простой путь состоит в укреплении берегов р. Раздольной на всем ее протяжении по российской территории и в создании лесополос по обоим берегам реки, которые будут потреблять биогенные элементы из почвенных вод и препятствовать их выносу в залив. Укрепление берегов Амурского залива и ограничение доступа транспорта к берегам способствовало бы снижению берегового стока биогенных элементов и взвешенного вещества, что увеличило бы прозрачность вод и, соответственно, ассимиляционную емкость экосистемы залива.

2. Создание на р. Раздольной дамбы. Эта дамба играла бы двойную роль для экосистемы залива – стабилизация стока речных вод в Амурский залив и уменьшение потока взвешенного вещества и, следовательно, увеличение прозрачности и толщины фотического слоя вод Амурского залива. В этом случае за счет увеличения толщины фотического слоя увеличилась бы экологическая емкость залива (мощность потоков веществ), а за счет стабилизации стока речных вод экосистема функционировала бы в состоянии, близком к стационарному.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 08–05–00696–а, 11–05–00241–а, 11–05–98543–р_восток_а.

Литература

- Айбулатов Н.А.* Деятельность России в прибрежной зоне моря и проблемы экологии. М. : Наука. 2005. 364 с.
- Белан Т.А., Мощенко А.В.* Виды-индикаторы загрязнения в сообществах макрозообентоса мягких грунтов Амурского залива (Залив Петра Великого, Японское море) // Экологические исследования и состояние экосистемы Амурского залива и эстуарной зоны реки Раздольной (Японское море). Владивосток : Дальнаука, 2009. Т. 2. С. 147–172.
- Биология океана. Т. 2.* Биологическая продуктивность океана. М. : Наука. 1977. 400 с.
- Бойченко Т.В.* Химико-микробиологическая оценка качества морских поверхностных вод южного Приморья : автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток : ДВГУ. 2009. 24 с.
- Вейдеман Е.Л., Черкашин С.А., Щеглов В.В.* Комплексные исследования воздействия загрязнения на морские прибрежные экосистемы // Тр. ДВНИИ. 1987. Вып. 131. С. 30–40.

Вейдеман Е.Л., Черкашин С.А., Щеглов В.В. Диагностика состояния прибрежных акваторий: некоторые проблемы и результаты // Известия ТИНРО. 2001. Т. 128. С. 1036–1049.

Воронков П.П. Гидрохимический режим залива Петр Великий Японского моря // Вопросы химии моря / ред. П.П. Воронков. Л. : Гидрометеиздат. 1941. С. 42–102.

Гаврилевский А.В., Гаврилова Т.А., Кочергин И.Е. Комплексная количественная оценка источников загрязнения моря вблизи Владивостока // Труды ДВНИГМИ. Специальный выпуск. 1998. С. 102–113.

Гершанович Д.Е., Елизаров А.А., Сапожников В.В. Биопродуктивность океана. М. : ВО «Агропромиздат». 1990. 238 с.

Гомоюнов К.А. Гидрологический очерк Амурского залива и реки Суйфуна // Тр. I конф. Производительные силы Дальнего Востока. Владивосток, 1927. Вып. 2. С. 73–91.

Динамика качества поверхностных вод Советского Союза в 1981–1985 годах. Л. : Гидрометеиздат, 1991. С. 230–235.

Заика В.Е. О трофическом статусе пелагических экосистем в разных регионах Черного моря // Морской экологический журнал. 2003. Т. II. № 1. С. 5–11.

Звалинский В.И., Недашковский А.П., Сагалаев С.Г., Тищенко П.Я., Швецова М.Г. Биогенные элементы и первичная продукция в эстуарии реки Раздольной (Амурский залив Японского моря) // Биология моря. 2005. Т. 31. № 2. С. 107–116.

Звалинский В.И., Тищенко П.П., Тищенко П.Я., Лобанов В.Б., Сагалаев С.Г., Швецова М.Г., Волкова Т.И., Сергеев А.Ф., Пропт Л.Н. Гидрохимические и продукционные параметры на акватории Амурского залива в период паводка реки Раздольной в августе 2005 года // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. М. : ГЕОС, 2008. С. 199–229.

Ластовецкий Е.И., Вещева В.М. Гидрометеорологический очерк Амурского и Уссурийского заливов / под ред. Л.Н. Закопной. Владивосток : Приморское управление гидрометеорологической службы. 1964. 264 с.

Лоция северо-западного берега Японского моря. СПб. : ГУНМО МО, 1996. 354 с.

Лукьянова О.Н., Черкашин С.А., Симоконов М.В. Современное экологическое состояние залива Петра Великого (2000–2010 гг.) // Вестник ДВО РАН. 2012. № 2. С. 55–63.

Лутаенко К.А., Ващенко М.А. Амурский залив – экосистема в состоянии стресса // Экологические исследования и состояние экосистемы Амурского залива и эстуарной зоны реки Раздольной (Японское море). Владивосток : Дальнаука, 2008. Т. 1. С. 7–29.

Михайлик Т.А., Тищенко П.Я., Колтунов А.М., Тищенко П.П., Швецова М.Г. Влияние реки Раздольной на экологическое состояние вод Амурского залива (Японское море) // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 4. С. 474–484.

Нигматулина Л.В. Воздействие сточных вод контролируемых выпусков на экологическое состояние Амурского залива : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток : ТИНРО–центр. 2005. 19 с.

Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. Владивосток : ТИНРО–центр, 2001. 193 с.

Подорванова Н.Ф., Иващенко Т.С., Петренко В.С., Хомичук Л.С. Основные черты гидрохимии залива Петра Великого (Японское море). Владивосток : ДВО АН СССР. 1989. 114 с.

Районирование территорий города Владивостока, прилегающих к Амурскому и Уссурийскому заливам, по количеству и качеству сбрасываемых стоков : отчет. Дальнево-

сточный ордена Трудового Красного знамени Политехнический институт. ГР № 01870066599. 1988. 65 с.

Редковская З.П., Лоскутова Т.П., Онищенко Р.М., Меняшкина Р.И. Экологическое состояние вод бассейна р. Раздольной во второй половине 80-х годов // Материалы научной конференции по проблемам водных ресурсов Дальневосточного экономического района и Забайкалья. СПб. : Гидрометеиздат, 1991. С. 443–453.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1963–1970 гг. и весь период наблюдений). Т. 18. Дальний Восток. В. 3. Приморье. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 244 с.

Родионов Н.П. Японское море. Прогноз загрязнения морей СССР. Л.: ГИМИЗ. 1984, с. 118–150.

Современные методы гидрохимических исследований океана. М.: ИОАН им. П.П. Ширшова. 1992. 199 с.

Стоник И.В., Орлова Т.Ю. Летнее-осенний фитопланктон в Амурском заливе Японского моря // Биол. моря. 1998. Т. 24, № 4. С. 205 – 211.

Тищенко П.Я., Сергеев А.Ф., Лобанов В.Б., Звалинский В.И., Колтунов А.М., Михайлик Т.А., Тищенко П.П., Швецова М.Г. Гипоксия придонных вод Амурского залива // Вестник ДВО РАН. 2008. № 6. С. 115–125.

Тищенко П.Я., Лобанов В.Б., Звалинский В.И., Сергеев А.Ф., Волкова Т.И., Колтунов А.М., Михайлик Т.А., Сагалаев С.Г., Тищенко П.П., Швецова М.Г. Сезонная гипоксия Амурского залива (Японское море) // Изв. ТИНРО. 2011. Т.165. С. 108–129.

Хендерсон–Селлерс Б., Маркленд Х.Р. Умирающие озера. Причины и контроль антропогенного эвтрофирования. Л. : Гидрометеиздат, 1990. 280 с.

Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод / пер. с англ. М. : Мир, 2006. 480 с.

Христофорова Н.К., Коженкова С.И., Гальшиева Ю.А. Оценка тенденций изменения макрофитобентоса, гидрохимических и микробиологических характеристик заливов Восток и Находка в связм с вариациями антропогенной нагрузки // Реакция морской биоты на изменения природной среды и климата. Владивосток : Дальнаука, 2007. С. 37–80.

Христофорова Н.К., Саломай М.С. Химико-экологическая оценка качества прибрежных вод г. Владивостока // Электронный научный журнал «Исследовано в России». Р. 1380–1386. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/147/pdf>

Худяков Г.И. Рациональные взаимоотношения в системе общество–природа (концепция географической целостности) // Экологические аспекты развития производительных сил Дальнего Востока. М. : Наука, 1992. С. 8–19.

Экологические исследования и состояние экосистемы Амурского залива и эстуарной зоны реки Раздольной (Японское море). Владивосток : Дальнаука, 2008. Т. 1. 303 с.; 2009, Т. 2. 332 с.

Экологическое нормирование и рациональная эксплуатация прибрежных акваторий Приморья. Отчет Тихоокеанского океанологического института (ТОИ ДВО РАН) № 01.20.00 06073. Владивосток, 2000, 28 с.

Andersen J.H., Schlüter L., and Ærtebjerg G. Coastal eutrophication: recent developments in definitions and implications for monitoring strategies // J. Plankton Research. 2006. V. 28. P. 621–628.

Brzezinski M. The Si:C:N ratio of marine diatoms: Interspecific variability and the effect of some environmental variables // J. Phycol. 1985. V. 21. P. 347–357.

De Jong F. Marine eutrophication in perspective. On the relevance of ecology for environmental policy. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2006. 335 p.

- Diaz R.J.* Overview of hypoxia around the World // *J. Environ. Qual.* 2001. V. 30. P. 275–281.
- Diaz R.J., Rosenberg R.* Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems // *Science*. 2008. V. 321. P. 926–929.
- Duarte C. M.* Coastal eutrophication research: a new awareness // *Hydrobiologia*. 2009. V. 629. P. 263–269.
- Duarte C.M., Conley D.J., Carstensen J., Sanchez–Camacho M.* Return to Neverland: Shifting baselines affect eutrophication restoration targets // *Estuaries and Coasts*. 2009. V. 32. P. 29–36.
- HELCOM Development of tools for assessment of eutrophication in the Baltic sea. Baltic Sea Environment Proceedings. 2006. No. 104. Helsinki Commission. 64 p.
- Hutchinson G.E.* Eutrophication, past and present // *Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives*. Washington DC: National Academy of Sciences, 1969. P. 17–26.
- Karydis M.* Eutrophication assessment of coastal waters based on indicators: a literature review // *Global NEST J.* 2009. V. 11. N. 4. P. 373–390.
- Levin L.A., Ekau W., Gooday A.J., et al.* Effects of natural and human–induced hypoxia on coastal benthos // *Biogeosciences*. 2009. V. 6. P. 2063–2098.
- Nixon S.F.* Coastal marine eutrophication: a definition, social causes, and future concerns // *Ophelia*. 1995. V. 41. P. 199–219.
- Nixon S.F.* Eutrophication and the macroscope // *Hydrobiologia*. 2009. V. 629. P. 5–19.
- NOWPAP CEARAC 2010. Report of the 8th NOWPAP CEARAC focal points meeting and the expert meeting on assessment of eutrophication status and marine environment focusing on marine biodiversity. CEARAC, Toyama, 13–15 September 2010. 234 p.
- NOWPAP CEARAC 2011. Integrated report on eutrophication assessment in selected sea area in the NOWPAP region: evaluation of the NOWPAP Common Procedure. Nov. 28, 2011. 111 P. ISBN 978–4–9902809–5–6.
- OECD Eutrophication of Water, Monitoring Assessment and Control. Organization of Economic Co–operation and Development, Paris, 1982.
- OSPAR Commission OSPAR integrated report 2003 on the eutrophication status of the OSPAR maritime area based upon the first application of the comprehensive procedure. 2003. 59 p.
- POMRAC Technical Report No 4. Regional overview on river and direct inputs of contaminants into the marine and coastal environment in NOWPAP region. POMRAC, Vladivostok, Russian Federation, 2006. 64 p.
- POMRAC Technical Report No 7. Regional overview on river and direct inputs of contaminants into the marine and coastal environment in NOWPAP region. With Special Focus on the Land Based Sources of Pollution. POMRAC, Vladivostok, Russian Federation 2009. 104.
- Redfield A.C., Ketchum B.H., Richards F.A.* The influence of organisms on the composition of seawater // *The Sea* / Ed. Hill. M.N. New York: Interscience, 1963. V. 2. p. 26–77.
- Rodhe W.* Crystallization of eutrophication concepts in northern Europe // *Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives*. Washington DC: National Academy of Sciences. 1969. P. 50–64.
- Talley L.D., Tishchenko P.Ya., Luchin V. et al.* Atlas of Japan (East) Sea hydrographic properties in summer, 1999 // *Progress Oceanogr.* 2004. V. 61. № 2–4. P. 277–348.
- Tkalin A.V., Belan T.A. and Shapovalov E.N.* The state of the marine environment near Vladivostok, Russia // *Mar. Pollution Bulletin*. 1993. V. 26. N. 8. P. 418–422.
- Zhang J., Gilbert D., Gooday A.J., et al.* Natural and human hypoxia and consequences for coastal areas: synthesis and future development // *Biogeosciences*. 2010. V. 7. P. 1443–1467.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ДОННЫХ ОСАДКАХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

О.В. Нестерова, В.Г. Трегубова

Дальневосточный федеральный университет

Определено общее содержание органического вещества, его качественный состав в донных осадках разных фациальных типов зал. Петра Великого. Изучены оптические свойства растворимой (гидролизуемой) части органического вещества, определен химический элементный состав гуминовых кислот. Выяснено, что по содержанию и распределению органического вещества наиболее неоднородной является фация внутреннего шельфа залива. Наибольшие концентрации органического вещества приурочены к малым заливам ловушкам и локальным районам подводного берегового склона, к мелководным, почти закрытым бухтам. Органическое вещество всех без исключения изученных осадков в основном состоит из негидролизуемого остатка. Растворимой части гумуса в составе органического вещества очень мало, что свидетельствует о преобладании в донных осадках зал. Петра Великого аллохтонного материала, менее всего подверженного процессам гумификации. Гумусовые кислоты осадков имеют низкие значения оптической плотности. Для элементного состава гуминовых кислот характерно сравнительно невысокое содержание углерода и повышенное содержание кислорода и азота, что считается отличительной особенностью гуминовых кислот аквального происхождения.

Ключевые слова: зал. Петра Великого, донные отложения, гранулометрический состав, органическое вещество, гуминовые кислоты, фульвокислоты, негидролизуемый остаток.

ORGANIC MATTER IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF PETER THE GREAT BAY

O.V. Nesterova, V.G. Tregubova

Far Eastern Federal University

The total content of organic material, its quality composition was indentified in the various facial types of the bottom sediments of Peter the Great Bay. Optical properties of the dissoluble (hydrolysable) part of the organic material and chemical elemental composition of the humic acids were investigated. It was found that the facial type of internal part of the continental platform of Peter the Great Bay is the most anisotropic to regard of content and distribution of the organic material. Points of greatest concentrations of the organic material locate in the gulfs, creeks, and the local places of the submerged coastal decline. The organic materials of the all investigated facial types consist of the indissoluble residuals predominately. Organic material includes the minor amounts of the soluble part of the humus that explains the dominance role of the allochthonic deposits. Humic acids of sediments have low values of optical density. It is typical that elemental composition of the humic acids consists of low quantities of carbon and high values of oxygen and nitrogen. It is significant features of the humic acids of the subaqueous origin.

Keywords: Peter the Great Bay, bottom sediments, particle size composition, organic material, humic acids, fulvic acids, indissoluble residuals.

Преобладание водной поверхности над сушей – одно из условий поддержания жизни на Земле. Мировой океан, взаимодействуя с сушей, стабилизирует окружающую среду на поверхности планеты. Донные осадки водных экосистем занимают 2/3 поверхности Земли. Они выполняли в прошлом и выполняют в настоящее время важную биосферную функцию. В конце XIX в. океанологи, изучая морские отложения, обнаружили, что в тех отложениях, где протекают процессы седиментации и разложения отмерших органических остатков, происходит образование и накопление гумусовых веществ.

Наиболее полно по охвату территории и с новых позиций изучены осадки зал. Петра Великого. Так, к концу 80-х гг. прошлого столетия были изучены физические свойства осадков, выявлены геохимические особенности, рассмотрены общие закономерности осадконакопления, прослежено пространственное распределение в осадках гранулометрических фракций, CaCO_3 , Сорг, SiO_2 аморф., а также составлена карта донных отложений (Репечка, 1973). Особое место в этих исследованиях занимают работы сотрудников Тихоокеанского отделения Института Океанологии ДВНЦ АН СССР, в настоящее время ТОИ ДВО РАН (Безруков, Лисицин, 1960; Репечка, 1973; Грамм-Осипов и др., 1973; Котельников 1974; Марков и др., 1978; Марков, Уткин, 1979; Марков, 1980, и др.).

Позднее (1998–2001 гг.) были получены дополнительные данные, вскрывающие специфические особенности донных отложений: содержание, распределение и качественный состав органического вещества. Исследования проводились Нестеровой О.В. на кафедре почвоведения ДВГУ. Изучались осадки, отобранные в ходе экспедиций на НИС «Академик Опарин» в акватории зал. Петра Великого (от устья реки Туманная до мыса Поворотный) на разном удалении от береговой линии и с разных глубин (от 0.5 до 480 м.). Район исследования включал открытую часть залива, его островную зону, а также заливы второго порядка, входящие в состав зал. Петра Великого, – Уссурийский, Амурский, Посыета.

В последние годы (2010–2012 гг.) сотрудниками ТИНРО проводится бентосная съемка осадков зал. Петра Великого. Параллельно изучаются гранулометрический состав, содержание и качественные характеристики органического вещества. Аналитическая обработка образцов осуществляется на кафедрах экологии и почвоведения ДВФУ.

Все осадки поверхностного слоя зал. Петра Великого отнесены к одному вещественно-генетическому типу – терригенному (Безруков, Лисицин, 1960). По возрастным характеристикам они разделены на современные и реликтовые. Считается, что современные осадки образовались за последние 1000 лет (Троицкая, 1974). Они развиты в заливах Амурский, Уссурийский, Находка, Восток, Посыета, проливе Стрелок, во множестве бухт и открытой части зал. Петра Великого (приблизительно до 60-метровой изобаты) и, По-видимому, изредка встречаются во внешней части шельфа залива ниже 60-метровой изобаты. Минимальная мощность современных осадков в вершинах Амурского и Уссурийского заливов равна 5–8 см, максимальная – 30–50 см. В открытой части шельфа зал. Петра Великого их мощность не превышает 10–30 см, а на значительной части его они вообще отсутствуют (Лихт, Астахов, Боцул и др., 1983).

Поставка осадочного материала в зал. Петра Великого определяется всем комплексом физико-географических условий бассейна залива и прилегающей суши,

наиболее существенными источниками ее являются твердый сток рек, абразия берегов, биологическая продуктивность. Основная масса выносимого реками материала осаждается в узкой прибрежной полосе. В глубоководных районах потенциально может отлагаться взвешенный материал и частично органический материал взвеси (Лисицын, 1966; Пустельников, 1975).

Максимальные скорости седиментации отмечаются в вершинах глубоко врезаемых в сушу заливов (Амурского, Уссурийского, Находка и др.) и в бухтах. В Амурском заливе скорость осадконакопления за голоценовое время в среднем составляла более 200/1000 см, локально – свыше 300/1000 см. Значительные скорости осадконакопления в этом районе вызваны отложениями взвеси, выносимой в большом количестве рекой Раздольная. В других бухтах зал. Петра Великого отмечены несколько меньшие скорости осадконакопления – 100–200/1000 см (Марков, Уткин, 1979). Особенностью осадконакопления является то, что глубже 20–30 м поставки материала не происходит, а идет его перераспределение, причем лишь в штормовых условиях. Внешняя часть зал. Петра Великого для тонкой взвеси в настоящее время представляет собой область транзита (Лихт, Астахов, Боцул и др., 1983).

Распределение фракций гранулометрического состава в акватории залива Петра Великого имеет довольно сложный характер, что обусловлено разнообразием условий осадконакопления, сложным сочетанием процессов-поставщиков и процессов-распределителей осадочного материала, расчлененностью дна. Гидродинамические процессы поставки и распределения материала в различных частях залива позволили выделить группы фациальных условий, в пределах которых формируются соответствующие фациально-генетические типы осадков (Лихт, Астахов, Боцул и др., 1983).

Содержание органического вещества и характер его распределения по акватории водоемов зависят от поступления аллохтонного вещества, генетически связанного с фитомассой суши и гумусом почв, биологической продуктивности фито- и зоопланктона и поступления его на дно, гранулометрического состава осадков и условий захоронения, условий жизни бентоса (количества потребляемого органического вещества, газового режима среды обитания, физиологических возможностей гетеротрофов). Также значительна роль животных в накоплении органического вещества в отложениях. Из бентосных организмов осадкообразующее значение имеют моллюски, фораминиферы, кремнистые губки. Огромную роль в переносе органической массы и заключенных в ней биогенных элементов из зоны фотосинтеза в глубины, по-видимому, играют вертикальные миграции организмов. Зоопланктон является одним из основных переносчиков органического вещества из поверхностного слоя на дно. Взвешенное органическое вещество, независимо от его генезиса, перерабатывается планктонными организмами и попадает на дно в виде фекальных pellets. В этом процессе огромную роль играют биофильтраторы. В последнее время большое значение приобрело прогрессирующее загрязнение морских акваторий техногенным органическим веществом. Все это разнообразие факторов создает пестроту содержания органического вещества в донных осадках водоемов.

Качественный состав органического вещества донных осадков, а именно: содержание гуминовых и фульвокислот (растворимой в морских водах части гумуса) и негидролизуемого остатка (нерастворимой) – позволяет оценить степень влияния

морских вод на процессы захоронения и трансформации органического вещества в разных фациально-генетических типах осадков.

Ниже при описании конкретных объектов исследования в акватории зал. Петра Великого мы используем схему фациально-генетической типизации осадков залива, изложенную в монографии Ф.Р. Лихта, А.С. Астахова, А.И. Боцула и др. (1983). Содержание, распределение и качественный состав органического вещества мы рассматриваем для каждого фациального типа осадков.

Фациальный тип подводных дельт. Фациальный тип подводных дельт охватывает кутовые части малых заливов (Амурский, Уссурийский, Славянка, Стрелок, Восток, Находка) и бухт Экспедиции и Суходол. Осадки здесь формируются за счет речного выноса материала с дальнейшим его перераспределением в виде тонкой взвеси. Поэтому осадки в основном представлены пелитами и пелитами алевролитовыми, в меньшей степени миктитами пелитовыми и миктитами алевролитовыми. *Пелиты* с поверхности жидкие и полужидкие (илы), однородные, неслоистые, в прибрежной части с примесью гравия. *Пелиты алевролитовые* темно серые, реже серые с зеленоватым оттенком, с поверхности буровато-серые (окисленный слой), жидкие и полужидкие, реже мягкие. В Уссурийском заливе они образуют самостоятельные поля. Для пелитов алевролитовых как Амурского, так и Уссурийского заливов отмечено присутствие в прибрежной части крупно псаммитовой фракции и гравия. Фациальный тип подводных дельт по характеру седиментогенеза можно отнести к аккумулятивным ландшафтам, в которых накопление осадков происходит постоянно или с частой периодичностью. В результате происходит перекрытие уже сложившихся осадков со сформировавшимися биоценозами свежим материалом. В подобных ландшафтах, как правило, наблюдается угнетение биоценозов.

Характерным признаком дельтовых отложений, помимо их плохой сортировки и смешанного гранулометрического состава, является неравномерное распределение Сорг. (рис.1.). Здесь можно встретить как крайне низкие значения Сорг., так и максимальные для всего залива величины. Как уже упоминалось выше, осадки, сформированные в данных фациальных условиях, относятся к постоянно омолаживающимся, вследствие чего и наблюдается такая неоднородность. Помимо этого в составе органического вещества значительна аллохтонная составляющая. Известно, что аллохтонное органическое вещество значительно более устойчиво к разложению, чем масса автохтонного, поэтому становится понятным значительное преобладание в качественном составе негидролизуемого остатка. Преобладание гуминовых кислот отмечается преимущественно в пелитовых осадках, тогда как в несортированных с примесью миктитов доминируют фульвокислоты. Очевидно, устойчивая восстановительная среда, существующая в жидких пелитах, способствует сохранению органического вещества, что не наблюдается в окислительных условиях более крупных по гранулометрии осадках. Это характерно для отложений не только фации подводных дельт, но и для других фациальных типов: малых заливов (рис. 2), берегового склона заливов, внутреннего шельфа заливов и др.

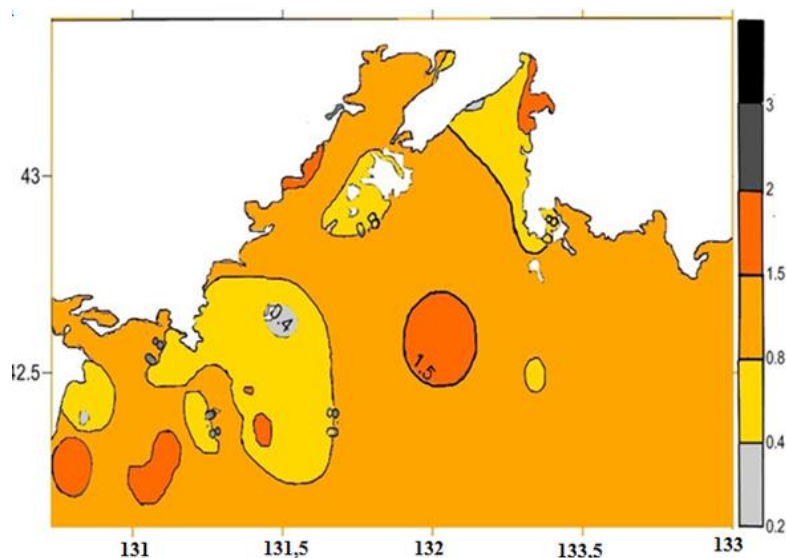


Рис. 1. Содержание и распределение Сорг. в донных осадках залива Петра Великого

Fig.1. Content and distribution of total organic carbon in the bottom sediments of Peter the Great Bay

Фациальный тип малых заливов-ловушек

В зал. Петра Великого данный фациальный тип имеет крайне узкое распространение и охватывает наиболее спокойную, срединную часть изголовья Амурского залива, отчлененного от его внешней части (по линии п-ов Песчаный – о-в Русский) подводным увалом (Васильев, Марков, 1974). К этому фациальному типу относятся также спокойные, затишные участки бухт и заливов с полным или почти полным отсутствием придонных течений, осаждением практически всей взвеси и своеобразным составом микро- и макрофауны. Это часть б. Троицы и вся б. Новгородская.

Осадки в Амурском заливе представлены пелитами, реже пелитами алевроитовыми, в б. Троицы – алевроитами пелитовыми и алеритами псаммитовыми, а в б. Новгородской – миктитами алевроитовыми. Пелиты темно-серые, реже серые, с зеленоватым оттенком, с поверхности буровато-серые (окисленный слой), однородные, неслоистые, жидкие и полужидкие. Пелиты алевроитовые по цвету и консистенции не отличимы от пелитов, в их составе, по сравнению с пелитами, увеличивается количество псаммитовых частиц и снижается содержание пелитовых. Цвет осадков является хорошим индикатором окислительно-восстановительных условий. Серый или зеленовато-серый цвет свидетельствует о господстве восстановительных условий (Лихт, Астахов, Боцул и др., 1983). Известно, что устойчивая восстановительная среда, как правило, существующая в жидких и тонких осадках способствует сохранению органического вещества. Поэтому общее содержание органического вещества в осадках этого фациального типа выше, чем в предыдущем, и распределено равно-

мерно. Такое распределение свидетельствует об очень спокойных гидродинамических условиях, отсутствии придонных течений, и как следствие, полном осаждении взвеси. Максимальные концентрации отмечены в осадках центральной части Амурского залива, где помимо терригенного сноса на общее накопление органики, возможно, оказывает влияние фитопланктон.

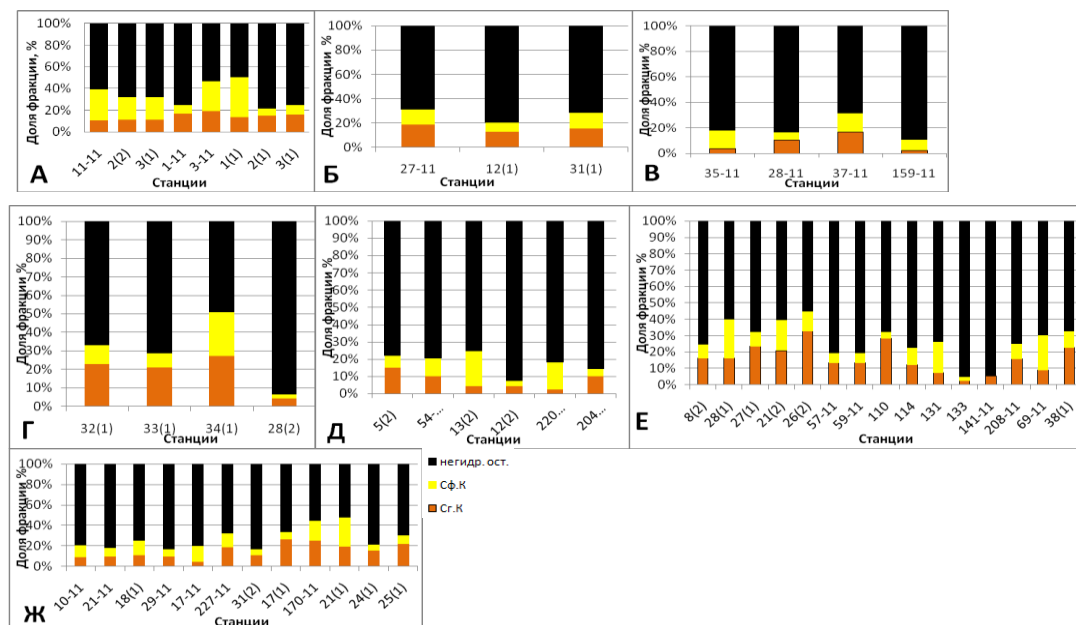


Рис. 2. Соотношение основных фракций органического вещества донных осадков залива Петра Великого: А – фациальный тип подводных дельт; Б – фациальный тип малых заливов-ловушек; В – фациальный тип малых заливов; Г – фациальный тип островных архипелагов; Д – фациальный тип внутреннего шельфа заливов; Е – фациальный тип внешнего шельфа заливов; Ж – фациальный тип берегового склона заливов

Fig.2. Ratio of the main fractions of organic matter in bottom sediments of Peter the Great Bay: А – facial type of submerged deltas; В – facial type of gulfs; С – facial type of the small bays; D – facial type of the islands archipelagos; Е – facial type of the internal part of the continental platform of the bays; G – facial type of the shoreface of the bays

Качественный состав органического вещества характеризуется стабильным преобладанием негидролизующего остатка над содержанием гуминовых и фульвокислот. Гумус осадков относится к гуматному типу, что, вероятно, обусловлено более благоприятной обстановкой сохранения гуминовых кислот в условиях с повышенным содержанием органического вещества и тонкими по гранулометрическому составу осадкам. Фульвокислоты в водной среде более лабильны и почти не захороняются (табл.1). Несмотря на то, что гуминовые кислоты не являются наиболее стабильным компонентом в органическом веществе, тем не менее, при увеличении содержания гуминовых кислот, подвижность органического вещества и вынос его из осадков снижаются.

Таблица 1. Состав органического вещества (в %) донных осадков

Table 1. Composition of bottom sediments organic matter

Местонахождение	№ станции	Глубина, м	Гранулометрический состав	С орг. %	Сг.к. %	Сф.к. %	Сг.к. / Сф.к.	Негидролизуемый остаток
Фациальный тип подводных дельт								
Амурский залив (кутовая часть)	11–11	0,5	Миктиты алевритовые	0,85	0,09	0,24	0,42	0,51
	2(1)	7	Пелиты алевритовые	1,63	0,18	0,34	0,52	1,11
	3(1)	1	Пелиты псаммитовые	1,50	0,43	0,09	4,77	0,97
	1–11	8	пелиты	2,33	0,38	0,19	1,89	1,74
	3–11	9	Пелиты алевритовые	1,48	0,28	0,41	0,68	0,79
Уссурийский залив (б. Муравьиная)	1(1)	1,5	Миктиты алевритовые	0,21	0,04	0,11	0,36	0,42
	2(1)	3,6	Алевриты	1,03	0,15	0,07	2,14	0,80
	3(1)	6	Пелиты	2,04	0,33	0,17	1,94	1,54
Фациальный тип малых заливов–ловушек								
Амурский залив	27–11	10	Пелиты алевритовые	3,05	0,58	0,38	1,52	2,09
	12(1)	7	Пелиты алевритовые	2,57	0,33	0,21	1,57	2,03
	31(1)	8	Пелиты алевритовые	2,81	0,44	0,37	1,18	2,00

Продолжение табл. 1

Фациальный тип малых заливов								
Амурский залив	35–11	23	Алевриты пелитовые	2,06	0,08	0,29	0,27	1,69
	28–11	23	Алевриты пелитовые	2,65	0,28	0,15	1,86	2,22
	37–11	27	Пелиты алевритовые	1,66	0,28	0,24	1,16	1,14
Уссурийский залив	150–11	43	Алевриты пелитовые	1,9	0,05	0,15	0,33	1,7
	141–11	62	Алевриты пелитовые	1,75	0,09	0	0	1,66
Залив Восток	208–11	30	Алевриты пелитовые	1,2	0,19	0,11	1,72	0,9
Залив Посыета	69–11	27	Алевриты	1,03	0,09	0,22	0,41	0,72
	38 (1)	38	Пелиты алевритовые	1,28	0,29	0,13	2,2	0,86
Фациальный тип берегового склона заливов								
Б. Новик	10–11	18	Псаммит мелкий	3,36	0,28	0,39	0,71	2,69
Б. Воевода	21–11	21	Псаммит мелкий	3,16	0,28	0,28	1,00	2,60
	18(1)	7	Псаммит разнотернистый с ракушечником	0,56	0,42	0,08	5,25	0,06
Береговой склон (западный) о. Русский	29–11	18	Псаммит мелкий	1,76	0,16	0,12	1,33	1,48
	17–11	7	Псаммит алевритовый	1,29	0,05	0,2	0,25	1,04
	227–11	10	Псаммит алевритовый	2,05	0,37	0,28	1,32	1,40
Залив Посыета (б. Рейд–Паллада, б. Андреева)	31(2)	30	Псаммит алевритовый	2,65	0,28	0,15	1,86	2,22
	17(1)	8	Псаммит мелкий	0,70	0,18	0,05	3,6	0,47
Б. Пяти Охотников	170–11	22	Псаммит мелкий	0,84	0,21	0,16	0,41	0,47
Б. Лазурная	21(1)	7	Псаммит мелкий	0,21	0,04	0,11	0,36	0,06
Б. Большого Камня	24(1)	9	Псаммит мелкий алевритовый	1,03	0,15	0,07	2,14	0,80
М. Сысоева	25(1)	8	Псаммит мелкий	0,74	0,16	0,06	2,66	0,52

Фациальный тип островных архипелагов								
О. Желтухина	32 (1)	59	Псаммит мелкий алевритовый	1,28	0,29	0,13	2,23	0,86
О. Рикорда	33 (1)	45	Псаммит мелкий	0,77	0,16	0,06	2,67	0,55
	34(1)	20	Псаммит мелкий	0,59	0,16	0,14	1,14	0,29
О. Стенина – о. Большой Пелис	28 (2)	30	Псаммит мелкий	0,49	0,02	0,01	2,0	0,45
Фациальный тип внутреннего шельфа заливов								
Внутренний шельф 30–60 м	5 (2)	50	Псаммит среднезернис- тый	0,67	0,10	0,05	2,00	0,52
	54–11	25	Псаммит алевритовый	1,40	0,14	0,15	0,93	1,11
	13 (2)	19	Псаммит среднезернис- тый	0,24	0,01	0,05	0,2	0,18
	12 (2)	54	Псаммит алевритовый	1,99	0,08	0,07	1,14	1,83
	220–11	60	Псаммит алевритовый	0,82	0,02	0,13	0,15	0,67
	204–11	46	Псаммит алевритовый	0,89	0,09	0,04	2,25	0,76
Фациальный тип внешнего шельфа заливов								
Внешний шельф 60–145 м	8 (2)	130	алевриты	1,03	0,16	0,08	2,0	0,74
	28 (1)	119	алевриты	0,50	0,08	0,12	0,67	0,30
	27 (1)	125	Алевриты псаммитовые	0,34	0,08	0,03	2,66	0,23
	21 (2)	88	Алевриты псаммитовые	0,54	0,12	0,07	1,71	0,35
	26 (2)	72	Алевриты псаммитовые	0,49	0,16	0,06	2,67	0,27
	57–11	80	Алевриты псаммитовые	0,67	0,09	0,04	2,25	0,54
	59–11	137	Алевриты псаммитовые	0,67	0,09	0,04	2,25	0,54
	110	80	Алевриты псаммитовые	0,71	0,20	0,03	6,66	0,48
	114	123	Алевриты псаммитовые	0,75	0,09	0,08	1,12	0,58
	131	98	Алевриты псаммитовые	0,95	0,07	0,18	0,38	0,70
	133	87	Алевриты псаммитовые	0,84	0,02	0,02	1,00	0,80

Фациальный тип малых заливов

Этот тип осадков распространен более широко, чем предыдущий, и занимает внешнюю часть Амурского и осевую среднюю часть Уссурийского залива, а также значительную часть заливов Стрелок, Восток, Находка и участок у полуострова Краббе в зал. Посъета. В Амурском заливе описываемый фациальный тип отделяется от предыдущего подводным увалом, разделяющим залив на две части. Осадки в Амурском и Уссурийском заливах представлены в основном алевритами пелитовыми, реже пелитами алевритовыми и алевритами псаммитовыми. В заливах Стрелок, Восток и Находка – алевритами, миктитами алевритовыми, реже алевритами псаммитовыми (Лихт, Астахов, Боцул и др., 1983). В этом фациальном типе, также как и в двух предыдущих поступление и распределение материала происходит в виде тонкой взвеси. Седиментация (аккумуляция) тонкого материала происходит преимущественно в открытых частях заливов с небольшими глубинами, реже – в более глубоких. Минеральные взвеси несут в своем составе и органические вещества, причем, в мелководных районах дна достигает значительно больше взвешенного органического вещества, чем в глубоководных. Мелководные морские акватории имеют более высокую биопродуктивность, обусловленную большей концентрацией в воде биогенных элементов. Поскольку в морях основным источником органического вещества является фитопланктон, то по вертикали водной толщи концентрация взвешенного органического вещества снижается, поэтому при одной и той же исходной величине продукции планктона разных глубин достигает неодинаковое количество органического вещества.

В осадках этой фации неравномерное распределение имеет не только общий углерод, но и отдельные его группы. Здесь в основном преобладают фракции гуминовых кислот (рис. 2), тем не менее встречаются участки с низкими значениями гуминовых кислот и с явным преобладанием фульвокислот. Изучение зависимости между содержанием Сорг. и гранулометрическим составом показало, что с увеличением доли пелитовой фракции в осадках увеличивается содержание органического вещества и гуминовых кислот.

Фациальный тип берегового склона заливов

Этот фациальный тип ограничен, с одной стороны, современной береговой линией, с другой, 20–30-метровой изобатой. Осадки здесь имеют преимущественно псаммитовый состав. В пределах фации среди псаммитовых осадков наиболее распространены мелкозернистые, средне- и разнотернистые менее характерны и приурочены к прибрежной зоне. Для данного типа осадков характерна горизонтальная изменчивость содержания органического вещества. Отмечены участки, в которых Сорг. почти не отлагается, а если и отлагается, то не задерживается, поскольку гидродинамические условия препятствуют его седиментации. Происходит это, как правило, в мелководных районах, где наблюдается постоянное волновое воздействие на донные осадки. Повышенные скорости придонных волновых течений, способны перемещать песчаный материал, т.е. идет вдольбереговой придонный перенос. В более спокойных участках, с большими глубинами отмечается повышенное содержание органического вещества, преимущественно гуматного состава.

Фациальный тип островных архипелагов

Согласно Ф.Р. Лихту, А.С. Астахову, А.И. Боцулу и др. (1983), фациальный тип островных архипелагов подчинен фациальной группе подводного берегового склона и охватывает зону подводного берегового склона островов Русский, Рейнеке, Рикорда, Желтухина и др. Осадки фации в прибрежной зоне малых островов представлены разнотекстурными псаммитами, а вдоль западного побережья о. Русский – псаммитами алевроитовыми (табл. 1). Вдоль юго-восточной части этих островов и о. Русского – полосой миктитов алевролитовых и миктитов псаммитовых. В проливе Босфор Восточный – алевроитами псаммитовыми.

Как показывают наши данные (табл. 1), содержание органического вещества в осадках фации преимущественно очень низкое, поскольку нет условий для его аккумуляции. Для этих акваторий характерно постоянное волновое воздействие и повышенные скорости придонных течений. Поступающее органическое вещество не задерживается в песчаных, а зачастую и гравийных фракциях донных осадков. Органическое вещество здесь, По-видимому, полностью аллохтонного генезиса, состоящее из отмерших и живых компонентов, поступающих с материалом волновой абразии. Условий для формирования и седиментации автохтонного органического вещества нет. В его составе абсолютно преобладает негидролизующий остаток, что свидетельствует о низкой степени гумификации.

Фациальный тип внутреннего шельфа заливов

Этот фациальный тип охватывает полосу внутренней части зал. Петра Великого, ограниченную с одной стороны 30-метровой изобатой, с другой – 60-метровой. В нее входит почти весь зал. Посыета, внешняя часть Амурского и значительная часть Уссурийского заливов. Этот фациальный тип осадков относится к области поставки и распределения материала в донном влечении. Причем поставка осадочного материала не идет глубже 20–30 м, а на больших глубинах происходит только распределение материала в штормовых условиях. Осадки фации по гранулометрии самые разнообразные и представлены псаммитами мелкозернистыми, реже среднетекстурными, а также алевроитами и алевроитами псаммитовыми. Как следует из табл.1, содержание органического вещества в них низкое, распределение неравномерное, причем в распределении не прослеживается никакой закономерности. Минимальные количества могут встречаться как в глубоководных участках, так и в мелководных. Гумусовых веществ в органическом веществе мало, значительно преобладает негидролизующий остаток. Тем не менее, гумус преимущественно гуматного типа, что подтверждает участие в образовании осадков автохтонного органического вещества.

Фациальный тип внешнего шельфа заливов

Он охватывает всю внешнюю часть зал. Петра Великого от 60-метровой изобаты до бровки шельфа. Современное осадконакопление в пределах фации либо не происходит, либо развито локально. В таких локальных районах морского дна накоп-

ливаются алевроиты псаммитовые, реже алевроиты. Общее содержание органического вещества еще ниже, чем в фациальных осадках внутреннего шельфа (табл.1). По качественному составу оно ничем не отличается от органического вещества всех ранее рассмотренных осадков, также доминирует негидролизуемый остаток над гумусовыми веществами. Состав гумуса преимущественно гуматного типа.

Таким образом, выявлено, что по содержанию и распределению органического вещества наиболее неоднородной оказывается фация внутреннего шельфа зал. Петра Великого (рис. 2). Наибольшие концентрации органического вещества приурочены, в основном, к малым заливам ловушкам и локальным районам подводного берегового склона, к мелководным, почти закрытым бухтам. Органическое вещество всех без исключения изученных осадков в основном состоит из негидролизуемого остатка. Растворимой части гумуса в составе органического вещества очень мало, что свидетельствует о преобладании в донных осадках зал. Петра Великого аллохтонного материала, менее всего подверженного процессам гумификации.

Поступление в осадки автохтонного органического вещества незначительное, очевидно, фито- и зоопланктон водной толщи залива, в определенных его участках, в ходе седиментации подвергается глубокой перестройке в трофической цепи, и по вертикали водной толщи концентрация органического вещества снижается, поверхности дна достигает лишь незначительное его количество. Состав гумуса преимущественно гуматного типа, причем прослеживается четкая зависимость между количественными параметрами органического вещества и его качественным составом. Чем больше органического вещества в осадках, тем больше гуминовых кислот в его гидролизуемой части.

Тем не менее, для всех донных осадков зал. Петра Великого, характерно незначительное колебание параметров, характеризующих состав гумуса (табл. 1). По-видимому, морская среда в значительной степени нивелирует общие условия гумусообразования в толще донных отложений.

Помимо общего содержания органического вещества, его качественного состава в донных осадках зал. Петра Великого нами были изучены оптические свойства растворимой (гидролизуемой) его части (рис. 3), определен элементный состав гуминовых кислот (табл. 2), что позволило дополнить имеющиеся знания о составе, структуре и свойствах гумусовых веществ морских донных отложений.

Для получения первичных данных о строении гуминовых кислот были использованы показатели изменения оптической плотности в видимой и ультрафиолетовой частях спектра. Гумусовые кислоты осадков имеют слабую окраску, либо совсем бесцветные, отсюда и низкие значения оптической плотности. Скорее всего, это обусловлено отсутствием в составе источников органического вещества донных отложений лигнина и дубильных веществ (Скопинцев, 1985). Известно, что при окислении этих соединений образуются окрашенные гумусовые соединения. Хромофорные группировки в молекулах гуминовых кислот образуются, по-видимому, за счет ($=C=C=$) связей в ароматической части молекулы, тогда как алифатические цепи, состоящие из полисахаридов, полипептидов и др. не несут двойных углеродных связей, но именно они, скорее всего, составляют основу построения большинства изученных нами гуминовых кислот аквального происхождения.

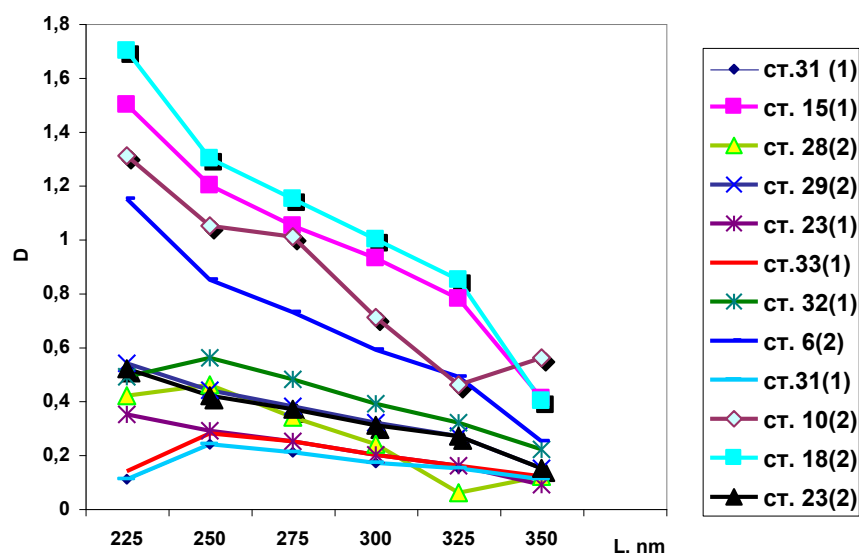


Рис.3. Спектры поглощения гуминовых кислот донных осадков

Fig. 3. The absorption spectras of the humic acids of the bottom sediments

Таблица 2. Средний элементный состав гуминовых кислот в% к абс. сухому беззольному веществу (над чертой – массовая доля, под чертой – атомная доля)

Table 2. The mean elemental composition of humic acids, % from g soil oven-dry basis (Above the vinculum – the mass fractions, below – the atomic fraction)

Элемент	Среднее значение, %	Среднее квадратичное отклонение, σ	Вероятные пределы колебаний, $M \pm \sigma$
C	47.4	0.4	46.8 – 47.5
	33.4	0.8	32.5 – 34.0
N	6.9	0.7	6.6 – 7.8
	4.3	0.4	4.0 – 4.7
H	4.8	0.2	4.7 – 5.0
	40.6	0.9	39.8 – 41.6
O	40.9	0.5	40.4 – 41.3
	21.7	0.5	21.2 – 22.2
H/C	1.2	0.1	1.2 – 1.3
C/H	0.8	0.1	0.8 – 0.9
C/O	1.6	0.1	1.5 – 1.6
O/C	0.6	0.1	0.6 – 0.7
C/N	8.0	0.8	7.1 – 8.4
fc	2.4	0.1	2.3 – 2.4
fo	51.7	1.4	50.1 – 52.9
ωω	+0.08	0.06	+0.02 – +0.13
зола	3.3	0.8	2.7 – 4.2

Для элементного состава гуминовых кислот донных отложений зал. Петра Великого характерно сравнительно невысокое содержание углерода и повышенное содержание кислорода (табл. 2). Следует также указать на более высокое содержание азота в данных гуминовых кислотах. Это считается отличительной особенностью гуминовых кислот аквального происхождения (Бордовский, 1964; Скопинцев, 1985; Заславский, 1993, и др.).

Использование основных коэффициентов и атомных отношений дает возможность определить основной тип построения молекул гуминовых кислот, а также степень их окисления. В нашем случае повышенное отношение Н/С, дает основание думать о преобладании алифатических цепочек в построении молекул гуминовых кислот. По степени окисленности гуминовые кислоты можно отнести к окисленным соединениям, по классификации Д.С. Орлова (1985), и к сильно окисленным, по классификации Е.М. Заславского (1980).

В заключение можно отметить, что своеобразие условий, в которых протекают процессы гумификации (на поверхности и в толще донных осадков) накладывает свой отпечаток на строение образующихся гуминовых кислот. В первую очередь это выражается в цвете этих соединений. Гуминовые кислоты аквального происхождения или слабо окрашены или практически бесцветны. Для них характерны низкие значения величины оптической плотности. Для гуминовых кислот аквального происхождения свойственны и заметные колебания элементного состава. Основными причинами такой полидисперсности и гетерогенности, по-видимому, является неоднородность и сложность химического состава исходных гумусообразователей, а также короткая стадийность самого процесса гумификации. Постоянно варьирующие во времени условия среды (окислительно-восстановительные, степень солености и др.) тоже сдерживают процессы конденсации гуминовых кислот.

Литература

- Аксенов А.А. Некоторые результаты изучения современных фаций прибрежной зоны моря // Литология и полезные ископаемые. 1965. № 2. С. 141–153.
- Бахнов В.К. Почвообразование: взгляд в прошлое и настоящее (биосферные аспекты). Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. 117 с.
- Безруков П.Л., Лисицын А.П. Классификация осадков современных морских водоемов // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. 1960. Т. 32. С. 3–14.
- Богданов В.И., Лисицын А.П., Романкевич Е.А. Органическое вещество взвесей и донных осадков морей и океанов // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. М. : Наука, 1971. С. 35–104.
- Богоров В.Г. Планктон Мирового океана // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. М. : Наука, 1974. С. 157–199.
- Бордовский О.К. Накопление и преобразование органического вещества в морских осадках. М. : Наука, 1964. 127 с.
- Бордовский О.К. Роль климатического фактора в накоплении органического вещества в океанических осадках // Органическое вещество современных и ископаемых осадков. М. : Наука, 1971. С. 104–120.

Василевская Н.А., Голяшин В.Н., Денисенко Н.М., Максимов О.Б. Химическое исследование гуминовых кислот донных осадков западных районов Тихого океана // *Океанология*. 1977. Т. 27. Вып. 3. С. 459–469.

Виноградов М.Б., Сажин А.Ф. Вертикальное распределение основных групп зоопланктона в северной части Японского моря // *Океанология*. 1978. Т. 18. Вып. 2. С. 312–319.

Заславский Е.М. Методические подходы к изучению гуминовых веществ в морских осадках // *Методы исследования органического вещества в океане*. М. : Наука, 1980. С. 176–186.

Заславский Е.М. Гуминовые вещества морских донных отложений // *Органическое вещество донных отложений Волжских водохранилищ* : тр. Ин-та биол. внутр. вод. РАН. СПб. : Гидрометеоздат, 1993. С.57–66.

Кленова М.В. Геология моря. М. : Учпедгиз, 1948. 495 с.

Лисицын А.П. Процессы осадкообразования в Беринговом море. М. : Наука, 1966. 569 с.

Лисицын А.П. Осадкообразование в океанах. М. : Наука, 1974. 467 с.

Лихт Ф.Р., Астахов А.С., Боцул А.И., Деркачев А.Н., Дударев О.В., Марков Ю.Д., Уткин И.В. Структура осадков и фации Японского моря. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1983. 286 с.

Марков Ю.Д., Уткин И.В. О применении географических логнормальных моделей при решении некоторых вопросов седиментогенеза на шельфе в голоценовое и позднелайстоценовое время // *Геологическое строение дна Японского и Филиппинского морей (новые данные)*. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1979. С.86–102.

Марков Ю.Д. Условия осадкообразования в голоценовое и позднелайстоценовое время в заливе Петра Великого (Японское море) : автореф. дис. ...канд. геол.-минер. наук. Владивосток. 1980. 25 с.

Орлов Д.С. Химия почв. М. : Изд-во МГУ, 1985. 376 с.

Пустельников О.С. Органическое вещество во взвеси и его поступление на дно Балтийского моря // *Океанология*. 1975. Т. 15. Вып. 6 . С. 1040–1048.

Романкевич Е.А. Органическое вещество в осадках // *Осадкообразование в Тихом океане*. М. : Наука, 1970. Т. 6. Кн. 1, 2. С. 124–130.

Романкевич Е.А. Биоорганический состав взвеси и донных осадков северо-западной части Тихого океана // *Органическое вещество современных и ископаемых осадков и методы его изучения*. М. : Наука, 1974. С. 33–54.

Скопинцев Б.А. Закономерности разложения (минерализации) органического вещества отмершего планктона // *Вод. ресурсы*. 1976. № 2. С. 150–156.

Скопинцев Б.А. О проблеме водного гумуса // *Почвоведение*. 1985. № 8. С.117–122.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАКРОБЕНТОСА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

В.А. Надточий¹, Ю.А. Галышева²

¹ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
(ТИНРО-центр),

² Дальневосточный федеральный университет

В результате исследований в сублиторали зал. Петра Великого выявлено более 34 таксономических групп макробентоса. В целом по заливу величина общей биомассы изменялась от 4 до 7265 г/м²; среднее значение $362,45 \pm 38,09$ г/м². Наибольшие площади дна заняты поселениями животных с биомассой 100–500 г/м². Величины биомассы, превышающие 1000 г/м², отмечены в восточной части Амурского залива, б. Перевозной, в районе устья р. Барабашевки, между п-овом Ломоносова и о. Рейнеке, в кутовой части Амурского залива в районе мысов Тупой и Угольный, в прибрежных районах западной и восточной частей зал. Восток, в прибрежной восточной части зал. Находка. Максимальная величина общей биомассы составляет 7265,0 г/м² и зафиксирована в кутовой части Уссурийского залива в районе м. Тавайза. Во всех указанных районах преобладают двустворчатые моллюски. Основными таксономическими группами макробентоса в целом по заливу, играющими главную роль в формировании его общей биомассы (86 %), являются двустворчатые моллюски (46,8 %), полихеты (12,2 %) и голотурии (7,1 %), в меньшей степени – усоногие раки (5,3 %), высшие растения (4,3 %), морские звезды (4,0 %), морские ежи (3,5 %) и форониды (3,2 %). Двустворчатые моллюски являются доминантной группой во всех обследованных зонах залива (за исключением юго-западной и центральной частей внешнего шельфа), где их доля в формировании биомассы колебалась от 34 до 74 %. Следует отметить, что *Crenomytilus grayanus*, *Modiolus kurilensis*, *Arca boucardi*, *Crassostrea gigas*, *Anadara broughtoni* преобладали в зоне закрытых акваторий заливов, в остальных зонах доминировали *Serripes groenlandicus*, *Macoma scarlatoi* и *Callithaca adamsi*.

В целом, в обследованных зонах акваторий заливов выявляются различия в структуре общей биомассы. Выявленное количественное обилие и качественный состав макробентоса свидетельствует о достаточной величине его ресурса в зал. Петра Великого и удовлетворительном состоянии.

Сравнительный анализ наших данных с данными предыдущих авторов показал, что доминирующие виды имеют те же количественные характеристики или даже выше. Значение средней биомассы макробентоса примерно в два с половиной раза больше, чем было определено 1920–30-е гг. и 1980-е гг. Распределение биомассы основных видов-доминантов также не претерпело существенных изменений. В целом, несмотря на некоторый «разброс» данных о средней биомассе бентоса и обилии доминирующих групп с 1930-х годов по настоящее время, на наш взгляд, существенных перестроек в структуре макробентоса Амурского залива не произошло.

Ключевые слова: зал. Петра Великого, макробентос, таксономия

MODERN STATE OF MACROBENTHOS OF PETER THE GREAT BAY

V.A. Nadtochy¹, Yu.A. Galysheva²

¹*Pacific Research Fisheries Center (TINRO–center),*

²*Far Eastern Federal University*

In the subtidal zone of Peter the Great Bay showed more than 34 taxonomic groups of macrobenthos. In general, the total biomass varied from 4 to 7265 g/m²; mean 362,45 ± 38,09 g/m². The highest occupied floor area of biomass 100–500 g/m². The values of biomass, exceeding 1000 g/m², reported in the eastern part of the Amur Bay, Perevoznaya Bight, near the estuary of Barabashevka River, in the inner part of the Amur Bay, in the coastal areas of western and eastern parts of the Vostok Bay, in the coastal eastern part of the Nakhodka Bay. The maximum value of the total biomass of 7265.0 g/m² is fixed in the inner part of the Ussury Bay in the vicinity of Tavayza camp. In all these areas bivalves dominated: *Crenomytilus grayanus*, *Modiolus kurilensis*, *Arca boucardi*, *Crassostrea gigas*, *Anadara broughtoni*. The major taxonomic groups of macrobenthos in the whole bay, playing a major role in the formation of its total biomass (86 %) are bivalve molluscs, polychaetes and holothurians, to a lesser extent – barnacles, and higher plants, sea stars, sea urchins and phoronid. In the studied areas enclosed the bays where are revealed differences in the structure of the total biomass: the inner part of the Amur and the Ussury bays are the main bivalve molluscs, phoronid, sea anemones, barnacles, polychaete worms and sea grass; in the Nakhodka and the Vostok Bays – clams, sea grass, sea stars, sea urchins, algae, and polychaetes. In contrast to the inner part of the Amur and the Ussury Bays, in the Nakhodka and the Vostok Bays bivalves have much smaller contribution to total biomass, algae, sea grasses, sea stars and sea urchins, however, have much larger share. In the open water areas of the inner shelf at depths of 20–50 m the basis of the total biomass is formed mainly by bivalves, polychaete worms and brittle stars. Secondary importance group is the barnacles and sea cucumbers. Macrophytobenthos on data from the depths of practically does not occur. In the outer continental shelf the basis of the total biomass form bivalves, polychaetes, amphipods, echiurids, sipunculans, sea cucumbers and sponges. The observed abundance of macrobenthic quantitative evidence of a sufficient magnitude of its stock in Peter the Great Bay.

Keywords: Peter the Great Bay, macrobenthos, taxonomy.

Прибрежная территория Приморского края (с учетом изрезанности берегов) составляет около 1200 км, с населением порядка 1,5 млн человек. В южной части Приморский край открывается в самый крупный из заливов Японского моря – зал. Петра Великого – акваторию с живописным побережьем, богатым видовым разнообразием разных групп морских организмов и, одновременно, район с чрезвычайно высоким уровнем антропогенного воздействия.

Впервые количественные исследования бентоса зал. Петра Великого были проведены в 1925–1933 гг. под руководством К.М. Дерюгина (Дерюгин, 1928, 1939; Дерюгин, Сомова, 1941). В результате были даны описание и количественные характеристики основных донных сообществ залива. После этого изучался только небольшой участок в восточной части (Гордеева, 1949). Плановые исследования бентоса не проводились вплоть до организации Япономорской экспедиции в 1957 г. (Кобякова, 1962). В ходе этой экспедиции было отмечено усиливающееся заиливание в

прибрежной зоне до глубины 50 м ряда бухт и заливов, особенно таких как заливы Посьета, Амурский, Уссурийский и бухт Экспедиции, Новгородская, Песчаная, что, по мнению З.И. Кобяковой (1962), не могло не отразиться на составе донной фауны. В то же время анализ материалов из открытых районов зал. Петра Великого до глубины 150–200 м показал, что общий характер донных группировок не претерпел существенных изменений (Кобякова, 1962).

После долгого перерыва в 1970–1972 гг. силами ТИНРО было возобновлено изучение донной фауны всего залива. В результате проведения нескольких дночерпательных и дражных съемок исследованы качественный состав и закономерности количественного распределения бентоса, а также изменения в его составе и структуре, произошедшие за 40-летний период со времени работ под руководством К.М. Дерюгина (Климова, 1971, 1974, 1976, 1980, 1981). Причиной выявленных изменений В.Л. Климова считала усиление процесса заиления отдельных акваторий залива в результате промысла донными тралами.

Несмотря на довольно долгую историю изучения фауны зал. Петра Великого, основная часть работ проводилась или на сравнительно небольших акваториях в пределах залива, или же была посвящена исследованию отдельных таксономических групп животных, обитающих в нем (Закс, 1927, 1930; Базикалова, 1930, 1934, 1950; Разин, 1934; Марковская, 1951, 1952; Шапова и др., 1957; Василенко, 1967; Голиков, Скарлато, 1967; Скарлато и др., 1967; Цветкова, 1967, 1974, 1976, 1977 и др.; Микулич, Бирюлина, 1970; Павлючков, 1975; Погребов, Кашенко, 1976; Кобликов, 1977; Микулич, Нейман, 1977; Тарасов, 1978; Волова и др., 1979; 1980; Кудряшов, 1980; Иванов, 1984; Будникова, Павлючков, 1984; Будникова, Ленская, 1984; Волова, 1985; Голиков и др. 1986; Василенко, Царева, 1990; Озолиныш, Климова, 1994; Асочаков, 1998; Будникова, 2001, и др.).

Развитие хозяйственной деятельности человека на побережье и акватории залива в течение последних 20–30 лет вызвало резкое ухудшение экологической ситуации в целом ряде его районов (Ткалин и др. 1990; Багавеева, 1992; Белан, 1992, 1998, 2001; Христофорова и др., 1994, 2001; Наумов, Найденко, 1997; Огородникова и др., 1997а,б; Гаврилевский и др. 1998; Габаев и др., 1998; Олейник, 1998; Ткалин, 1998, 2001; Недоросткова, Христофорова, 1999; Ващенко, 2000; Дробязин, 2002а; Белан и др. 2003; Belan, 2003; Петренко, 2003; Олейник и др., 2004).

Воздействие со стороны человека на прибрежную зону моря очевидно, но какие последствия оно имеет, каково современное состояние природы залива и что происходит с населяющими его животными и растениями? В научной печати и средствах массовой информации активно пропагандируется мнение о негативных последствиях освоения человеком прибрежной зоны моря, хотя зачастую публикации не имеют достаточно обоснованных подтверждений для этого.

В данной статье авторы поставили перед собой цель оценить современное состояние донного населения зал. Петра Великого, основываясь на фактическом материале, собранном в ходе экспедиционных работ последнего десятилетия, и провести объективное сравнение с данными 1970-х гг. Представляемый материал касается исследования показателей разнообразия и обилия наиболее значимой в плане использования размерной группы – макробентоса; приводятся оценки распределения таксономических групп и общего обилия макробентоса в разных районах зал. Петра Великого.

Строительство объектов саммита АТЭС усиливает необходимость проведения современной оценки.

Материал и методика

В основу статьи положены результаты крупномасштабной съемки макробентоса зал. Петра Великого, выполненной сотрудниками ТИНРО–центра летом 2003 г. на НИС «Янтарь». В интервале глубин 7–280 м было выполнено 235 станций и получено 450 количественных (дночерпатель «Океан–50», 0,25 м²) и 180 качественных (трал «Сигсби») проб (рис. 1). Продолжительность траления составляла 10 мин., при скорости 2 узла. Для более достоверного сравнения наших материалов с данными В.Л. Климовой (1971) в сетку станций 2003 г. были включены станции, выполненные в 70-х годах.

В июне–августе 2007 г. специалистами ТИНРО–центра на МРБ «Пионер» также был собран материал по макробентосу кутовой части Амурского залива (ограниченной с юга линией, соединяющей мысы Песчаный и Фирсова). В интервале глубин 2–18 м дночерпателем «Океан–50» (0,25 м²) выполнено 27 станций и отобрано 54 количественные пробы (рис. 2А).

В июне–августе 2010 г. на МРБ «Пионер» собран материал по макробентосу кутовой части Уссурийского залива (ограниченной с юга линией, соединяющей мысы Красный и Маньчжур). В интервале глубин 3–20 м дночерпателем «Ван-Вина» (0,1 м²) выполнено 27 станций и получена 81 количественная проба (рис. 2Б).

Исследования макробентоса проводились по стандартной методике (Нейман, 1983). Как правило, на каждой станции брали две (три) полноценные пробы дночерпателем и одну тралом. Грунт промывали через систему сит с ячейею нижнего 1 мм. На судне животные фиксировались 4 % раствором формалина, дальнейшая обработка материала проходила в лабораторных условиях. Животные из проб разбирались по таксономическим группам, затем производилось их взвешивание и подсчет количества экземпляров. Для каждой станции делался пересчет биомассы и численности особей на 1 м² поверхности дна.

Видовой состав основных таксономических групп определяли: иглокожих – Н.В. Круглик, двусторчатых моллюсков – к.б.н. В.А. Надточий, полихет – А.С. Долганова, кумовых – к.б.н. Л.Л. Будникова (сотрудники ТИНРО–центра), усоногих раков – д.б.н. А.Ю. Звягинцев (ИБМ ДВО РАН).

Сотрудниками ДВФУ материал был собран в зал. Восток (октябрь 2000 г., май, июль, октябрь 2001–2005 гг., июль 2007 г., 14 съемок) и в зал. Находка (май, июль, октябрь 2003–2004 гг., июль 2005 г., 7 съемок). Обследован диапазон глубин 1,5–20 м. Пробы отбирали с моторного катера типа «Прогресс» и Научно-исследовательского судна «Профессор Насонов». Координатную привязку осуществляли при помощи спутниковой системы GPS (Garmin 312). Всего выполнено 32 станции в заливе Восток и 22 – в заливе Находка (рис. 2В,Г).

На твердых грунтах макробентос собирали при помощи легководолазов с учетных площадок в 1 м² с использованием гидробиологической рамки. Рамка закидывалась случайным образом, пробы отбирались в питомзы с размером ячеей не более 5 мм. Собирали подвижный эпибентос, срезали закрепленные на субстрате мак-

рофиты (с ризоидами) и друзы двустворчатых моллюсков вместе с их обрастателями и обитателями, актиний, асцидий и скопления «трубчатых» полихет, также производили сбор доступных для изъятия камней с обрастателями. На мягких грунтах (в случае работы с НИС «Профессор Насонов») забрасывали механический дночерпатель «Ван-Вина» (площадь захвата 0,25 м²). Проба считалась валидной при полном дночерпателе.

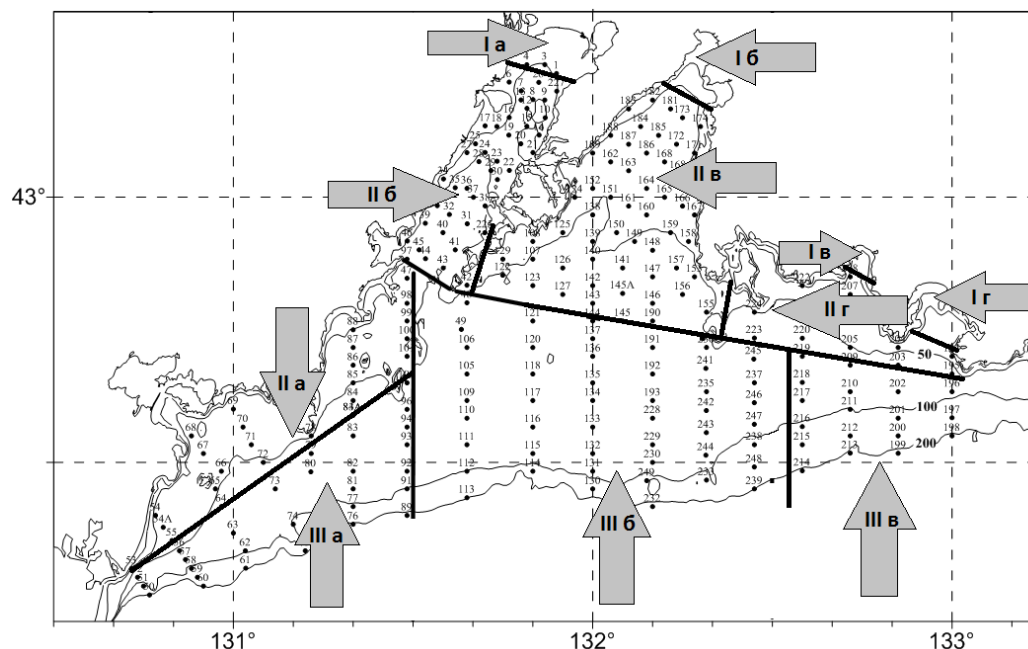


Рис. 1. Общая схема расположения станций и районов работ: I – зона закрытых акваторий заливов, до 20 м (Ia – кутовая часть Амурского залива, Ib – кутовая часть Уссурийского залива, Iv – зал. Восток, Ig – зал. Находка); II – зона открытых акваторий внутреннего шельфа, 20–50 м (IIa – открытая часть заливов Посыета и Славянский, IIб – открытая часть Амурского залива, IIв – открытая часть Уссурийского залива, IIг – восточная часть напротив заливов Стрелок, Восток и Находка); III – зона внешнего шельфа, 50–200 м (IIIa – юго-западная часть, IIIб – центральная часть, IIIв – восточная часть)

Fig. 1. General scheme-map of samples stations location: I – zone of closed water areas of bays to 20 m (Ia – the inner part of the Amur Bay, Ib – the inner part of the Ussury Bay, Iv – the Vostok Bay, Ig – the Nahodka Bay); II – area of open water areas of the inner shelf, 20–50 m (IIa – open part of the Posiet bay and the Slavic Bay, IIb – the open part of the Amur Bay, IIv – an open part of the Ussuri Bay, IIg – Eastern front shooter the Vostok and the Nakhodka bays); III – zone of the outer shelf, 50–200 m (IIIa – south-west, IIIb – the central part, IIIv – Eastern part)

В случае работы с моторного катера водолазом с 1м² сначала собирался подвижный эпибентос, затем велся отбор инфавны при помощи ручного водолазного зубчатого дночерпателя (площадь захвата 0,025 м²). Каждым орудием сбора на станции отбирали три количественные пробы. Всего в сублиторали отобрано и обрабо-

тано 1344 проб макробентоса в зал. Восток и 462 – в зал. Находка. Первичную обработку проб проводили в день отбора на Морской биологической станции (МБС) «Восток» Института биологии моря ДВО РАН. Пробы промывали через систему сит с наименьшей ячейей 0,5 мм, разбирали по группам и видам, определяли прижизненную сырую массу растений и животных и количество животных в пробе.

Использование основных коэффициентов и атомных отношений дают возможность определить основной тип построения молекул гуминовых кислот, а также степень их окисления. В нашем случае повышенное отношение Н/С, дает основание предположить о преобладании алифатических цепочек в построении молекул гуминовых кислот. По степени окисленности гуминовые кислоты можно отнести к окисленным соединениям по классификации Д.С.Орлова (1985), и к сильно окисленным, по классификации Е.М. Заславского (1980).

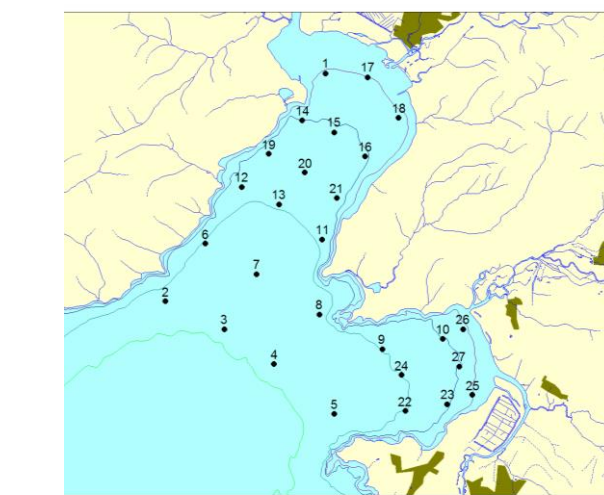
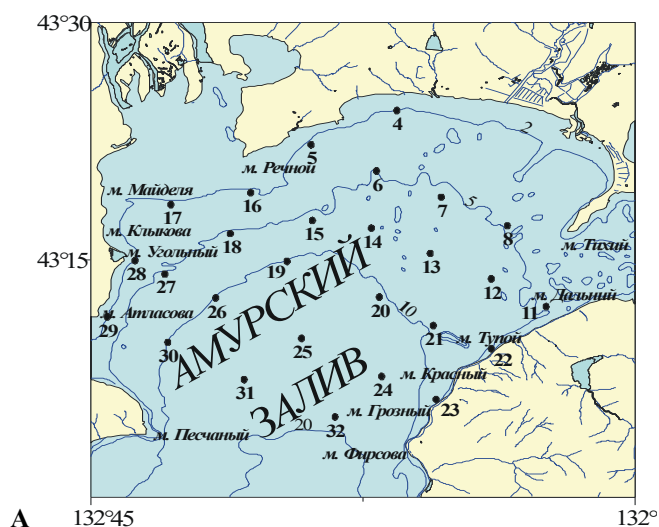




Рис. 2. Схема расположения станций в зоне I: А (кутовая часть Амурского залива – район Ia),
Б (кутовая часть Уссурийского залива – район Ib), В (зал. Восток – район Iv),
Г (зал. Находка – район Ig)

Fig. 2. Arrangement of stations in the zone I: A (the inner part of the Amur Bay – region Ia),
B (the inner part of the Ussuri Bay – region Ib), V (the Vostok Bay – region Iv),
G (the Nahodka Bay – region Ig)

Точность взвешивания: $\pm 0,01$ г. Данные пересчитывали на 1 м^2 . Идентификация основных таксонов макрозообентоса в заливах Восток и Находка проведена к.б.н., доцентом ДВФУ Ю.А. Галышевой. Губки, гидроидные полипы, сипункулиды,

немертины, форониды и мшанки не идентифицированы и учтены на уровне групп. Многощетинковые черви определены к.б.н., н.с. ИБМ ДВО РАН М.И. Некрасовой и к.б.н., ст.н.с. ДВНИГМИ Т.А. Белан, амфиподы – к.б.н., ст.н.с. ТИНРО-центра Л.Л. Будниковой, макрофиты – к.б.н., ст.н.с. ТИГ ДВО РАН С.И. Коженковой.

Для описания экотопических условий использовали данные по глубине, характеристике грунтов и условиям гидродинамики.

Математическая и статистическая обработка данных проведена с использованием программ Excel и Statistica, построение карт – в программе Surfer.

Обобщение материала и интерпретация данных проведены по 11 районам трех выделенных зон (рис. 1), отличающихся глубиной, соотношением твердых и мягких грунтов, содержанием органического вещества в донных отложениях и параметрами гидродинамики (табл. 1).

Таблица 1. Условия обитания бентоса в выделенных зонах залива Петра Великого

Table 1. Benthic habitat in selected areas of Peter the Great Bay

Название зоны	Глубина, м	Тип грунта	Содержание ОВ (С _{орг} , %)	Условия гидродинамики
I. Зона закрытых акваторий заливов	до 20	Па, Ап, Пм, Пс, Пк, ГрГа, В, Г, С, Р	0,43–4,0	Прибой I, II, III, степени, локальные круговороты
II. Зона открытых акваторий внутреннего шельфа	20–50	Па, Ап, Пм, Пс, Пк, ГрГа	0,51–2,05	Зона влияния локальных круговоротов
III. Зона внешнего шельфа	50–200	Па, Ап, Пм, Пс, Пк	0,35–0,95	Зона влияния Приморского течения

Примечание: Па – пелит алевроитовый, Ап – алевроит пелитовый, Пм – псаммит мелкий, Пс – псаммит средний, Пк – псаммит крупный, ГрГа – гравий-галька, В – валуны, Г – глыбы, С – скала, Р – ракушечник.

Результаты и обсуждение

Залив Петра Великого в целом

В пределах обследованной акватории зал. Петра Великого величина общей биомассы макробентоса изменялась от 4 до 7265 г/м². Средняя общая биомасса для всего района составила $362,45 \pm 38,09$ г/м². Наибольшие площади дна были заняты поселениями животных с биомассой 100 – 500 г/м² (рис. 3). Величины биомассы, превышающие 1000 г/м², отмечены в нескольких районах. Так, в восточной части Амурского залива (ст. 226) на глубине 19 м на илистом песке с запахом сероводорода, зарегистрирована величина биомассы, равная 3154,4 г/м². Ее основу создавали

усоногие раки *Balanus rostratus* (1696,0 г/м²) и двустворчатые моллюски: *Mya priapus* (497,0 г/м²), *Mytilus trossulus* (281,0 г/м²), *Modiolus kurilensis* (184,0 г/м²), *Callithaca adamsi* (75,0 г/м²). Кроме них было зарегистрировано довольно много асцидий (150,4 г/м²), полихет (113,6 г/м²) и голотурий (31,8 г/м²). Несколько южнее (ст. 22) на глубине 12 м на ракуше биомасса немногим более 1000 г/м² создавалась, в основном, двустворчатыми моллюсками (985,1 г/м²), среди которых доминировали *M. kurilensis* (864,1 г/м²) и *Panomya arctica* (83,0 г/м²). Биомасса макробентоса, равная 2461,95 г/м², была зафиксирована в б. Перевозной (ст. 34), где на глубине 11 м и глинисто-илистом грунте доминировали усоногие раки *B. rostratus* (1184,0 г/м², 36 экз./м²) и двустворчатые моллюски *C. adamsi* (996,0 г/м², 16 экз./м²). Биомасса субдоминантной группы – полихет – была на порядок ниже (130,9 г/м²). Значительная биомасса (1341,02 г/м²) отмечена и в районе устья р. Барабашевки (ст. 25) на глубине 9 м на ракушечном грунте с примесью обломков баянусов. Здесь доминировали усоногие раки *B. rostratus* (884,0 г/м²) и форониды (406,0 г/м²). Весьма существенная величина биомассы (1042,7; 1165,4; 1366 г/м²) зафиксирована на разрезе между п-овом Ломоносова и о. Рейнеке (ст. 31, 32, 225). На первых двух станциях на глубине 32–33 м и глинисто-илистом грунте основу биомассы создавали двустворчатые моллюски *Macoma scarlatoi* (соответственно 985,2 и 1074,3 г/м²), на третьей, на глубине 21 м и илисто-песчаном с запахом сероводорода грунте – многощетинковые черви: *Dipolydora cardalia* (716,0 г/м²) и *Maldane sarsi* (536,0 г/м²). Другие группы животных значительно уступали им по этому показателю.

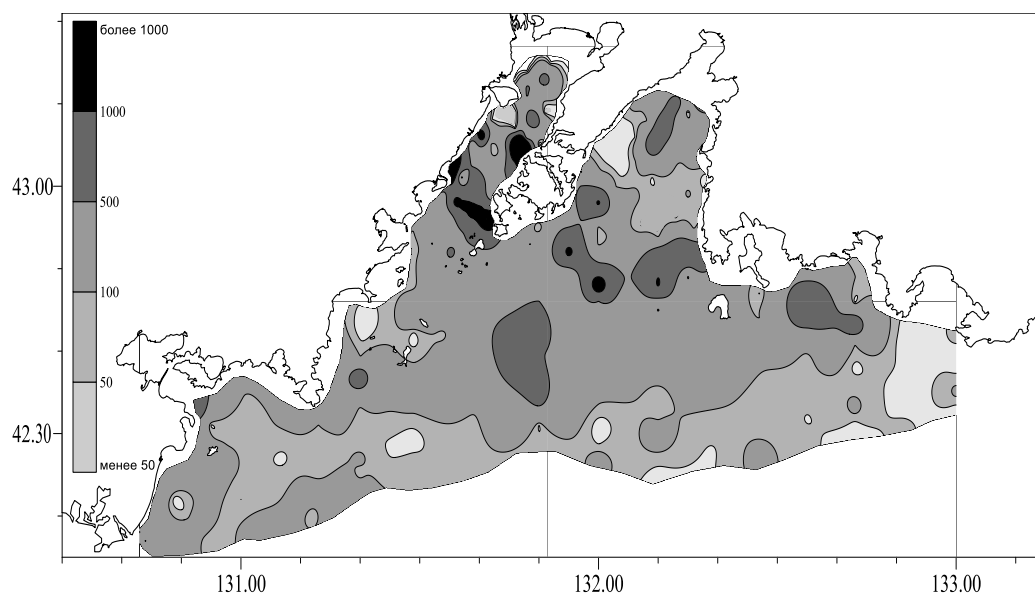


Рис. 3. Распределение общей биомассы макробентоса (г/м²) в заливе Петра Великого

Fig. 3. Distribution of the total biomass macrobenthos (g/m²) in Peter the Great Bay

В кутовой части Амурского залива в районе м. Тупого (ст. 22) на глубине 5,5 м на илистом грунте была зарегистрирована биомасса 5545,7 г/м² (рис. 2, 4А). Ее основу (96 %) создавали двустворчатые моллюски: *Arca boucardi* (2605,6 г/м², 312 экз./м²), *Modiolus kurilensis* (1520,7 г/м², 90 экз./м²), *Crenomytilus grayanus* (1038,7 г/м², 96 экз./м²), *Callithaca adamsi* (86,3 г/м², 2 экз./м²). Кроме них было зарегистрировано довольно много усовоногих раков *Balanus rostratus* (75,1 г/м²), морских звезд *Asterina pectinifera* (43,5 г/м²) и полихет (64,7 г/м²). Второй участок с повышенной биомассой располагался в западной части у м. Угольного (ст. 28).

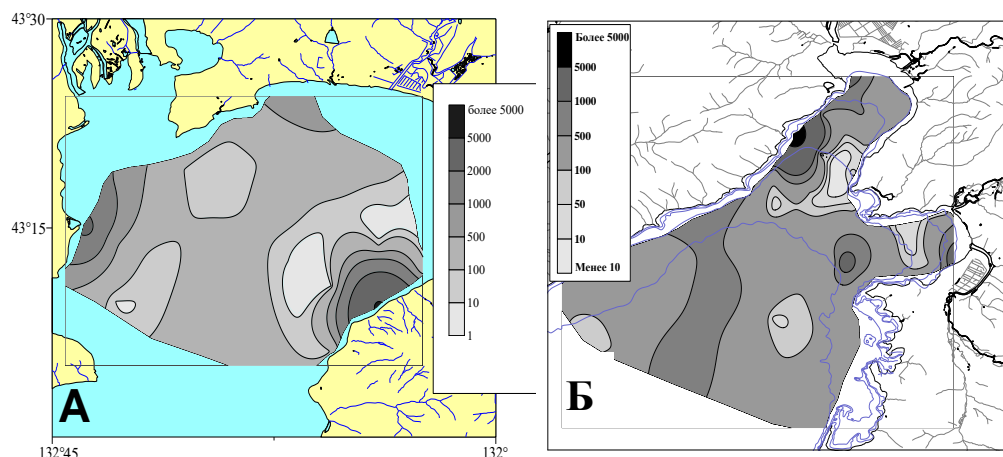


Рис. 4. Распределение общей биомассы макробентоса (г/м²) в кутовой части Амурского (А) и Уссурийского (Б) заливов

Fig. 4. Distribution of the total macrobenthos biomass (g/m²) in the inner part of the Amur Bay (А) and the Ussuri Bay (Б)

На глубине 3 м и илистом грунте биомасса более 2000 г/м² создавалась, в основном, двустворчатыми моллюсками (54 % биомассы бентоса), среди которых доминировал *Arca boucardi* (627,9 г/м², 832 экз./м²). Весьма многочисленны были усвоногие раки (681,8 г/м², 48 экз./м²) и форониды (220,0 г/м²).

Максимальная величина общей биомассы макробентоса – 7265,0 г/м² зафиксирована в кутовой части Уссурийского залива в районе м. Тавайза на глубине 9 м на илистом грунте с примесью гравия и гальки (рис. 2, 4Б). Ее основу (93 %) создавали двустворчатые моллюски: *Crenomytilus grayanus* (4943,8 г/м², 104 экз./м²), *Modiolus kurilensis* (1792,1 г/м², 32 экз./м²), *Arca boucardi* (31,6 г/м², 4 экз./м²). Кроме них здесь зарегистрировано довольно много усвоногих раков *Balanus rostratus* (279,3 г/м², 34 экз./м²), морских звезд *Asterias amurensis* (121,8 г/м²) и полихет (20,1 г/м²). Второй участок с повышенной биомассой располагался несколько севернее, у м. Геллера. На глубине 3,5 м и илистом грунте биомасса 1243,4 г/м² создавалась, в основном, двустворчатыми моллюсками (78 % биомассы бентоса), среди которых доминировал *Anadara broughtoni* (469,0 г/м², 6,7 экз./м²) и *Callithaca adamsi* (235,9 г/м², 6,7 экз./м²). Весьма значительную биомассу создавали ротоногие раки *Oratosquilla oratoria* (231,0 г/м², 3,3 экз./м²) и полихеты (15,4 г/м²). Третий участок с повышенной биомассой

располагался в юго-восточной части б. Суходол. На глубине 4 м и песчано-илистом с примесью гальки и ракуши грунте биомасса 1574,3 г/м² создавалась также, в основном, двустворчатыми моллюсками (55 % биомассы бентоса), среди которых доминировал *Modiolus kurilensis* (741,9 г/м², 20 экз./м²) и *Callithaca adamsi* (86,3 г/м², 30 экз./м²). Весьма значительную биомассу образовывали ротоногие раки *Oratosquilla oratoria* (231,0 г/м², 3,3 экз./м²) и полихеты (15,4 г/м²). Двустворчатые моллюски создавали основу (54 %) повышенной биомассы в 1571,2 г/м² и на четвертом участке на глубине 21 м и илистом грунте с примесью ракуши, расположенном на выходе из б. Суходол. Среди них доминировали *Callithaca adamsi* (741,0 г/м², 16 экз./м²) и *Macoma scarlatoi* (107,0 г/м², 4 экз./м²). Весьма значительную биомассу здесь формировали форониды (552,2 г/м²) и сердцевидный морской еж (114,4 г/м², 20 экз./м²).

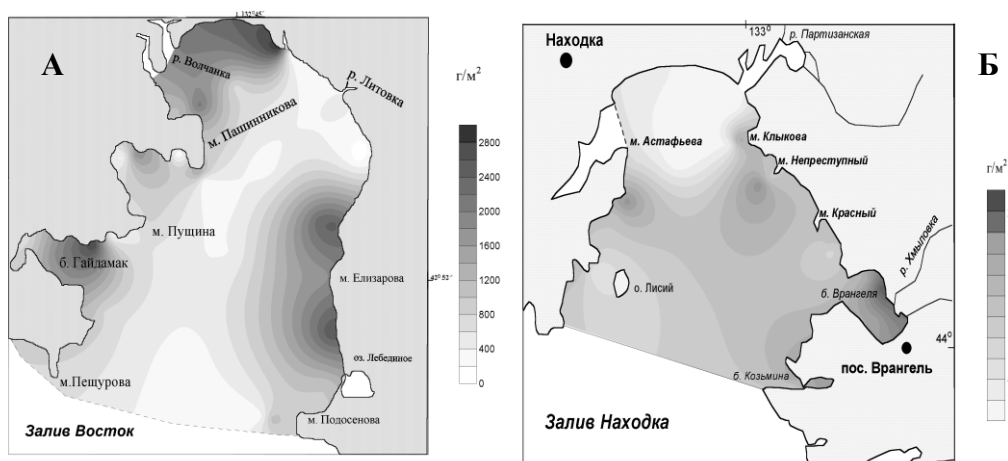


Рис. 5. Распределение общей биомассы макробентоса (г/м²) в заливах Восток (А) и Находка (Б)

Fig. 5. Distribution of the total macrobenthos biomass (g/m²) in the Vostok Bay (A) and the Nakhodka Bay (Б)

На выходе из кутовой части (ст. 175) биомасса в 1571,2 г/м² зарегистрирована на глубине 21 м на смешанном грунте, состоящем из гравия, ракуши и черного ила. Здесь превалировали двустворчатые моллюски, в основном *C. adamsi* (741,0 г/м²), *M. scarlatoi* (107,0 г/м²), а также форониды (552,2 г/м²). Кроме них в этом районе отмечено значительное количество сердцевидных морских ежей *Echinocardium cordatum* (114,4 г/м²; 20 экз./м²). Практически такое же значение биомассы (1396,3 г/м²) определено на выходе из Уссурийского залива в районе 42°48' с. ш. на глубине 74 м и илисто-глинистом грунте (ст. 143). Здесь существенно преобладали эхиуриды, представленные *Echiurus echiurus* (1289,8 г/м²), биомасса других групп животных была меньше на два порядка и более. Так, биомасса полихет составила 63,7 г/м², асцидий – 30,8 г/м², двустворчатых моллюсков едва превышала 10 г/м². Немного восточнее (ст. 146), на глубине 73 м и таком же типе грунта, основу биомассы 1034,9 г/м² образовывали голотурии *Pentamera calcigera* (884,0 г/м²). Биомасса других жи-

вотных была значительно ниже: полихет – 43,4 г/м², двустворчатых моллюсков – 11,1 г/м² и т. д. Еще один участок с величиной биомассы более 1000 г/м² зафиксирован несколько севернее двух последних поселений (ст. 126), и ближе к берегу (глубина 66 м). Здесь на аналогичном типе грунта доминировали эхиуриды *E. echiurus* (958,0 г/м²) и двустворчатые моллюски (106,2 г/м²).

В зал. Восток максимальная величина общей биомассы макробентоса, равная 2127 г/м², отмечена в вершине в бухточке Тихая заводь (ст. 14, 8 м, ил), где преобладала тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas* (рис. 2, 5А). Высокое значение биомассы в зоне поселения этого же моллюска отмечено и на соседней станции № 15 (6 м, ил) – 1200,7 г/м². В приустьевой зоне р. Волчанки (ст. 16, 2 м, заиленный песок) отмечена биомасса 2002,9 г/м², здесь доминировала морская трава *Zostera marina*. Величинами более 1000 г/м² характеризуются некоторые районы восточного побережья выходной части зал. Восток (ст. 27 – напротив протоки из оз. Лебединого, 5 м, смешанный гравийно-галечный грунт с валунами и намывами песка и ст. 31 – напротив м. Подосенова, 8 м, валуны). Ст. 27 (1072,9 г/м²) характеризуется преобладанием крупных морских звезд – *Asterias amurensis*, *Distolasterias nipon*, *Asterina pectinifera* и морской травы *Phyllospadix iwatensis*, на ст. 31 (1111,9 г/м²) отмечены скопления мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*). В центральной части б. Гайдамак (ст. 4, 12 м, ил) биомасса составляет 1840 г/м² и сформирована, главным образом двустворчатым моллюском *Modiulus kurilensis*.

В зал. Находка наибольшая биомасса бентоса в целом (1961 г/м²) выявлена в районе м. Непроступного (ст. 14, 10 м, валуны) (рис. 2, 5Б). Доминантом является мидия Грея, второстепенное значение имеют бурые водоросли *Costaria costata*, *Desmarestia viridis* и *Saccharina japonica*. Значения более 1000 г/м² выявлены в бухтах Врангеля (ст. 20, 5 м, валуны, намывы песка, 1855,2 г/м²) и Козьмина (ст. 22, 2 м, ил, 1598,3 г/м²). Доминирующие виды: на ст. 20 – *C. grayanus*, на ст. 22 – *Z. marina*. Интересен состав макробентоса в б. Мусатова на юго-западе залива (ст. 1, гл. 4 м, смешанный песчано-галечный заиленный грунт). В этой закрытой бухте преобладают брюхоногие моллюски родов *Buccinum* и *Nucella*, а также бурые водоросли *Sargassum myiabei*, *Cystoseira crassipes* и *D. viridis*. Общая биомасса макробентоса составляет 1311,6 г/м². На всей остальной обследованной акватории залива общая биомасса бентоса не превышала 1000 г/м².

Минимальная величина биомассы (4,4 г/м²) сформированная, в основном, мелкими полихетами, офиурами и кумовыми раками *Diastylopsis dawsoni forma calmani*, отмечена в кутовой части Амурского залива на илистом грунте на глубине 19 м.

Основными таксономическими группами макробентоса в целом по заливу, играющими главную роль в формировании его общей биомассы, являются двустворчатые моллюски, полихеты и голотурии, а также в меньшей степени – усонogie раки, высшие растения, морские звезды, морские ежи и форониды. В общей сложности они формируют более 86 % средней общей биомассы (табл. 2).

Кратко остановимся на основных количественных характеристиках трех преобладающих групп макробентоса, их распределении и доминирующих видах.

Таблица 2. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в зал. Петра Великого

Table 2. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in Peter the Great Bay

Таксон	г/м ²	%	min	max
Foraminifera	2,49 ± 0,92	0,69	0,10	194,0
Spongia	2,28 ± 1,79	0,63	0,13	542,0
Hydroidea	0,05 ± 0,03	0,01	0,01	10,00
Anthozoa	0,21 ± 0,13	0,06	1,10	36,18
Actiniaria	4,64 ± 1,74	1,28	0,03	387,86
Nemertea	1,64 ± 0,27	0,45	0,01	50,00
Priapulida	1,22 ± 1,00	0,34	0,16	306,00
Polychaeta	44,04 ± 5,11	12,15	0,03	1267,08
Sipuncula	0,79 ± 0,33	0,22	0,02	92,50
Echiura	2,34 ± 0,93	0,65	0,16	180,18
Cirripedia	19,04 ± 8,0	5,25	0,02	1696,00
Ostracoda	0,002 ± 0,001	0,001	0,01	0,11
Cumacea	0,39 ± 0,20	0,11	0,002	60,00
Stomatopoda	0,80 ± 0,76	0,22	0,36	231,00
Isopoda	0,11 ± 0,09	0,03	0,009	26,25
Amphipoda	3,68 ± 0,7	1,01	0,001	94,08
Decapoda	1,87 ± 0,32	0,52	0,002	48,90
Panhopoda	0,0004 ± 0,0003	0,0001	0,008	0,10
Gastropoda	4,61 ± 1,67	1,27	0,04	453,32
Loricata	0,03 ± 0,01	0,01	0,01	3,83
Solenogastres	0,02 ± 0,01	0,01	0,012	2,50
Bivalvia	169,69 ± 31,95	46,82	0,01	6788,32
Scaphopoda	0,002 ± 0,001	+	0,012	0,184
Brachiopoda	0,001 ± 0,001	0,0002	0,084	0,136
Bryozoa	0,01 ± 0,006	0,003	0,01	1,15
Foronidea	11,62 ± 3,45	3,21	0,03	514,88
Echinoidea	12,82 ± 3,13	3,54	0,67	554,67
Asteroidea	14,50 ± 2,98	4,00	0,006	385,20
Ophiuroidea	7,98 ± 1,25	2,20	0,002	229,60
Holothuroidea	25,84 ± 5,93	7,13	0,054	884,00
Crinoidea	0,009 ± 0,009	0,002	0,0	2,70
Magnoliophyta	15,48 ± 5,97	4,27	1,0	1346,68
Algae	8,61 ± 2,7	2,38	0,006	625,12
Ascidia	5,42 ± 1,59	1,49	0,17	370,26
Varia	0,82 ± 0,28	0,23	0,008	57,42
Итого:	362,45 ± 38,09	100,00	4,42	7265,04

Двустворчатые моллюски – ведущая группа беспозвоночных залива. Величина их биомассы изменялась в широких пределах – от 0,01 до 6788,32 г/м² при средней 169,69 ± 31,95 г/м² (46,8 % средней общей биомассы бентоса). Встречаясь

практически на всей обследованной акватории, повышенные концентрации со значениями биомассы свыше 1000 г/м² двустворчатые моллюски образовывали на нескольких участках (рис. 6).

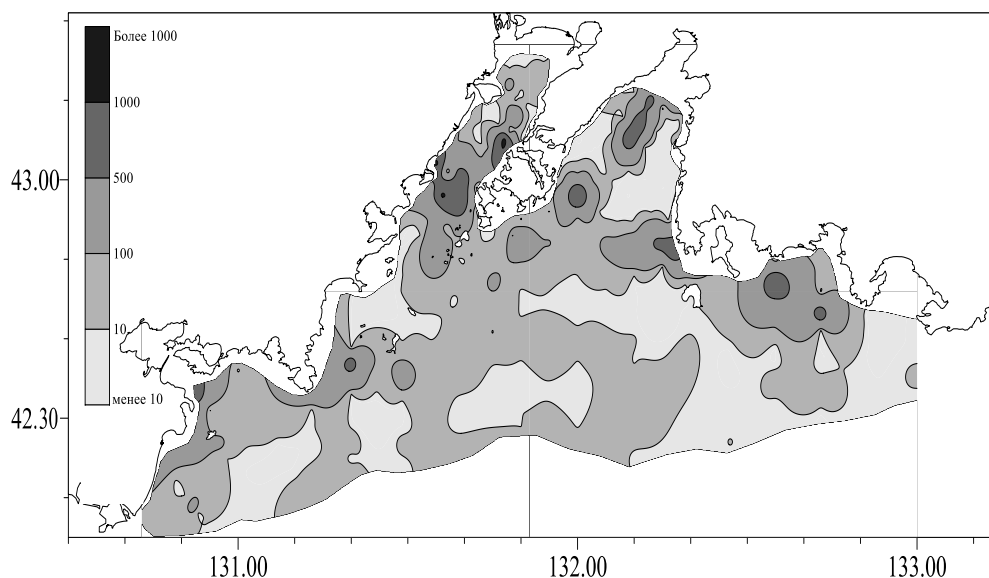


Рис. 6. Распределение биомассы (г/м²) двустворчатых моллюсков в зал. Петра Великого

Fig. 6. Distribution of bivalves biomass (g/m²) in Peter the Great Bay

Так, величина биомассы *Bivalvia*, равная 1121,2 г/м², зафиксирована в восточной части Амурского залива (ст. 226) на глубине 19 м на илистом песке, с запахом сероводорода. Как было показано выше, ее формировали *M. priapus* (497,0 г/м²), *M. trossulus* (281,0 г/м²), *M. kurilensis* (184,0 г/м²), *C. adamsi* (75,0 г/м²). К северо-западу от этого участка на глубине 32 м и илистом грунте (ст. 32) биомассу в 1074,0 г/м² формировал *M. scarlatoi*, создавая скопления до 30 экз./м². В прибрежной зоне на глубине 11 м и илистом грунте (ст. 34) основу биомассы (95%) в 1093 г/м² создавал *C. adamsi* при плотности поселения 20 экз./м².

В кутовой части Амурского залива (рис. 7А) у м. Угольного (ст. 28) на илистом грунте на глубине 3 м основу биомассы в 1242,3 г/м² формировали *Arca boucardii* (627,9 г/м², 832 экз./м²) и *Anadara broughtoni* (271,7 г/м², 4 экз./м²). Напротив этого участка, у м. Тупого (ст. 22) на глубине 5,5 м и черном илу была отмечена самая высокая биомасса в Амурском заливе – 5326,97 г/м². Ее формировали *A. boucardii* (2605,6 г/м², 312 экз./м²), *M. kurilensis* (1520,7 г/м², 90 экз./м²), *Crenomytilus grayanus* (1038,7 г/м², 96 экз./м²), *C. adamsi* (86,3 г/м², 2 экз./м²), *Ennucula tenuis* (39,0 г/м², 12 экз./м²).

В кутовой части Уссурийского залива зафиксирована максимальная величина биомассы двустворчатых моллюсков (ст. 12) на глубине 9 м и илистом с примесью гравия и гальки грунте (рис. 7Б), где преобладали *C. grayanus* (4943,8 г/м², 104 экз./м²) и *M. kurilensis* (1792,1 г/м², 32 экз./м²).

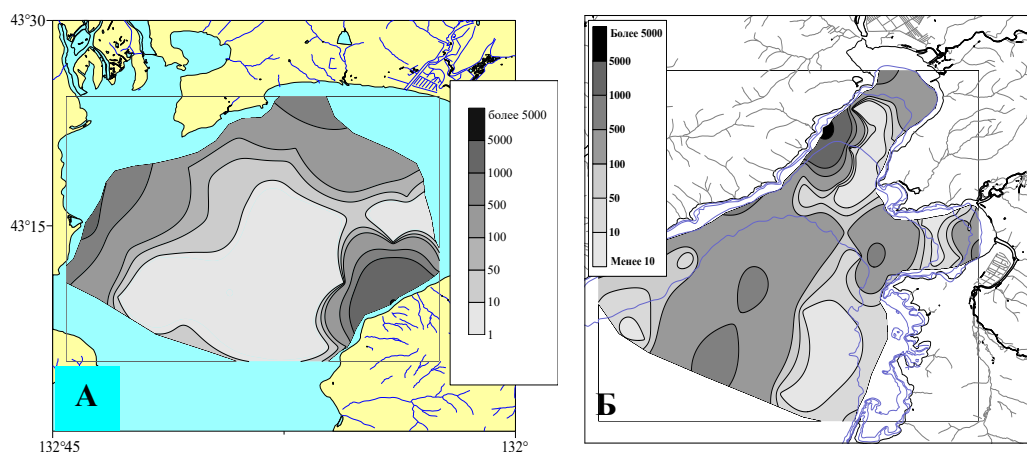


Рис. 7. Распределение биомассы двустворчатых моллюсков (г/м²) в кутовой части Амурского (А) и Уссурийского (Б) заливов

Fig. 7. Distribution of bivalves biomass (g/m²) in inner parts of the Amur Bay (A) and the Ussuri Bay (Б)

В зал. Восток биомасса двустворчатых моллюсков распределена неравномерно: наибольшие величины отмечены в вершине, где в б. Тихая Заводь (ст. 14 и 15, гл. 6–8 м, ил) имеются скопления *C. gigas* (2050 г/м²), в б. Гайдамак (ст. 4, гл. 12 м, ил), где доминирует модиолус курильский *M. kurilensis* (1390 г/м²), а также у м. Подосенова (ст. 31, гл. 10 м, валуны) – доминирующий вид мидия Грея *C. grayanus* (579 г/м²) (рис. 2, 8А).

В зал. Находка двустворчатые преобладают в восточной части, при этом область максимальных значений сконцентрирована у м. Неприступного (ст. 14, гл. 10 м, валуны) и в б. Врангеля (ст. 20, гл. 5 м, валуны намывы песка). Величины биомассы этой группы на указанных станциях составили 1267,1 и 825,3 г/м². Были сформированы *C. grayanus* (рис. 2, 8Б). Высокими значениями биомассы характеризовались также ст. 11 (м. Клыкова, 6 м, валуны) и ст. 22 (б. Козьмина, 2 м, ил). На первой из них в схожем со ст. 14 биотопе также доминирует мидия Грея, на ст. 22 биомасса двустворчатых складывалась преимущественно из модиолуса курильского. Вершина и центральная часть зал. Находка отличаются наименьшими значениями биомассы данной группы (0,01 г/м²), в числе представителей которой встречены молодые особи *G. yessoensis*.

Второй группой животных по величине средней биомассы являлись **многощетинковые черви** – 44,04±5,1 г/м² (12,2 %). Они встречались повсеместно, а величина биомассы колебалась в пределах 0,03–1267,1 г/м² (рис. 9). Максимальная ее величина (1267,1 г/м²) зарегистрирована в Амурском заливе к юго-востоку от о. Попова (ст. 225) на глубине 21 м на илисто-песчаном с запахом сероводорода грунте, на 98 % она формировалась за счет *Dipolydora cardalia* (716,0 г/м²) и *Maldane sarsi* (536,0 г/м²). В центральной части Амурского залива (ст. 226, 30) на илистом и илисто-песчаном грунте на глубине 15–19 м основу биомассы полихет, равную 113,2 и 117,3 г/м² создавал *M. sarsi* – 54 г/м² (47,7 %) и 58,3 г/м² (49,7 %) соответственно. Не-

сколько южнее и мористее (ст. 36) на илистом грунте с запахом сероводорода на глубине 30 м доминировал *Pseudopotamilla reniformis* – 92,6 г/м², 8 экз./м² (55,5 % биомассы полихет на этой станции). Субдоминантным видом здесь являлся *Scalibregma inflatum* – 38,9 г/м², 460 экз./м² (23,3 %). Биотические условия на участке илисто-песчаного дна на глубине 40 м на выходе из Амурского залива (ст. 41) оказались весьма благоприятными для *Orbinia norvegica*. Этот вид создавал здесь значительные скопления плотностью до 4500 экз./м² и биомассой 128,8 г/м², формируя 65 % биомассы полихет на данной станции.

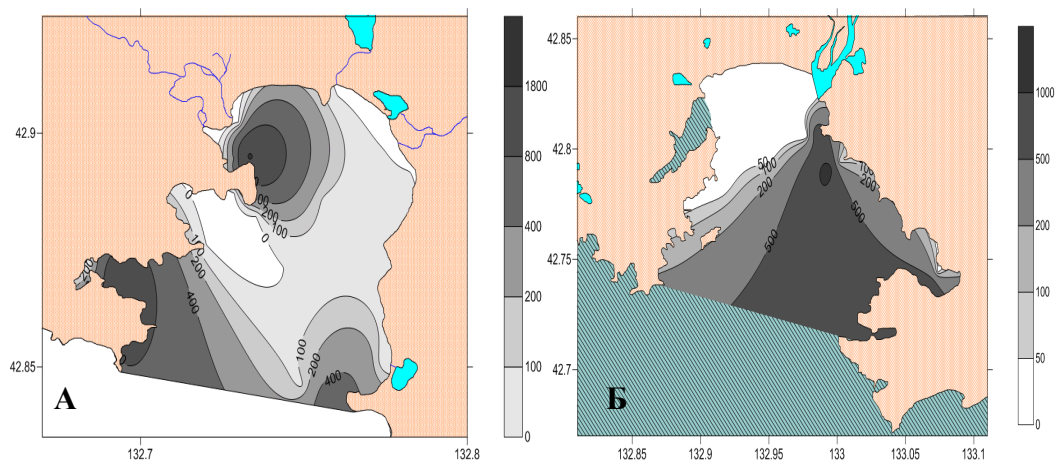


Рис. 8. Распределение биомассы двустворчатых моллюсков (г/м²) в заливах Восток (А) и Находка (Б)

Fig. 8. Distribution of bivalves biomass (g/m²) in the Vostok Bay (A) and the Nakhodka Bay (Б)

В Уссурийском заливе (ст. 171) на глубине 23 м и илистом грунте с вкраплениями ракушки зафиксирована вторая по величине биомасса полихет, равная 227,9 г/м². На данном участке дна обитали 22 вида, среди которых преобладали *D. cardalia* (73,4 г/м², 1400 экз./м²), *M. sarsi* (70,4 г/м², 580 экз./м²), *Aphrodita australis* (63,6 г/м², 4 экз./м²), на их долю приходилось 91 % биомассы полихет. К юго-западу от описанного участка в прибрежье на глубине 31 м и илисто-песчаном с запахом сероводорода грунте (ст. 124) получили массовое развитие *D. cardalia* (44,0 г/м², 960 экз./м²), *Pherusa plumosa* (23,2 г/м², 64 экз./м²), *Phylodoce groenlandica* (17,6 г/м², 40 экз./м²), *A. australis* (15,2 г/м², 8 экз./м²), *Praxillella praetermissa* (12,9 г/м², 160 экз./м²), *Scoloplos armiger* (10,4 г/м², 240 экз./м²), *M. sarsi* (9,8 г/м², 400 экз./м²) и др. Эти виды формировали до 88 % биомассы полихет. Еще один участок с повышенной биомассой полихет в Уссурийском заливе отмечен в открытой части к северо-западу от о. Аскольда (ст. 147). Здесь, на илистом грунте и глубине 68 м значительную часть (62 %) биомассы величиной 114,8 г/м² создавали *Chaetopterus variopedatus* (45,6 г/м², 4 экз./м²) и *Terrebellides stroemi* (26,0 г/м², 32 экз./м²).

В центральном районе на глубине 85 м и смешанном типе грунта, состоящем из разнорзернистого песка с примесью ила (ст. 237) идентифицировано 27 видов мно-

гощетинковых червей, из которых наибольшее значение по биомассе и численности имели *M. sarsi* (34,4 г/м², 12 экз./м²), *Axiiothella catenata* (26,0 г/м², 20 экз./м²) и *Lumbrineris fragilis* (11,2 г/м², 8 экз./м²).

Довольно высокая средняя величина биомассы полихет, равная 152,2 г/м², зафиксирована и на ст. 4 в б. Гайдамак зал. Восток (12 м, ил с сероводородом). Основу биомассы (63,0 %) данной группы здесь составляли *Halosydna brevisetosa*, *Pherusa plumosa* и *Mellina elisabethae*.

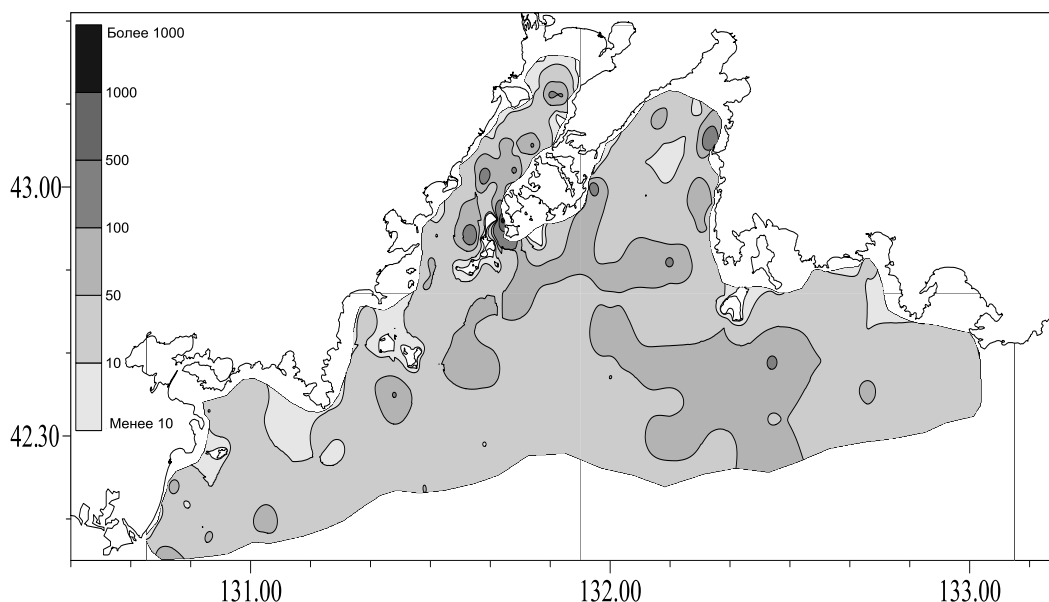


Рис. 9. Распределение биомассы (г/м²) полихет в зал. Петра Великого

Fig. 9. Distribution of polychaetes biomass (g/m²) in Peter the Great Bay

Третья по количественному обилию группа беспозвоночных – **голотурии**. На долю этих животных приходилось 7,1 % средней общей биомассы макробентоса или 25,84±5,93 г/м² (табл. 2). Голотурии занимали в основном более глубоководную часть залива, распределяясь по акватории очень мозаично (рис. 10), встречаясь далеко не на всех станциях. Величина их биомассы колебалась в широких пределах – от долей грамма до 884,0 г/м². Большая часть обследованной площади дна была занята поселениями животных этой группы с биомассой, не превышавшей 100 г/м². Наибольшие ее величины отмечены в центральной части зал. Петра Великого. Максимальная биомасса голотурий зарегистрирована в Уссурийском заливе (ст. 146) на глубине 73 м на глинисто-илистом грунте, которая формировалась за счет *Pentamera calcigera* (884,0 г/м², 166 экз./м²). Весьма значительная биомасса (более 500 г/м²), создаваемая этим же видом, наблюдалась также западнее этого скопления на глубине 62–68 м на илесто-песчаном грунте.

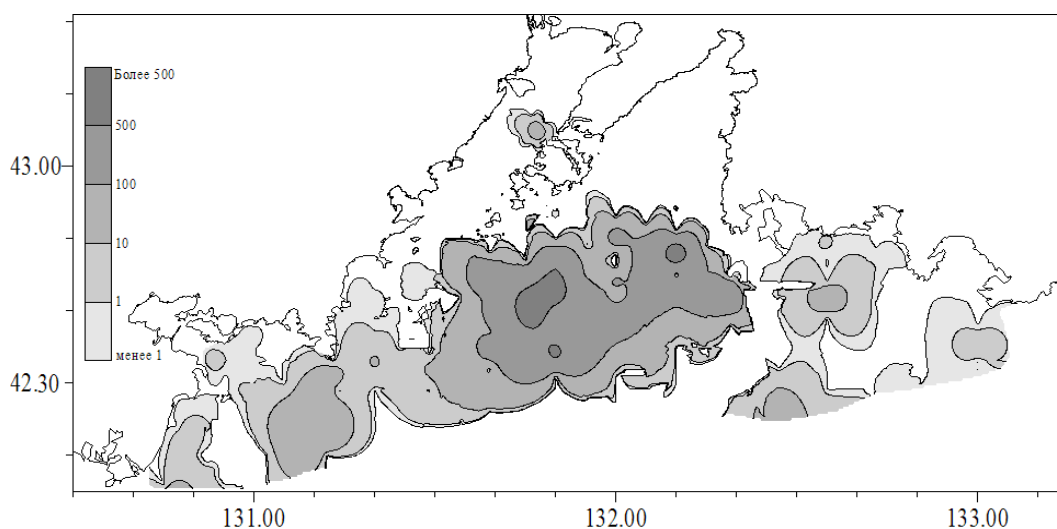


Рис. 10. Распределение биомассы (г/м²) голотурий в зал. Петра Великого

Fig. 10. Distribution of holothuroidea biomass (g/m²) in Peter the Great Bay

Детальное рассмотрение состава и распределения макробентоса в трех выделенных зонах — зона закрытых акваторий заливов, зона открытых акваторий внутреннего шельфа, зона внешнего шельфа — позволяет увидеть особенности каждого района и провести пространственное сравнение.

Зона закрытых акваторий заливов

Из числа обследованных районов зал. Петра Великого к закрытым (глубоковрезанным) акваториям отнесены кутовые части Амурского и Уссурийского заливов, а также заливы Восток и Находка. Это зоны, где выражены процессы аккумуляции органического вещества в донных осадках, где доминирует влияние терригенных процессов и формируются локальные условия гидродинамики, определяемые конфигурацией берегов и движением водных масс внутри акватории.

В **кутовую часть Амурского залива** впадает несколькими рукавами крупная р. Раздольная, образуя песчаные отмели и островки. В связи с этим водные массы у дна в этой части залива характеризуются как приэстуарные и эстуарные, имеющие пониженную соленость. Наибольшего распространения здесь достигают илы, образованные, главным образом, речными осадками. В восточной прибрежной части встречаются гравийно-галечные отложения, на некоторых участках отмечены битая ракуша и балянуша. Общее содержание органического вещества в осадках колеблется в пределах 2,5–4,0 % (Некоторые региональные последствия..., 1990; Белан, Белан, 2006).

Величина общей биомассы макробентоса здесь изменялась от 9,2 до 5545,7 г/м². Ее среднее значение составило 517,4±213,9 г/м² (табл. 3). Наибольшие площади дна

заняты поселениями животных с биомассой 100–500 г/м² (рис. 4А). На обследованной акватории встречены представители 18 таксономических групп макробентоса разного ранга, но основными являлись двусторчатые моллюски, форониды, актинии, усонogie раки и полихеты. В общей сложности на них приходится более 98 % средней общей биомассы (табл. 3, рис. 11). Доминирующими являются 8 видов, составляющие более 75 % средней общей биомассы макробентоса. Среди них пять видов двусторчатых моллюсков, формируют почти 80 % общей биомассы этой группы (табл. 4).

Таблица 3. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в кутовой части Амурского залива

Table 3. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in the inner part of the Amur Bay

Таксон	г/м ²	%	min	max
Spongia	0,01±0,007	0,002	0,14	0,15
Hydroidea	0,03±0,02	0,01	0,28	0,52
Actiniaria	35,28± 17,54	6,82	0,06	387,86
Nemertea	0,94±0,54	0,18	0,07	11,98
Polychaeta	18,81 ±5,17	3,63	0,56	89,00
Echiura	0,09	0,02	2,38	2,38
Sipuncula	0,63	0,12	16,98	16,98
Cirripedia	28,40±25,28	5,49	2,72	681,80
Stomatopoda	0,57±0,55	0,11	0,36	14,90
Cumacea	0,01±0,008	0,002	0,06	0,20
Decapoda	1,88 ± 1,36	0,36	0,03	36,04
Gastropoda	0,28±0,07	0,05	0,04	1,18
Bivalvia	384,06±200,28	74,22	0,03	5326,97
Foronidea	41,53 ±21,36	8,03	0,5	456,96
Asteroidea	2,94± 2,04	0,57	0,47	43,46
Ophiuroidea	0,28±0,27	0,05	0,27	7,32
Holothuroidea	0,66 ±0,28	0,13	0,3	7,60
Ascidia	0,82±0,77	0,16	0,6	20,72
Varia	0,22	0,04	5,82	5,82
Итого:	517,43± 214,00	100,00	9,22	5545,71

Кутовая часть Уссурийского залива оканчивается двумя акваториями третьего порядка: бухтами Муравьиная и Суходол. В первую впадает р. Артемовка, во вторую – р. Суходол. В связи с этим водные массы вершины залива также имеют пониженную соленость. Наибольшего распространения здесь достигают илы, образованные, главным образом, речными осадками. В прибрежной части встречаются гравийно-галечные отложения, на некоторых участках отмечены битая ракуша и балюнуша. Общее содержание органического вещества в осадках колеблется от 0,5 до 2,0 % (Некоторые региональные последствия..., 1990; Белан, Белан, 2006).

В пределах акватории залива величина общей биомассы макробентоса изменялась от 39,2 до 7254,1 г/м². Средняя общая биомасса составляла 556,3±265,9 г/м² (табл. 5). Наибольшие площади дна заняты поселениями животных с биомассой 100–500 г/м² (рис. 4Б). Здесь обнаружены представители 24 таксономических групп макробентоса разного ранга, но основу общей биомассы формировали двустворчатые моллюски, форониды, высшие растения (морская трава zostера *Zostera marina*), усоногие раки, представленные морским желудем *Balanus rostratus*, и полихеты.

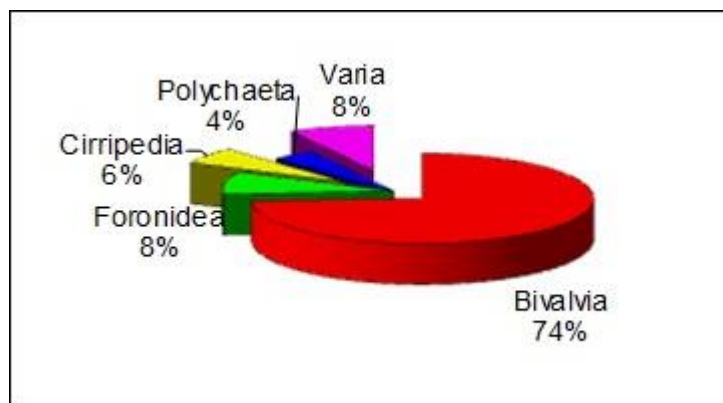


Рис. 11. Доминирующие группы макробентоса кутовой части Амурского залива

Fig. 11. Dominant groups of benthos in the inner part of the Amur Bay

Таблица 4. Количественные показатели доминирующих по биомассе видов бентоса в кутовой части Амурского залива

Table 4. Quantitative indicators of the dominant species biomass of benthos in the inner part of the Amur Bay

Группа	Вид	Биомасса, г/м ²	Доля от биомассы группы, %
Bivalvia	<i>Arca boucardii</i>	120,1±98,3	31,3
Bivalvia	<i>Modiolus kurilensis</i>	60,6±56,3	15,8
Bivalvia	<i>Callithaca adamsi</i>	53,8±19,4	14,0
Bivalvia	<i>Crenomytilus grayanus</i>	38,5±38,5	10,0
Bivalvia	<i>Anadara broughtoni</i>	30,0±21,9	7,8
Итого:			78,9
Cirripedia	<i>Balanus rostratus</i>	28,4±25,3	100,0
Foronidea	<i>Phoronis psammophilla</i>	35,3±16,4	85,0
Actiniaria	<i>Metridium senile fimbriatum</i>	30,0±12,5	85,0

В общей сложности на них приходилось более 91 % средней общей биомассы (табл. 5, рис. 12). Ниже в табл. 6 представлены 8 основных видов макробентоса, которые формируют подавляющую часть биомассы кустовой части залива. Это четыре вида двустворчатых моллюсков, представители форонид, усоногих раков, морских ежей и высших растений, которые создают практически 78 % всей биомассы макробентоса.

Таблица 5. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в кустовой части Уссурийского залива

Table 5. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in the inner part of the Ussuri Bay

Таксон	г/м ²	%	min	max
Spongia	0,3	0,05	8,20	8,20
Actiniaria	2,53 ± 2,02	0,45	0,05	54,36
Nemertea	1,68 ± 0,43	0,30	0,07	7,33
Polychaeta	22,83 ± 3,87	4,10	2,32	86,46
Echiura	0,47 ± 0,36	0,08	0,16	9,46
Sipuncula	1,61 ± 0,47	0,29	0,04	10,00
Cirripedia	22,58 ± 15,71	4,06	279,32	330,33
Stomatopoda	8,56	1,54	231,0	231,00
Cumacea	0,02 ± 0,01	0,004	0,08	0,46
Isopoda	0,09	0,02	2,51	2,51
Amphipoda	0,02 ± 0,01	0,003	0,003	0,28
Decapoda	1,85 ± 0,94	0,33	0,03	21,38
Panhopoda			0,008	0,008
Gastropoda	0,24 ± 0,06	0,04	0,03	1,08
Bivalvia	393,78 ± 250,08	70,79	2,57	6788,32
Bryozoa	0,04 ± 0,03	0,02	0,02	0,16
Foronidae	35,01 ± 22,80	6,29	0,03	514,88
Asteroidea	4,57 ± 4,51	0,82	1,52	121,78
Ophiuroidea	2,08 ± 1,2	0,37	0,13	29,94
Echinoidea	12,01 ± 4,91	2,16	20,33	94,80
Holothuroidea	1,18 ± 0,36	0,21	0,18	6,17
Ascidia	21,38 ± 14,42	3,84	0,57	370,26
Magnoliophyta	32,32 ± 21,3	5,81	60,72	458,70
Algae	0,88 ± 0,49	0,16	0,53	10,23
Varia	2,25 ± 2,12	0,40	0,06	54,42
Итого:	556,28 ± 265,95	100,00	39,23	7254,12

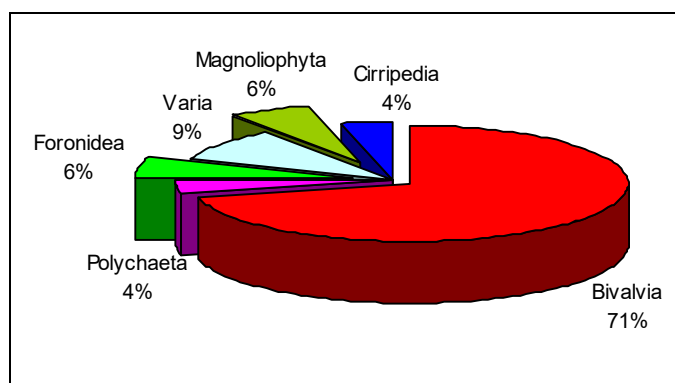


Рис. 12. Доминирующие группы макробентоса ктовой части Уссурийского залива

Fig. 12. Dominant groups of benthos in the inner part of the Ussuri Bay

Таблица 6. Количественные показатели доминирующих по биомассе видов бентоса в ктовой части Уссурийского залива

Table 6. Quantitative indicators of the dominant species biomass of benthos in the inner part of the Ussuri Bay

Группа	Вид	Биомасса, г/м ²	Доля от биомассы группы, %
Bivalvia	<i>Crenomytilus grayanus</i>	183.1	46,4
Bivalvia	<i>Modiolus kurilensis</i>	93,85±70,86	23,8
Bivalvia	<i>Callithaca adamsi</i>	41,6±16,6	10,6
Bivalvia	<i>Anadara broughtoni</i>	24,77±18,62	6,3
Итого:			87,1
Foronidea	<i>Phoronis psammophilla</i>	35,0,1±22,80	100,0
Echinoidea	<i>Echinocardium cordatum</i>	12,01±4,91	100,0
Cirripedia	<i>Balanus rostratus</i>	22,58±15,71	100,0
Magnoliophyta	<i>Zostera marina</i>	32,32±21,3	100,0

Залив Восток вдается в берег между мысами Пещурова и Подосенова. Площадь залива около 2000 га (Тюрин, 1996). Крутизна уклона дна залива в среднем составляет около 2°. Грунты типичны для Японского моря: коренные породы, валуны, глыбовые навалы, ракушка, галька, песок, заиленный песок, ил (Погребов, Кашенко, 1976; Тарасов, 1978, 1982). На линии входных мысов в зал. Восток глубины составляют порядка 15–31 м (Лоция..., 1984), в средней части залива глубины – 18–22 м. Вершина залива в целом мелководна.

Величина биомассы бентоса в пределах 1,5–22 м варьировали от 99,3 г/м² до 2127,9 г/м² при среднем значении 753,32±542,81 г/м² (табл. 7). Мягкие грунты

практически везде характеризуются более низкими значениями биомассы. Исключение составляют районы, где доминируют двустворчатые моллюски *M. kurilensis* и *Crassostrea gigas*, а также произрастает морская трава *Z. marina*. Макробентос обработанных проб из сублиторали зал. Восток относится к 20 основным таксономическим группам (табл. 7).

Таблица 7. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в заливе Восток

Table 7. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in the Vostok Bay

Таксон	г/м ²	%	min	max
Actiniaria	0,19 ±0,18	0,03	0,05	3,10
Nemertea	0,02±0,02	0,00	0,01	0,40
Polychaeta	22,61±9,96	3,00	0,03	152,20
Sipuncula	2,00±1,72	0,27	0,05	29,40
Cirripedia	3,98±2,15	0,53	0,30	13,80
Cumacea	3,60±3,53	0,48	1,20	60,00
Isopoda	0,1±0,05	0,01	0,08	1,70
Amphipoda	6,14±4,43	0,82	0,10	72,00
Decapoda	4,06±1,39	0,54	0,05	22,30
Panhopoda	0,1±0,05	0,01	0,05	0,15
Gastropoda	18,4±7,30	2,44	0,05	95,50
Bivalvia	293,24±139,72	38,90	0,40	1393,20
Foronidea	0,03±0,02	0,00	0,04	0,40
Asteroidea	84,84±23,66	11,26	1,71	337,73
Ophiuroidea	20,94±11,59	2,78	0,04	161,20
Echinoidea	55,55±24,99	7,37	6,90	363,68
Holothuroidea	16,27±12,39	2,16	4,30	210,00
Ascidia	11,74±5,86	1,56	0,19	72,03
Magnoliophyta	139,41±84,77	18,52	82,00	1346,68
Algae	69,99±43,25	9,29	5,96	625,11
Varia	0,11±0,01	0,02	0,02	0,60
Итого:	753,32±542,81	100	99,3	2127,92

Доминируют шесть групп – двустворчатые моллюски, морские травы, морские звезды и ежи, водоросли и многощетинковые черви (рис. 13). Максимальную долю в общей средней биомассе имеют двустворчатые моллюски, к наиболее массовым представителям которых относятся: *C. grayanus*, *C. gigas*, *M. kurilensis* и *A. boucardi* (38,9 %). Существенный вклад вносят морские травы – *Z. marina*, *Z. asiatica* и *Phyllospadix iwataensis*. Биомасса водорослей формируется, главным образом, представителями отдела бурых: *Costaria costata*, *Desmarestia viridis* и *Saccharina*

(*Laminaria*) *cichorioides*. В группе морских звезд доминируют *Asterina pectinifera*, *Asterias amurensis*, *Distolasterias nipon* и *Aphelasteria japonica*. *Strongylocentrotus nudus* и *S. inintermedius* формируют основу биомассы морских ежей (табл. 8).

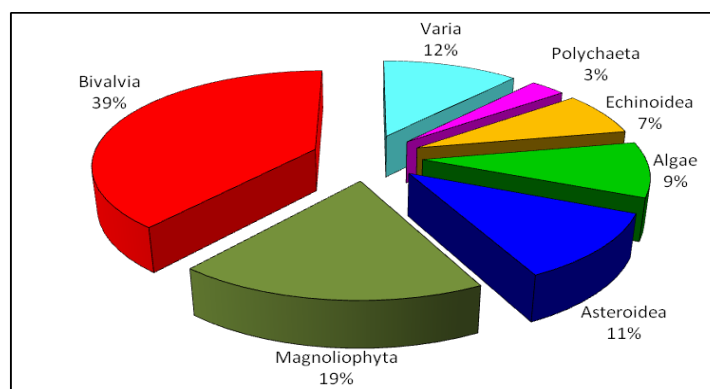


Рис. 13. Доминирующие группы макробентоса залива Восток

Fig. 13. Dominant groups of benthos in the Vostok Bay

Таблица 8. Количественные показатели доминирующих по биомассе видов макробентоса в заливе Восток

Table 8. Quantitative indicators of the dominant species biomass of macrobenthos in the Vostok Bay

Группа	Вид	Биомасса, г/м ²	Доля от биомассы группы, %
Bivalvia	<i>Crassostrea gigas</i>	92,65±73,69	31,5
Bivalvia	<i>Modiolus kurilensis</i>	119,59±44,41	40,7
Bivalvia	<i>Crenomytilus grayanus</i>	78,92±43,49	26,9
Итого:			99,1
Asteroidea	<i>Asterina pectinifera</i>	14,41 ± 2,70	17,0
Asteroidea	<i>Asterias amurensis</i>	26,72 ± 9,54	31,5
Asteroidea	<i>Distolasterias nipon</i>	33,70 ± 5,92	39,7
Итого:			88,2
Echinoidea	<i>Strongylocentrotus nudus</i>	19,41±11,50	34,9
Echinoidea	<i>S. intermedius</i>	24,50±10,87	44,1
Итого:			79,0
Phaeophyta	<i>Costaria costata</i>	23,43±18,15	33,4
Phaeophyta	<i>Desmarestia viridis</i>	20,80±16,37	29,7
Итого:			63,1
Magnoliophyta	<i>Zostera marina</i>	107,50±64,50	77,0

В целом, следует отметить, что в отличие от кутовых частей Амурского и Уссурийского заливов, в зал. Восток двустворчатые моллюски имеют существенно меньший вклад в общую биомассу. С другой стороны, здесь наблюдается увеличение доли водорослей и морских трав, а также морских звезд и ежей.

Залив Находка расположен в восточной части зал. Петра Великого. Его площадь составляет 164 км², объем водной массы – 3.3 км³ (Огородникова, 2001), протяженность береговой линии около 70 км. На западном и северном берегах залива расположен крупный портовый город Находка с населением около 150 тыс. человек. На восточном побережье находится пос. Врангеля и другие сельские населенные пункты в которых проживает 17 тыс. чел. (Численность..., 2000). Зал. Находка удерживает первое место на Дальнем Востоке по грузообороту, и степень техногенного преобразования берегов б. Находка достигает 100 % (Наумов, 2006).

Величина биомассы макробентоса в сублиторали залива варьировала от 5,5 г/м² до 1960,99 г/м². Среднее по заливу значение составило 806,59±178,48 г/м², что является близким к таковому в зал. Восток. Идентификация макробентоса позволила отнести его к 17 основным таксономическим группам (табл. 9).

Таблица 9. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в заливе Находка

Table 9. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in the Nakhodka Bay

Таксон	г/м ²	%	min	max
Actiniaria	3,00 ±2,11	0,37	0,1	27,97
Nemertea	0,02±0,02	0,001	0,01	0,37
Polychaeta	9,08 ±34,18	1,13	0,08	58,57
Sipuncula	2,29±1,14	0,28	0,4	15,87
Cirripedia	0,95±0,74	0,12	0,02	11,13
Isopoda	1,79±1,75	0,22	0,55	26,25
Decapoda	5,03 ± 2,09	0,62	0,17	12,03
Gastropoda	43,00± 30,23	5,33	0,45	453,32
Bivalvia	281,11±107,49	34,85	0,01	825,27
Foronidae	8,88 ± 2,80	1,1	0,2	133,17
Asteroidea	143,67± 26,86	17,81	41,66	332,45
Ophiuroidea	2,62 ±1,74	0,32	0,03	24
Echinoidea	132,40±44,40	16,42	0,67	465,6
Holothuroidea	0,45 ±0,36	0,06	0,01	6,8
Ascidia	5,67± 2,84	0,7	0,55	32,97
Magnoliophyta	99,46±54,88	12,33	0,5	750,34
Algae	66,59±18,55	8,26	6,44	248
Varia	0,57±0,27	0,07	0,01	3,83
Итого:	806,59± 178,48	100,00	5,50	1960,99

В биомассе доминируют: двустворчатые и брюхоногие моллюски, морские ежи и звезды, водоросли и морские травы (рис. 14). Суммарный вклад указанных таксонов составляет 95 % общей биомассы. Среди двустворчатых моллюсков доминируют те же виды, что и в зал. Восток, – мидия Грея и модиолус курильский. В группе бурых водорослей *S. cichorioides* не входит в число доминантов, однако в массе встречается *S. Japonica*. Другие виды бурых, указанные в качестве преобладающих в зал. Восток, также доминируют и в зал. Находка (табл. 10). Интересен факт скопления брюхоногих моллюсков родов *Vuccinum* и *Nucella* в б. Мусатова, с максимальной биомассой 453,3 г/м². Доля данной группы в общей средней биомассе залива составляет 5 % (рис. 14).

Таблица 10. Количественные показатели доминирующих по биомассе видов макробентоса в заливе Находка

Table 10. Quantitative indicators of the dominant species biomass of macrobenthos in the Nakhodka Bay

Группа	Вид	Биомасса, г/м ²	Доля от биомассы группы, %
Bivalvia	<i>Modiolus kurilensis</i>	116.29±49.15	41,7
Bivalvia	<i>Crenomytilus grayanus</i>	147,30±58,20	52,4
Итого:			94,1
Asteroidea	<i>Asterina pectinifera</i>	22,07 ± 20,07	15,4
Echinoidea	<i>Strongylocentrotus nudus</i>	72,34±14,15	54,6
Echinoidea	<i>S. intermedius</i>	54,68±21,10	41,3
Итого:			95,9
Phaeophyta	<i>Costaria costara</i>	19,15±8,50	28,8
Phaeophyta	<i>Desmarestia viridis</i>	12,08±7,42	18,1
Итого:			46,9
Magnoliophyta	<i>Zostera marina</i>	84,31±32,97	84,7

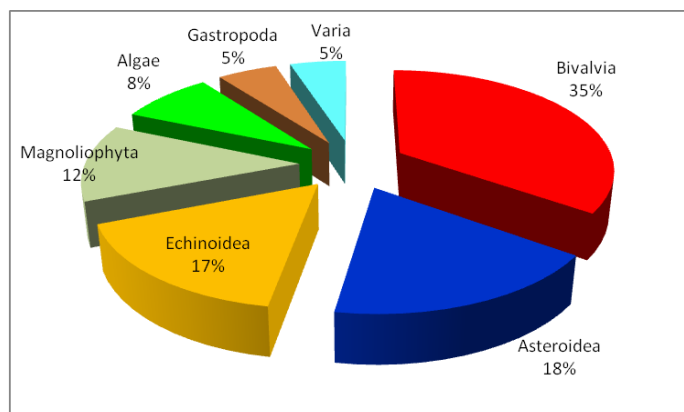


Рис. 14. Доминирующие группы макробентоса залива Находка

Fig. 14. Dominant groups of benthos in the Nakhodka Bay

В целом структура распределения общей средней биомассы между основными таксономическими группами в зал. Находка близка к таковой в зал. Восток и заметно отличается от кутовых районов Уссурийского и Амурского залива меньшей долей двустворчатых моллюсков и более высокими значениями иглокожих, морских трав и водорослей.

Зона открытых акваторий внутреннего шельфа

В открытой части заливов Посъета и Славянский в интервале глубин 20–50 м обнаружены представители 24 таксономических групп макробентоса разного ранга, но основу общей биомассы формировали двустворчатые моллюски (48,5 %), многощетинковые черви (23,5 %) и офиуры (15,7 %), составляющие почти 88 % общей биомассы данной зоны (табл. 11, рис. 15).

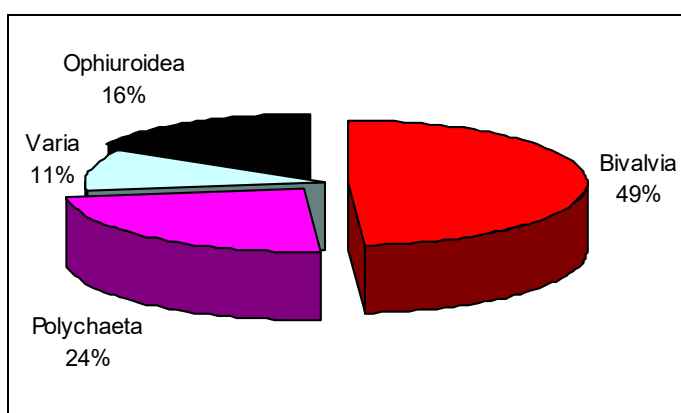


Рис. 15. Доминирующие группы макробентоса открытой части заливов Посъета и Славянский

Fig. 15. Dominant groups of benthos in the Possjet and the Slavjansky Bays

Величина общей биомассы макробентоса изменялась от 24,1 до 715,3 г/м² при среднем значении 154,48±36,13 г/м², что существенно меньше величины средней биомассы в предыдущих районах (табл. 11). Максимальную биомассу района на 98 % формировал двустворчатый моллюск *Callithaca adamsi*. Наибольшие площади дна были заняты поселениями животных с биомассой 100–500 г/м² (рис. 3). В таблице 12 представлены 7 основных видов бентоса, которые формируют большую часть биомассы данного района. Это два вида двустворчатых моллюсков, три вида полихет и два вида офиур, составляющих почти 60% всей биомассы макробентоса данного района.

Таблица 11. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в открытой зоне заливов Посъета и Славянский

Table 11. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in the Possjet and the Slavjansky Bays

Таксон	г/м ²	%	min	max
Foraminifera	0,07 ± 0,05	0,05	0,006	0,19
Hydroidea	0,001	0,001	0,018	0,018
Actiniaria	0,14 ± 0,1	0,09	1,2	1,8
Nemertea	3,03 ± 1,4	1,96	0,04	39,52
Polychaeta	36,26 ± 7,86	23,47	7,9	167,04
Echiurida	4,9 ± 4,8	3,17	101,4	102,9
Sipunculidea	0,03 ± 0,03	0,02	0,536	0,536
Priapulida	0,56 ± 0,39	0,36	5,06	11,78
Ostracoda	0,0003 ± 0,0003	0,00	0,006	0,006
Cumacea	0,41 ± 0,13	0,26	0,2	1,59
Isopoda	0,05 ± 0,02	0,03	0,11	1,01
Amphipoda	1,03 ± 0,26	0,67	0,18	21,64
Decapoda	0,28 ± 0,25	0,18	0,004	5,32
Solenogastres	0,01 ± 0,01	0,01	0,12	0,3
Gastropoda	0,37 ± 0,12	0,24	0,06	7,75
Bivalvia	74,88 ± 34,39	48,47	0,55	680,26
Brachiopoda	0,01 ± 0,01	0,01	0,08	0,14
Foronidae	0,03 ± 0,02	0,02	0,16	0,53
Asteroidea	0,06 ± 0,04	0,04	0,06	1,18
Ophiuroidea	24,17 ± 10,72	15,65	0,03	229,6
Echinoidea	2,1 ± 2,0	1,34	1,5	42
Holothuroidea	0,53 ± 0,26	0,34	0,42	11,05
Ascidacea	5,38 ± 3,95	3,48	3,08	82,32
Algae	0,17 ± 0,12	0,11	0,04	2,4
Varia	0,04 ± 0,04	0,03	0,04	0,8
Итого:	154,48 ± 36,13	100,00	24,11	715,30

В открытой части Амурского залива (рис. 1) обнаружены представители 22 таксономических групп макробентоса, основу их составляют двустворчатые моллюски (47,8 %), усоногие раки (23,5 %), многощетинковые черви (14,8 %) и форониды (4,9 %), формирующие более 90 % общей биомассы данной зоны (рис. 16). Величина общей биомассы макробентоса изменялась здесь от 4,4 до 3154,6 г/м² при среднем значении 517,19 ± 115,2 г/м², что близко к обилию биомассы бентоса в зоне закрытых акваторий (табл. 13). Наибольшие площади дна заняты поселениями животных с биомассой 100–500 г/м² (рис. 3). В табл. 14 представлены 8 основных видов бентоса, которые формируют большую часть (более 76 %) биомассы данного района.

Таблица 12. Количественные показатели доминирующих по биомассе видов бентоса в открытой части заливов Посыета и Славянский

Table 12. Quantitative indicators of the dominant species biomass of benthos in the Possjet and the Slavjansky Bays

Группа	Вид	Биомасса, г/м ²	Доля от биомассы группы, %
Bivalvia	<i>Callithaca adamsi</i>	37,43±33,47	47,9
Bivalvia	<i>Serripes groenlandicus</i>	23,63±15,66	30,2
Итого:			78,1
Polychaeta	<i>Asychis biceps</i>	4,02±2,42	14,6
Polychaeta	<i>Maldane sarsi</i>	3,68±1,21	13,4
Polychaeta	<i>Polydora sp.</i>	4,47±2,93	16,3
Итого:			44,3
Ophiuroidea	<i>Amphiodia fissa</i>	12,30±6,24	35,7
Ophiuroidea	<i>Ophiura sarsi</i>	7,08±2,42	20,6
Итого:			56,3

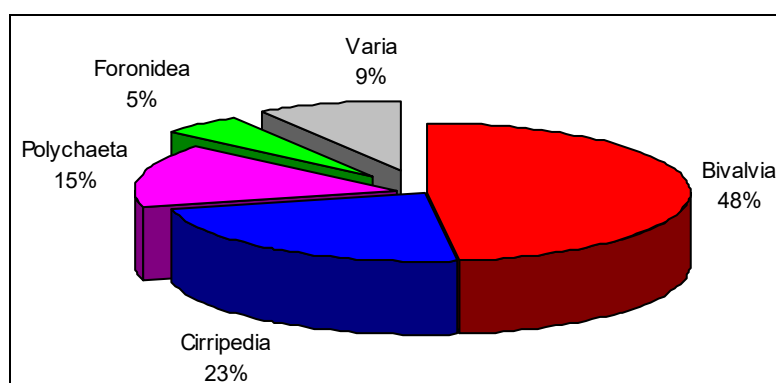


Рис. 16. Доминирующие группы макробентоса открытой части Амурского залива

Fig. 16. Dominant groups of benthos in the open part of the Amur Bay

Таблица 13. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в открытой части Амурского залива

Table 13. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in the open part of the Amur Bay

Таксон	г/м ²	%	min	max
Foraminifera	1,65± 1,5	0,32	5,2	54,14
Spongia	0,004	0,00	0,13	0,13
Actiniaria	0,53 ±0,33	0,10	0,12	11,24
Nemertea	2,64 ±1,4	0,51	0,09	8,56
Polychaeta	76,29±34,85	14,75	2,92	1267,08
Echiurida	3,08 ± 2,61	0,60	18,2	92,60
Sipunculidea	0,33±0,16	0,06	0,06	4,82
Priapulida	0,84±0,56	0,16	4,4	18,68
Cirripedia	121,33±62,33	23,47	604,0	1696,00
Cumacea	0,17 ±0,06	0,03	0,04	1,92
Isopoda	0,001	0,00	0,022	0,02
Amphipoda	0,58 ±0,2	0,11	0,05	6,28
Decapoda	2,98 ± 0,79	0,58	0,07	22,77
Gastropoda	0,23 ±0,08	0,04	0,02	2,36
Bivalvia	246,98± 61,72	47,76	0,22	1121,23
Foronidae	25,57 ±14,8	4,94	9,4	406,00
Asteroidea	7,21 ± 3,84	1,39	107,2	121,78
Ophiuroidea	12,37±2,61	2,39	0,006	66,88
Echinoidea	5,57±3,66	1,08	11,6	94,80
Holothuroidea	0,88	0,17	31,78	31,78
Ascidia	5,83± 4,29	1,13	0,2	150,40
Algae	2,13 ±1,67	0,41	0,08	60,32
Итого:	517,19±115,2	100,00	4,42	3154,61

В открытой части Уссурийского залива (рис. 1) обнаружены представители 22 таксономических групп макробентоса разного ранга, но основу общей биомассы формируют двустворчатые моллюски (50,1 %), многощетинковые черви (20,1 %) и голотурии (11,3 %), составляющие более 81 % общей биомассы макробентоса данной зоны (табл. 15, рис. 17).

Величина общей биомассы макробентоса изменялась здесь от 20,7 до 1020,60 г/м² при среднем значении 227,13± 35,25 г/м² (табл. 15). Наибольшие площади дна заняты поселениями животных с биомассой 100–500 г/м² (рис. 3). В табл. 16 представлены массовые виды бентоса, которые формируют более 40 % биомассы данного района.

Таблица 14. Количественные показатели доминирующих по биомассе видов бентоса в открытой части Амурского залива

Table 14. Quantitative indicators of the dominant species biomass of benthos in the open part of the Amur Bay

Группа	Вид	Биомасса, г/м ²	Доля от биомассы группы, %
Bivalvia	<i>Macoma scarlatoi</i>	117,29±45,09	47,2
Bivalvia	<i>Callithaca adamsi</i>	51,92±30,71	20,9
Bivalvia	<i>Modiolus kurilensis</i>	29,03±24,32	11,7
Итого:			79,8
Cirripedia	<i>Balanus rostratus</i>	121,33±62,33	100,0
Foronidea	<i>Foronis psammofilla</i>	25,57 ±14,8	100,0
Polychaeta	<i>Maldane sarsi</i>	29,51±14,77	38,7
Polychaeta	<i>Polydora sp.</i>	20,70±19,88	27,1
Итого:			65,8

Таблица 15. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в открытой части Уссурийского залива

Table 15. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in the open part of the Ussuri Bay

Таксон	г/м ²	%	min	max
Foraminifera	0,05± 0,03	0,02	0,004	1,49
Hydroidea	0,03± 0,01	0,01	0,002	0,52
Actiniaria	0,84 ± 0,68	0,25	0,2	54,40
Nemertea	2,80±0,72	1,23	0,02	22,77
Polychaeta	45,44 ±6,18	20,10	1,1	227,86
Sipuncula	0,07±0,03	0,03	0,02	1,14
Priapulida	0,06 ±0,04	0,03	0,16	2,16
Ostracoda	0,002 ± 0,0009	0,001	0,008	0,03
Cirripedia	0,01	0,01	0,60	0,60
Cumacea	0,53 ±0,12	0,23	0,002	5,20
Amphipoda	0,80 ±0,15	0,35	0,01	5,90
Decapoda	0,95± 0,68	0,42	0,005	35,44
Solenogastres	0,03 ± 0,01	0,01	0,01	0,38
Gastropoda	3,59±2,12	1,58	0,01	105,44
Bivalvia	113,68±32,60	50,05	0,16	979,40
Foronidae	4,87±4,78	2,15	0,08	258,00
Asteroidea	3,05 ± 1,48	1,34	0,006	58,40
Ophiuroidea	11,34±3,30	4,99	0,002	145,60
Echinoidea	5,82± 2,22	2,56	0,68	72,64

Окончание табл. 15

Holothuroidea	25,70 ±17,00	11,32	0,81	884,00
Ascidia	6,96± 3,56	3,06	1,0	184,04
Algae	1,19 ±0,96	0,52	0,006	51,75
Varia	0,17 ± 0,06	0,07	0,03	2,41
Итого:	227,13± 35,25	100,00	20,7	1020,60

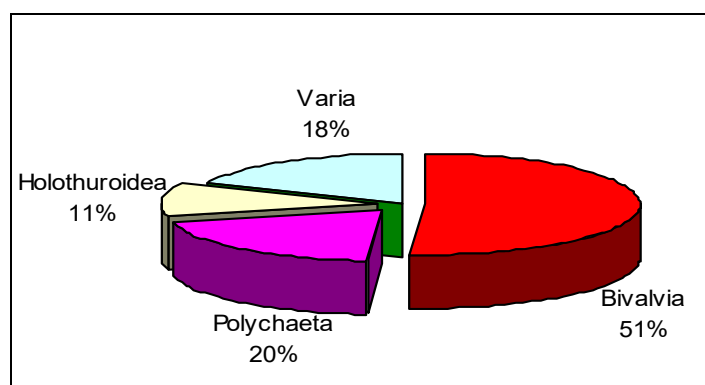


Рис. 17. Доминирующие группы макробентоса открытой части Уссурийского залива

Fig. 17. Dominant groups of benthos in the open part of the Ussuri Bay

Таблица 16. Количественные показатели доминирующих по биомассе видов макробентоса в открытой части Уссурийского залива

Table 16. Quantitative indicators of the dominant species biomass of benthos in the open part of the Ussuri Bay

Группа	Вид	Биомасса, г/м ²	Доля от биомассы группы, %
Bivalvia	<i>Macoma scarlatoi</i>	33,72±19,32	29,8
Bivalvia	<i>Serripes groenlandicus</i>	24,98±15,77	22,1
Итого:			51,9
Polychaeta	<i>Maldane sarsi</i>	7,87±2,23	17,3
Polychaeta	<i>Praxilella praetermissa</i>	5,85±1,27	12,9
Polychaeta	<i>Bispira polymorpha</i>	3,31±3,03	7,3
Итого:			37,5
Holothuroidea	<i>Pentamera calcigera</i>	25,70±17,00	100,0

В открытой восточной части залива (рис. 1) обнаружены представители 15 таксономических групп макробентоса разного ранга; основу составляли двустворчатые моллюски (68,3 %), многощетинковые черви (13,1 %) и брюхоногие моллюски (9,5 %), формирующие более 90% общей биомассы данной зоны (табл. 17, рис. 18).

Величина общей биомассы макробентоса изменялась здесь от 37,6 до 869,3 г/м² при среднем значении $182,0 \pm 114,9$ г/м² (табл. 17). Наибольшие площади дна заняты поселениями животных с биомассой 100–500 г/м² (рис. 3). В табл. 18 представлены доминирующие виды, которые формируют более 70 % биомассы данного района.

Таблица 17. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в открытой восточной части зал. Петра Великого

Table 17. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in the open east part of Peter the Great Bay

Таксон	г/м ²	%	min	max
Foraminifera	0,001	0,001	0,006	0,006
Hydroidea	$0,19 \pm 0,17$	0,11	0,04	1,24
Nemertea	$4,31 \pm 2,13$	2,37	0,03	13,64
Polychaeta	$23,80 \pm 5,25$	13,08	10,98	52,0
Cumacea	$0,2 \pm 0,09$	0,11	0,002	0,5
Amphipoda	$0,23 \pm 0,08$	0,13	0,01	0,67
Decapoda	$0,01 \pm 0,01$	0,01	0,01	0,046
Solenogastres	$0,02 \pm 0,01$	0,01	0,02	0,1
Gastropoda	$17,4 \pm 17,1$	9,54	0,14	120
Bivalvia	$124,29 \pm 102,2$	68,30	0,06	734,4
Foronidae	0,1	0,05	0,7	0,7
Ophiuroidea	$6,83 \pm 2,71$	3,75	0,01	18,98
Echinoidea	2,23	1,22	2,23	2,23
Holothuroidea	$0,52 \pm 0,31$	0,29	0,4	2,2
Algae	$0,04 \pm 0,03$	0,02	0,1	0,18
Varia	$1,84 \pm 1,81$	1,01	0,02	12,7
Итого:	$182,0 \pm 114,9$	100,00	37,56	869,27

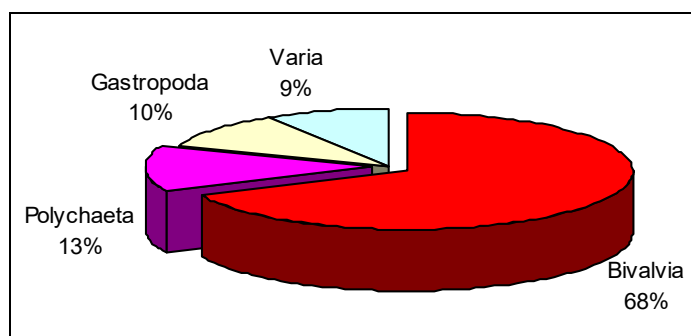


Рис. 18. Доминирующие группы макробентоса открытой восточной части зал. Петра Великого

Fig. 18. Dominant groups of benthos in the open east part of Peter the Great Bay

Таблица 18. Количественные показатели доминирующих по биомассе видов макробентоса в открытой восточной части зал. Петра Великого

Table 18. Quantitative indicators of the dominant species biomass of benthos in the open east part of Peter the Great Bay

Группа	Вид	Биомасса, г/м ²	Доля от биомассы группы, %
Bivalvia	<i>Serripes groenlandicus</i>	104,91	84,4
Polychaeta	<i>Praxilella praeterrmissa</i>	4,86±1,79	25,2
Polychaeta	<i>Spiophanes bombyx</i>	1,9±1,4	9,9
Polychaeta	<i>Maldane sarsi</i>	1,19±1,15	6,1
Итого:			41,2
Gastropoda	Gastropoda	17,4 ± 17,1	100,0

Зона внешнего шельфа

На юго-западном участке внешнего шельфа зал. Петра Великого обнаружены представители 27 таксономических групп макробентоса разного ранга, основу их общей биомассы формировали двустворчатые моллюски (25,4%), многощетинковые черви (36,1%), амфиподы (11,8%), а также эхиуриды (5,3%) и сипункулиды (4,5%). Суммарный вклад данных групп составил более 83 % общей средней биомассы района (табл. 19, рис. 19).

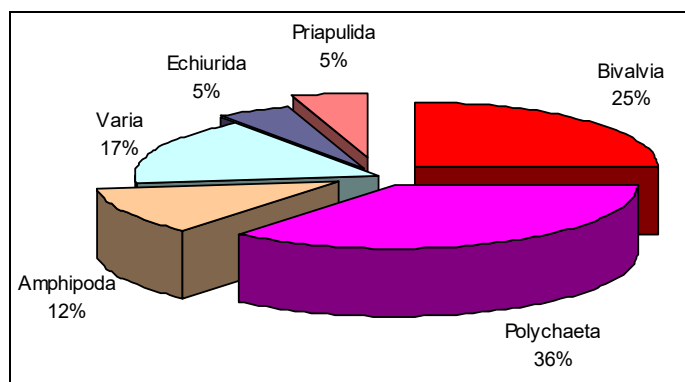


Рис. 19. Доминирующие группы макробентоса в юго-западной части внешнего шельфа

Fig. 19. Dominant groups of benthos in the southwest of the out part shelf

Таблица 19. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в юго-западной части внешнего шельфа

Table 19. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in the southwest of the out shelf

Таксон	г/м ²	%	min	max
Foraminifera	0,73± 0,28	0,37	0,01	4,31
Spongia	2,13± 1,44	1,09	0,8	45,2
Hydroidea	0,01	0,003	0,19	0,19
Anthozoa	0,44 ±0,29	0,22	1,8	9,28
Actiniaria	5,21 ± 3,54	2,66	0,03	38,64
Nemertea	0,75 ±0,24	0,38	0,01	5,74
Polychaeta	70,83 ±20,82	36,14	5,66	147,0
Echiura	10,45 ± 6,79	5,33	25,6	180,18
Sipuncula	2,69±2,64	1,37	0,28	92,5
Priapulida	8,86 ±8,74	4,52	0,16	306,0
Ostracoda	0,01 ± 0,004	0,005	0,002	0,11
Cumacea	0,06 ±0,02	0,03	0,006	0,45
Isopoda	0,01 ± 0,006	0,005	0,03	0,2
Amphipoda	23,10 ± 4,45	11,79	0,17	86,64
Decapoda	2,95 ± 1,57	1,51	0,12	48,9
Solenogastres	0,004	0,002	0,13	0,13
Gastropoda	1,05 ±0,28	0,54	0,05	6,64
Bivalvia	49,76± 20,82	25,39	0,36	695,44
Bryozoa	0,04 ±0,03	0,02	0,02	0,16
Foronidae	2,69 ± 1,25	1,37	0,29	37,4
Crinoidea	0,08	0,04	2,7	2,7
Asteroidea	0,2 ± 0,2	0,1	0,01	7,0
Ophiuroidea	3,73 ±1,19	1,9	0,09	26,8
Echinoidea	2,75± 2,38	1,4	3,76	83
Holothuroidea	6,65 ±3,1	3,39	0,05	102,04
Ascidia	0,28 ± 0,22	0,14	0,48	7,6
Algae	0,01 ± 0,005	0,003	0,018	0,16
Varia	0,52 ± 0,17	0,27	0,1	4,29
Итого:	195,98 ± 30,28	100,00	27,76	797,65

Величина общей биомассы макробентоса изменялась здесь от 37,6 до 869,3 г/м² при среднем значении 182,0 ±114,9 г/м² (табл. 19). Наибольшие площади дна были заняты поселениями животных с биомассой 100–500 г/м² (рис. 3). В табл. 20 представлены доминирующие виды, которые формируют более 70% биомассы данного района.

Таблица 20. Количественные показатели доминирующих по биомассе видов макробентоса в юго-западной части внешнего шельфа

Table 20. Quantitative indicators of the dominant species biomass of benthos in the southwest of the out shelf

Группа	Вид	Биомасса, г/м ²	Доля от биомассы группы, %
Bivalvia	<i>Serripes groenlandicus</i>	18,79	42,0
Bivalvia	<i>Macoma calcarea</i>	4,25±2,7	9,5
Итого:			51,5
Polychaeta	<i>Maldane sarsi</i>	7,87±2,23	17,3
Polychaeta	<i>Praxilella praetermissa</i>	5,85±1,27	12,9
Polychaeta	<i>Bispira polymorpha</i>	3,31±3,03	7,3
Итого:			36,5
Амфипода	<i>Byblis erythrops</i>	10,4±3,36	45,0
Амфипода	<i>Ampelisca macrocephala</i>	3,99±1,42	17,3
Амфипода	<i>A. eschrichti</i>	3,35±1,6	14,5
Итого:			76,8

На акватории **центральной части внешнего шельфа** обнаружены представители 28 таксономических групп макробентоса, но всего три из них формировали более 84 % общей биомассы данной зоны. Голотурии (53,3%), многощетинковые черви (22,0%) и двустворчатые моллюски, доля которых составила здесь всего 9,2 % (табл. 21, рис. 20). Необходимо отметить, что это второй обследованный участок внешнего шельфа, где двустворчатые моллюски не являются ведущей группой. Величина общей биомассы макробентоса изменялась от 23,2 до 740,84 г/м², при среднем значении 244,68±30,38 г/м² (табл. 21). Наибольшие площади дна были заняты поселениями животных с биомассой 100–500 г/м² (рис. 3). В табл. 22 представлены доминирующие виды, которые формируют более 60% биомассы данного района.

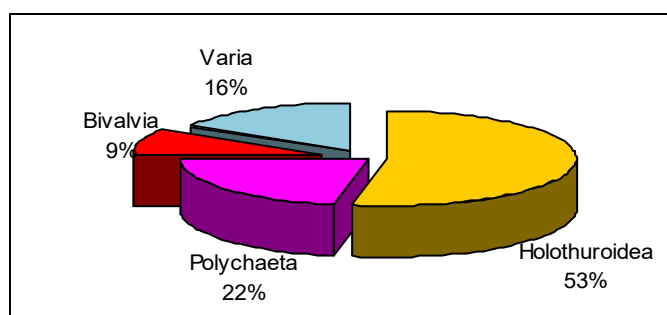


Рис. 20. Доминирующие группы макробентоса в центральной части внешнего шельфа

Fig. 20. Dominant groups of benthos in the central part of the out shelf

Таблица 21. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в центральной части внешнего шельфа

Table 21. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in the central part of the out shelf

Таксон	г/м ²	%	min	max
Foraminifera	14,2±5,88	5,80	0,024	194,00
Spongia	0,13±0,11	0,05	1,3	4,56
Hydroidea	0,02±0,01	0,01	0,034	0,6
Anthozoa	1,11±0,84	0,45	1,1	36,18
ctiniaria	0,07±0,06	0,03	0,15	2,84
Nemertea	1,26±0,74	0,52	0,02	30
Polychaeta	53,91 ±5,55	22,03	11,4	163,06
Echiura	1,66 ± 1,09	0,68	0,2	48
Sipuncula	0,07±0,03	0,03	0,036	0,952
Priapulida	0,38 ±0,37	0,16	0,668	16,44
Ostracoda	0,003 ± 0,001	0,001	0,004	0,04
Bryozoa	0,05±0,03	0,02	0,042	1,152
Leptostraca	0,003	0,00	0,132	0,132
Cumacea	0,24±0,11	0,10	0,004	5,16
Isopoda	0,007±0,002	0,003	0,016	0,06
Amphipoda	2,1 ±0,51	0,86	0,062	17,64
Decapoda	0,58 ± 0,45	0,24	0,002	20,00
Gastropoda	1,08±0,28	0,44	0,026	10,568
Loricata	0,002	0,001	0,08	0,08
Scaphopoda	0,002	0,001	0,08	0,08
Solenogastres	0,12±0,06	0,05	0,04	2,5
Bivalvia	22,45±4,74	9,17	0,448	134,4
Foronida	1,5 ±0,81	0,61	0,074	34,66
Asteroidea	8,63± 8,56	3,53	0,008	385,2
Ophiuroidea	2,51±0,5	1,03	0,008	13,04
Holothuroidea	130,34 ±30,13	53,27	0,4	696,8
Ascidia	1,6± 1,02	0,65	5,1	44,4
Algae	0,56 ±0,47	0,23	0,02	20,88
Varia	0,13 ±0,05	0,05	0,01	1,60
Итого:	244,68±30,38	100,00	23,16	740,844

На акватории **восточной части внешнего шельфа** обнаружены представители 21 таксономической группы макробентоса разного ранга; основу общей биомассы формируют двустворчатые моллюски (45,2 %), многощетинковые черви (24,45 %) и губки (18,4), составляющие более 88 % общей биомассы данной зоны (табл. 23, рис. 21).

Таблица 22. Количественные показатели доминирующих по биомассе видов макробентоса в восточной части внешнего шельфа

Table 22. Quantitative indicators of the dominant species biomass of benthos in the eastern part of the out shelf

Группа	Вид	Биомасса, г/м ²	Доля от биомассы группы, %
Bivalvia	<i>Macoma calcarea</i>	6,79±3,21	35,0
Polychaeta	<i>Maldane sarsi</i>	3,25±0,92	7,3
Polychaeta	<i>Praxilella praetermissa</i>	5,85±0,71	7,4
Polychaeta	<i>Nicomache lumbricalis</i>	3,08±0,67	6,9
Polychaeta	<i>Nephtys longocetosa</i>	5,11±0,56	11,4
Итого:			33,0
Holothuroidea	<i>Pentamera calcigera</i>	130,34 ±30,13	53,3

Таблица 23. Средняя биомасса (г/м²) и соотношение (%) таксономических групп макробентоса в восточной части внешнего шельфа

Table 23. Average biomass (g/m²) and share (%) of macrobenthos taxonomic groups in the eastern part of the out shelf

Таксон	г/м ²	%	min	max
Foraminifera	1,56 ± 0,73	1,04	0,02	15,04
Spongia	27,64 ±24,68	18,39	66,0	542,0
Hydroidea	0,46 ± 0,45	0,31	0,02	10,0
Actiniaria	0,12 ± 0,11	0,08	0,28	2,4
Nemertea	0,37±0,32	0,25	0,08	7,16
Polychaeta	36,75 ± 3,36	24,45	23,6	80,16
Echiurida	2,19 ± 1,76	1,46	10,4	37,78
Sipunculidea	0,03 ± 0,03	0,02	0,12	0,59
Priapulida	0,01	0,01	0,326	0,326
Ostracoda	0,001 ±0,001	0,00	0,002	0,02
Cumacea	0,03 ± 0,01	0,02	0,006	0,14
Isopoda	0,002 ± 0,001	0,00	0,02	0,04
Amphipoda	1,38±0,45	0,92	0,38	10,56
Decapoda	1,46 ±0,78	0,97	0,11	13,44
Gastropoda	2,74 ± 1,89	1,82	0,04	40,32
Bivalvia	68,02±41,95	45,24	0,6	312,45
Foronidae	0,36 ± 0,2	0,24	0,38	3,4
Asteroidea	1,28	0,85	28,2	28,2
Ophiuroidea	3,97 ± 1,04	2,64	0,04	16,4
Holothuroidea	1,84±1,6	1,22	0,16	35,1
Algae	0,001	0,00	0,028	0,028
Varia	0,11 ±0,1	0,07	0,18	2,2
Итого:	150,32± 56,46	100,00	21,51	961,47

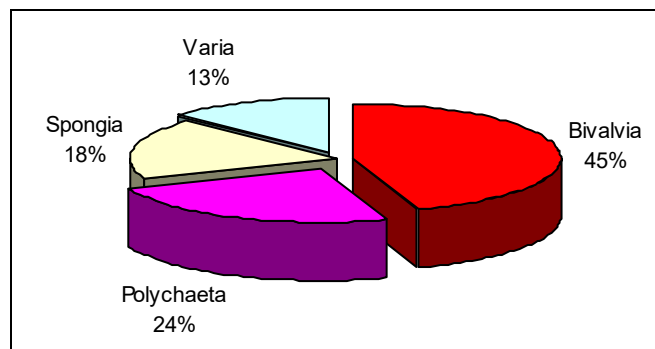


Рис. 21. Доминирующие группы макробентоса в восточной части внешнего шельфа

Fig. 21. Dominant groups of benthos in the eastern part of the out shelf

Величина общей биомассы макробентоса изменялась здесь от 21,5 до 961,5 г/м² при среднем значении $150,32 \pm 56,46$ г/м² (табл. 21). Наибольшие площади дна были заняты поселениями животных с биомассой 100–500 г/м² (рис. 3). В табл. 24 представлены доминирующие виды, которые формируют более 62 % биомассы данного района.

Таблица 24. Количественные показатели доминирующих по биомассе видов макробентоса в восточной части внешнего шельфа

Table 24. Quantitative indicators of the dominant species biomass of benthos in the eastern part of the out shelf

Группа	Вид	Биомасса, г/м ²	Доля от биомассы группы, %
Bivalvia	<i>Serripes groenlandicus</i>	47,14±39,01	69,3
Polychaeta	<i>Praxilella praetermissa</i>	3,02±0,74	9,7
Polychaeta	<i>Nephtys longocetosa</i>	4,63±0,78	14,9
Polychaeta	<i>Nicomache lumbricalis</i>	3,19±0,88	10,3
Итого:			34,9
Spongia	Spongia	27,64 ±24,68	100,0

Динамика состояния макробентоса Амурского залива

Изменение состояния макробентоса зал. Петра Великого нами представлено на примере динамики его показателей в Амурском заливе, поскольку именно этот залив – один из наиболее продуктивных районов дальневосточных морей: его бассейн – наиболее урбанизированный район Приморского края. Кроме того, Амурский залив – наиболее изученный в отношении макробентоса район зал. Петра Великого.

Как указывалось выше, первые количественные исследования макробентоса залива выполнялись К.М. Дерюгиным еще 1925–1926 гг., в результате которых явились описания и количественные характеристики основных донных сообществ. В 1970–1972 гг. изучение донной фауны Амурского залива было продолжено силами ТИНРО. На основе нескольких дночерпательных и дражных съемок были изучены качественный состав и закономерности количественного распределения бентоса, а также отмечены изменения в его составе и структуре, произошедшие за 40-летний период. Причиной выявленных изменений В.Л. Климова считала усиление процесса заиления отдельных акваторий залива в результате промысла донными тралами.

Спустя 10 лет в Амурском заливе работала экспедиция ДВГУ под руководством Г.Н. Воловой, выполнившая большое количество бентосных станций. Правда, пробы отбирали малой моделью дночерпателя, и только в самой прибрежной части, в центральной части залива, брались дражные пробы. Примерно в это же время в Амурском заливе изучался бентос и сотрудниками ДВНИГМИ. Пробы были собраны дночерпателем Ван-Вина (0,2 м²) на 26 станциях.

Выводы об изменении состава и обилия макробентоса, полученные на основе данных этих работ, сформулированы в статье М.А. Ващенко (2006). В ней говорится о многолетних изменениях в донных сообществах Амурского залива за счет изменения гранулометрического состава грунта. Однако анализ результатов исследований 1920–1930-х гг. свидетельствует о доминировании в центральной части залива того же биоценоза, что выделяется и сейчас – «биоценоз» с доминированием полихеты *Maldane sarsi*. Более того, сопоставление материала, полученного в 1930-х гг., с данными 2000-х гг. показало, что доминирующие виды имеют те же количественные характеристики или даже выше. Значение средней биомассы макробентоса примерно в 2,5 раза больше, чем было определено в 1920–30-е гг. и 1980-е гг.

Анализируя распределение биомассы основных видов-доминантов Амурского залива, составленное по данным предыдущих исследований и нашим данным, можно прийти к выводу, что величины их биомассы также не претерпели существенных изменений (табл. 25).

Вместе с тем, значительно возросла роль двустворчатых моллюсков, биомасса которых в 70-е гг. составляла всего 9,7 % от общей биомассы бентоса (Климова, 1972), а в настоящее время достигает 59,1 %. Кроме моллюсков в фауне Амурского залива нами зарегистрировано значительное количество усоногих раков, доля которых в средней общей биомассе залива возросла до 15,8% тогда как ранее вклад всех ракообразных составлял лишь 0,8 %, и усоногие вообще не выделялись в качестве значимой биомассообразующей группы.

Таким образом, на основании более полного обследования залива, выполненного в начале 2000-х годов, можно говорить, что в настоящее время, ухудшения ситуации, связанной с заилением акватории, не наблюдается, но происходит некоторая перестройка бентосных сообществ и усиление отдельных биомассообразующих групп.

В целом, несмотря на некоторый «разброс» данных о средней биомассе бентоса и обилии доминирующих групп с 1930-х годов по настоящее время, на наш взгляд, существенных перестроек в структуре макробентоса Амурского залива не произошло.

Таблица 25. Многолетние изменения в донных сообществах Амурского залива

Table 25. Long-term changes in benthic communities of the Amur Bay

		Данные Дерюгина 1925–1933 гг.*	Данные ДВНИГМИ 1986–1989 гг.*	Данные ДВНИГМИ 2001 г.*	Данные ТИНРО– центра 2000-е гг.
Средняя биомасса, г/м ²		150	73,9	157,5	517,3
Доминирующие виды (экз./м ²)	Polychaeta	<i>Maldane sarsi</i> (800–2200) <i>Scoloplos armiger</i> (170–300) <i>Lumbrineris minuta</i> (250) <i>Anobothrus</i> (= <i>Sosane</i>) <i>gracilis</i> (150–800)	<i>Maldane sarsi</i> (333,6) <i>Tharyx pacifica</i> (1872, до 8100) <i>Dipolydora cardalia</i> (до 2100) <i>Lumbrineris</i> sp. (339,6) <i>Schistomeringos japonica</i> (132,0)	<i>Maldane sarsi</i> (82,9) <i>Tharyx pacifica</i> (604,6) <i>Lumbrineris</i> sp. (190,2) <i>Sigambra bassi</i> (85,9)	<i>Maldane sarsi</i> (до 2145) <i>Scoloplos armiger</i> (до 596) <i>Dipolydora cardalia</i> (до 850)
	Bivalvia	<i>Nucula tenuis</i> (250–1000)	<i>Raeta pulchella</i> , <i>Callithaca adamsi</i> , <i>Yoldia</i> sp., <i>Axinopsida o.</i> <i>Subquadrata</i> , <i>Leop- nucula tenuis tenuis</i> (= <i>Nucula</i>) <i>tenuis</i>)	<i>Theora lubrica</i>	<i>Macoma scarlatoi</i>
	Ophiuroidea	<i>Ophiura sarsi</i> (120–735)			<i>Ophiura sarsi vadicola</i> (до 736)

* – Данные приведены по М.А. Ващенко, 2006

Заключение

В результате исследований в сублиторали зал. Петра Великого выявлено более 34 таксономических групп макробентоса. В целом по заливу величина общей биомассы изменялась от 4 до 7265 г/м²; среднее $362,45 \pm 38,09$ г/м². Наибольшие площади дна заняты поселениями животных с биомассой 100–500 г/м². Величины биомассы, превышающие 1000 г/м², отмечены в восточной части Амурского залива, на западной его стороне ближе к выходу в б. Перевозной и районе устья р. Барабашевки, а также в открытой части между п-овом Ломоносова и о. Рейнеке, в кутовой части этого залива у мысов Тупой и Угольный; на западном и восточном побережьях зал. Восток; в прибрежной восточной части зал. Находка. Максимальная величина общей биомассы, равная 7265,0 г/м², зафиксирована в кутовой части Уссурийского залива в районе м. Тавайза. Во всех указанных районах преобладают двустворчатые моллюс-

ки. Основными таксономическими группами макробентоса в целом по заливу, играющими главную роль в формировании его общей биомассы (86 %) являются двустворчатые моллюски (46,8 %), полихеты (12,2 %) и голотурии (7,1 %), в меньшей степени – усоногие раки (5,3 %), высшие растения (4,3 %), морские звезды (4,0 %), морские ежи (3,5 %) и форониды (3,2 %). Двустворчатые моллюски являются доминантной группой почти во всех обследованных зонах залива (за исключением юго-западной и центральной частей внешнего шельфа), где их доля в формировании биомассы колебалась от 34 до 74 %. Необходимо отметить, что *Crenomytilus grayanus*, *Modiolus kurilensis*, *Arca boucardi*, *Crassostrea gigas*, *Anadara broughtoni* преобладали в зоне закрытых акваторий заливов, в остальных зонах доминировали *Serripes groenlandicus*, *Macoma scarlatoi* и *Callithaca adamsi*.

В зонах закрытых акваторий заливов выявляются различия в структуре общей биомассы: в кутовых частях Амурского и Уссурийского заливов основными являются двустворчатые моллюски, форониды, актинии, усоногие раки, полихеты и морские травы; в заливах Восток и Находка – двустворчатые моллюски, морские травы, морские звезды и ежи, водоросли и полихеты. В отличие от кутовых частей Амурского и Уссурийского заливов в заливах Восток и Находка, двустворчатые моллюски имеют существенно меньший вклад в общую биомассу; водоросли, морские травы, а также морские звезды и ежи, напротив, составляют заметно большую долю.

В зоне открытых акваторий внутреннего шельфа в интервале глубин 20–50 м основа общей биомассы сформирована, главным образом, двустворчатыми моллюсками, многощетинковыми червями и офиурами. Второстепенное значение имеют усоногие ракообразные и голотурии. Макрофитобентоса на данных глубинах практически нет.

В зоне внешнего шельфа основу общей биомассы формируют двустворчатые моллюски, многощетинковые черви, амфиподы, эхиуриды, сипункулиды, голотурии и губки.

Выявленное количественное обилие и качественный состав макробентоса свидетельствует о достаточной величине его ресурса в зал. Петра Великого и удовлетворительном состоянии в целом.

Литература

Асочаков А.А. Исследование популяционной биологии и моделирование процессов амфипод зал. Петра Великого (Японское море) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток : ДВО РАН, 1998. 16 с.

Багавеева Э.В. К экологии многощетинковых червей (Polychaeta) бухты Золотой Рог (Японское море) // Многощетинковые черви и их экологическое значение. СПб. : ЗИН РАН, 1992. С. 115–119.

Базикалова А.Я. Возраст и темпы роста *Pecten yessoensis* (Jay) // Известия АН СССР. 1934. Т. 2–3. С. 389–394.

Базикалова А.Я. Некоторые данные о размножении гребешка // Изв. ТИНРО. 1950. Т.32. С. 161–163.

Базикалова А.Я. Некоторые данные по биологии и промыслу гребешка // Рыбн. хоз-во Дальнего Востока. 1930. №. 9–11. С. 63–67.

Белан Т.А., Белан Л.С. Состав и количественное распределение макрозообентоса в Амурском заливе // Океанология. 2006. Т. 46. № 5. С. 685–694.

Белан Т.А. О состоянии придонной макрофауны залива Находка в 1995 году // Гидрометеорологические и экологические исследования морей: оценка воздействия на морскую среду. Владивосток : Дальнаука, 1999. С. 167–175.

Белан Т.А. Особенности обилия и видового состава бентоса в условиях загрязнения (залив Петра Великого, Японское море) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2001. 26 с.

Белан Т.А. Полихеты как индикаторы загрязнения Амурского залива (Японское море) // Многощетинковые черви и их экологическое значение // Исслед. фауны морей. 1992. Т. 43 (51). С. 120–125.

Белан Т.А. Экологические исследования в заливе Стрелок и бухте Рифовой // Гидрометеорологические процессы на шельфе: оценка воздействия на морскую среду. Владивосток : Дальнаука, 1998 (Тр. ДВНИГМИ, 1998). С. 125–131.

Будникова Л.Л. Бентосные амфиподы (Crustacea: Amphipoda) в юго-западной части залива Петра Великого // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Т. 2. Владивосток : ДВО РАН, 2001. С. 98–109.

Будникова Л.Л., Ленская С.А. Разноногие раки (Amphipoda, Gammaridea) залива Восток (Японское море) // Фауна и экология морских организмов. Владивосток, 1984. С. 144–167. Деп. В ВИНТИ 05.06.84, N 3651–84.

Будникова Л.Л., Павлючков В.А. Фауна и экология бокоплавов (Amphipoda, Gammaridea) открытой части залива Посъета // Гидробиологические исследования заливов и бухт Приморья. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 46–51.

Василенко С.В. Фауна капреллид (Amphipoda, Caprellidea) залива Посъет (Японское море) и некоторые данные по их экологии // Биоценозы залива Посъет Японского моря. Л. : Наука, 1967. С. 196–229.

Василенко С.В., Царева Л.А. Новые виды Сипасеа из южной части залива Петра Великого (Японское море) // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1990. Т. 218. С. 54–74.

Ващенко М.А. Состояние прибрежных экосистем в Амурском заливе (зал. Петра Великого, Японское море): обзор данных 1980-х, 1990-х и 2000-х гг. // Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий : мат. Межд. научно-практ. конф. Владивосток. 2006. С. 30–36.

Волова Г.Н. Донные биоценозы Амурского залива (Японское море) // Изв. ТИНРО. 1985. Т. 110. С. 111–119.

Волова Г.Н., Жакина Т.И., Микулич Л.В. 1971. Бентос бухты Алексева (залив Петра Великого) // Прибрежный планктон и бентос северной части Японского моря. Владивосток : Дальнаука, 1980. С. 32–41.

Волова Г.Н., Голиков А.Н., Кусакин О.Г. Раковинные брюхоногие моллюски залива Петра Великого. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1979. 170 с.

Габаев Д.Д., Кучерявенко А.В., Шепель Н.А. Антропогенное эвтрофирование залива Посъета Японского моря установками марикультуры // Биол. моря. 1998. Т. 24. № 1. С. 53–62.

Гаврилевский А.В., Гаврилова Т.А., Кочергин И.Е. Комплексная количественная оценка параметров источников загрязнения морской акватории, прилегающей к Владивостоку // Гидрометеорологические процессы на шельфе: оценка воздействия на морскую среду. Владивосток : Дальнаука, 1998. (Тр. ДВНИГМИ, 1998). С. 102–113.

Голиков А.Н., Скарлато О.А. Моллюски залива Посъета (Японское море) и их экология // Тр. ЗИН АН СССР. 1967. Т. 42. С. 5–154.

Голиков А.Н., Скарлато О.А., Бужинская Г.Н., Василенко С.В., Голиков А.А., Перестенко Л.П., Сиренко Б.И. Изменение бентоса залива Посъета (Японское море) за последние 20 лет как результат накопления органического вещества в донных отложениях // Океанология. 1986. Т. 26. Вып. 1. С. 131–135.

Гордеева К.Т. Новые данные о распределении бентоса в восточной части залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. 1949. Т. 31. С. 79–88.

Гульбин В.В., Арзамасцев И.С., Шулькин В.М. Экологический мониторинг акватории порта Восточный (бухта Врангеля) Японского моря (1995–2002 гг.) // Биология моря. 2003. Т. 29. № 5. С. 320–330.

Гусарова И.С. Макрофитобентос залива Восток (Японское море) // Комаровские чтения, 1988. Вып. XXXV, С. 11–35.

Дерюгин К.М. Зоны и биоценозы залива Петра Великого (Японского моря) // Сборник, посвященный научной деятельности Н.М. Книповича. М., Л. : Пищепромиздат, 1939. С. 115–142.

Дерюгин К.М. Отчет по Тихоокеанской научно-промысловой станции за период с 14 июля по 1 октября 1926 г. // Изв. Тихоокеанской научно-промысловой станции. 1928. Вып. 1. С. 267–287.

Дерюгин К.М., Сомова Н.М. Материалы по количественному учету бентоса залива Петра Великого (Японское море) // Исследования дальневосточных морей СССР. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1941. Вып. 1. С. 13–36.

Дробязин Е.Н. Современное состояние ресурсов шримса-медвежонка в заливе Петра Великого и возможные перспективы их эксплуатации в водах Приморья // Материалы научно-практической конф. «Приморье – край рыбацкий». Владивосток, 2002. С. 8–11.

Закс И.Г. Предварительные данные о распределении фауны и флоры в прибрежной полосе залива Петра Великого в Японском море // Произв. силы Дальнего Востока : I конф. по изучению произв. сил Дальнего Востока. Новосибирск, 1927. Т. 4. С. 213–247.

Закс И.Г. Сырьевые запасы трепанга в дальневосточных морях // Рыбное хозяйство Дальнего Востока, 1930, №2. С. 37–40.

Иванов Д.Л. Каудофовеаты (Mollusca, Caudofoveata) залива Петра Великого // Гидробиологические исследования заливов и бухт Приморья. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 28–41.

Кашенко Н.В. Донные сообщества макрофитов залива Восток Японского моря // Биология моря. 1999. Т. 25. №5. С.360–364.

Климова В.Л. Донная фауна залива Посъета // Прибрежный планктон и бентос северной части Японского моря. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 20–31.

Климова В.Л. Изменение распределения трофических зон бентоса зал. Петра Великого с 30-х по 70-е годы // Океанология. 1976. Т. 16. Вып. 2. С. 343–345.

Климова В.Л. Количественное распределение бентоса залива Петра Великого (Японское море) летом 1970 г. // Тр. ВНИРО. 1971. Т. 87/7. С. 97–103.

Климова В.Л. О межгодовой изменчивости донной фауны шельфа центральной части залива Петра Великого (Японское море) // Океанология. 1974. Т. 14. Вып. 1. С. 173–175.

Климова В.Л. Состав и распределение бентоса залива Петра Великого (Японское море) и его многолетние изменения : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1981. 25 с.

Кобликов В.Н. Распределение многощетинковых червей в заливе Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. 1977. Т. 101. С. 31–41.

Кобякова З.И. О некоторых изменениях фауны в прибрежных участках залива Петра Великого Японского моря // Вестник Ленинградского университета. 1962. № 21. Сер. биол., 4. С. 63–71.

Костина Е.Е., Спирина И.С., Янкина Т.А. Распределение макробентоса на литорали залива Восток Японского моря Биология моря. 1996. Т. 22. № 2. С. 81–88.

Кудряшов В.А. К фауне амфипод литорали северной части залива Петра Великого // Прибрежный планктон и бентос северной части Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 80–92.

Макиенко В.Ф. Водоросли-макрофиты залива Восток (Японское море) // Биология моря. 1975. №2. С. 45–57.

Марковская Е.Б. К биологии мидии залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. 1952. Т. 37. С. 163–173.

Марковская Е.Б. О распространении гребешка в зал. Петра великого // Известия ТИНРО. 1951. Т. 35. С. 199–200.

Микулич Л.В., Бирюлина М.Г. Некоторые вопросы гидрологии и донная фауна залива Посъета // Тр. ДВНИГМИ. 1970. Вып. 30. С. 300–316.

Микулич Л.В., Нейман А.А. Донные биоценозы залива Посъета Японское море) // Океанология. 1977. Т. 17. Вып. 2. С. 338–341.

Недоросткова И.Г., Христофорова Н.К. Загрязнение вод юго-западной части залива Петра великого фенолами // тез. докл. 2-й Российской школы «Геохимическая экология и биогеохимическое районирование биосферы». М. : Изд-во РАН, 1999. С. 26–27.

Нейман А.А. Рекомендации по исследованию бентоса шельфов. – М. : Всесоюз. НИИ рыбн. хоз-ва и океаногр., 1983. 24 с.

Огородникова А.А., Вейдеман Е.Л., Силина Э.И., Нигматулина Л.В. Воздействие береговых источников загрязнения на биоресурсы залива Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. 1997. Т. 122. С. 430–450.

Озолинъш А.В., Климова В.Л. Донные сообщества мягких грунтов Дальневосточного государственного морского заповедника // Экосистемные исследования: прибрежные сообщества залива Петра Великого. Владивосток: ДВО АН СССР, 1994. С. 40–58.

Олейник Е.В. Исследование состояния сообществ двустворчатых моллюсков в Амурском заливе // Гидрометеорологические процессы на шельфе: оценка воздействия на морскую среду. Владивосток : Дальнаука, 1998. (Тр. ДВНИГМИ; 1998). С. 131–136.

Олейник Е.В., Мощенко А.В., Лишавская Т.С. Влияние загрязнения донных отложений на видовой состав и обилие двустворчатых моллюсков в заливе Петра Великого Японского моря // Биол. моря. 2004. Т. 30. N 1. С. 39–45.

Павлючков В.А. Некоторые данные о составе и распределении разноногих раков (Amphipoda – Gammaridea) сублиторали залива Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. 1975. Т. 98. С. 43–48.

Погребов В.Б., Кашенко В.Н. Донные сообщества твердых грунтов залива Восток Японского моря // Биологические исследования залива Восток. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1976. С.12–22.

Разин А.И. Морские промысловые моллюски Южного Приморья // Изв. ТИНРО. 1934. Т. 8. 100 с.

Раков В.А., Селиванова Е.Н., Шевченко О.Г, Завертанова Ю.В., Слободская В.В. Мониторинг биоты залива Находка // Дальневосточные моря России. Кн.2. Исследования морских экосистем и биоресурсов. М. : Наука, 2007. С.557–578

Скарлато О.А., Голиков А.Н., Василенко С.В., Цветкова Н.Л., Грузов Е.Н., Несис К.Н. Состав, структура и распределение донных биоценозов в прибрежных водах залива Посъет (Японское море) // Исслед. фауны морей. 1967. Т. 5 (13). С. 5 – 61.

Тарасов В.Г. Распределение и трофическое районирование донных сообществ мягких грунтов залива Восток Японского моря // Биол. моря. 1978. № 6. С. 16–22.

Ткалин А.В. Загрязнение морской среды в приустьевой зоне реки Туманной // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток : ДВО РАН, 2001. Т. 2. С. 20–26.

Ткалин А.В. Оценка состояния морской среды в районе Владивостока по содержанию поллютантов в моллюсках и грунтах // Гидрометеорологические процессы на шельфе: оценка воздействия на морскую среду. Владивосток : Дальнаука, 1998. (Тр. ДВНИГМИ; 1998). С. 114–124.

Ткалин А.В., Климова В.Л., Шаповалов Е.Н., Кулинич Н.М., Севостьянов А.В., Белан, Борисов Б.М. Некоторые региональные последствия антропогенного воздействия на морскую среду. Л. : Гидрометеиздат, 1990. 107 с.

Фадеев В.И., Фадеева Н. П. Воздействие загрязнения на донные сообщества в районах крупных портов Дальнего Востока // Реакция морской биоты на изменения природной среды и климата: материалы Комплексного регионального проекта ДВО РАН по программе Президиума РАН. Владивосток : Дальнаука, 2007. С. 81–90.

Христофорова Н.К., Журавель Е.В., Недоросткова И.Г. Содержание детергентов и фенолов в поверхностных водах приустьевой зоны реки Туманной и сопредельных морских водах (залив Петра Великого Японского моря) // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток : ДВО РАН, 2001. Т. 2. С. 27–40.

Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н. Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. Владивосток : Дальнаука, 1994. 297 с.

Цветкова Н.Л. Динамика численности и биоэнергетические характеристики популяций некоторых прибрежных видов бокоплавов залива Посъета (Японское море) // Гидрология и биогеография шельфа холодных и умеренных вод Мирового океана. Л. : Наука, 1974. С. 118–120.

Цветкова Н.Л. К фауне и экологии бокоплавов (Amphipoda, Gammaridea) залива Посъет (Японское море) // Исслед. фауны морей. 1967. Т. 5 (13). С. 160–195.

Цветкова Н.Л. Новые виды амфипод семейства Dexaminidae, Phliantidae и Biancolinidae – тепловодные элементы фауны залива Посъета (Японское море) // Зоол. ж. 1976. Т. 55. Вып. 5. С. 684–695.

Цветкова Н.Л. Новый род и новые виды бокоплавов (Amphipoda, Corophioidea) из Японского моря // Исслед. фауны морей. 1977. Т. 21 (29). С. 88–100.

Щапова Т.Ф., Мокиевский О.Б., Пастернак Ф.А. Флора и фауна прибрежных зон о-ва Путятина (Японское море) // Тр. Инст. океанол. АН СССР. Ч. I. 1957. Т. XXIII. С. 67–101.

Belan T.A. Benthos abundance pattern and species composition in conditions of pollution in Amursky Bay (the Peter the Great Bay, the Sea of Japan) // Marine Pollution Bulletin. 46. 2003. P. 1111–1119.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ МОРСКОЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК ДВО РАН: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ, БИОТА, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ.

А.Н. Малютин, А.В. Гульбина

Дальневосточный морской биосферный заповедник ДВО РАН

Статья посвящена описанию Дальневосточного морского биосферного заповедника ДВО РАН – уникального уголка естественной природы Приморского края. Основанный в 1978 г., заповедник был и остается центром сохранения биологического разнообразия морской и островной биоты зал. Петра Великого. В статье описывается непростая история создания заповедника, его географическое расположение, условия существования биоты. Общее число видов растений и животных, отмеченных в заповеднике, превышает 5100. Дана характеристика биоты заповедника в целом по группам: морские беспозвоночные, рыбы, птицы, морские млекопитающие и сосудистые растения. Специальное внимание уделено редким и наиболее интересным видам флоры и фауны заповедника. Дана характеристика современного состояния заповедника и основных проблем, с которыми ему приходится сталкиваться: браконьерство и несанкционированное частное строительство вблизи его границ.

Ключевые слова: зал. Петра Великого, морской заповедник, биоразнообразие

FAR EAST MARINE BIOSPHERE RESERVE OF FEB RAS: THE HISTORY OF ESTABLISHMENT, BIOTA AND MODERN SITUATION

A.N. Malyutin, A.V. Gulbina

Far East Marine Biosphere Reserve FEBRAS

The paper is devoted to the Far East State Marine Biosphere Reserve of Far East Branch of Russian Academy of Sciences – the unique natural site of Primorsky krai (Maritime Province). Established in 1978 it was and still remains the center of marine and insular biota preservation in Peter the Great Bay. The paper describes the difficult history of the Reserve establishment, its geographical position and environment. A total number of plant and animal species found in the Reserve is more than 5100. The general characteristic of biota is presented, based upon marine invertebrates, fish, birds, marine mammals and vascular plants. Special attention is paid to the rare and the most interesting species. The modern situation in the Reserve is discussed as well as the main problems are outlined. Among the last are poaching activity and illegal private construction nearby the Reserve's borders.

Keywords: Peter the Great Bay, marine reserve, biodiversity

Без малого 35 лет назад на акватории залива Петра Великого был создан Дальневосточный государственный морской заповедник. Почему же первый в стране морской заповедник был создан именно здесь? Причин этому несколько. Во-первых, зал. Петра Великого расположен в Японском море, а оно является самым богатым по биоразнообразию морем России. Здесь описано только одних беспозвоночных 2900 видов (в заливе Петра Великого – 2600) (Адрианов, 2004). А морских животных в

целом в заливе описано около 4000 видов, которые относятся к 105 классам 52 типов морских организмов (Адрианов, Кусакин, 1998). Во-вторых, здесь находятся удивительно красивые подводные и островные ландшафты. В-третьих, в расположенном на берегах зал. Петра Великого г. Владивостоке располагались (и находятся сейчас) несколько научных организаций (Институт биологии моря ДВО РАН, Тихоокеанский институт рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО), Дальневосточный государственный университет и др.), которые с радостью имели бы под боком уголок нетронутой морской природы, который мог бы стать своего рода ее эталоном, что очень важно для научных исследований. Наконец, нашлись люди, которые не просто проявили инициативу, но и сумели преодолеть многочисленные бюрократические, ведомственные и многие другие препятствия. Подробнее об этом ниже.

Перед заповедником стоит триединая задача: охрана природных комплексов и культурного наследия, научная и эколого-просветительская деятельность, в рамках которой есть несколько основных направлений деятельности.

1. Прежде всего, это охрана заповедной территории и акватории с целью сохранения уникального биологического разнообразия растений и животных и их генофонда.

2. Сохранение культурного и военно-исторического наследия.

3. Изучение морских и островных биоценозов заповедника и их изменений в результате естественных процессов, а также в результате антропогенного воздействия.

4. Разработка научных основ сохранения и восстановления морских и островных экосистем.

5. Разработка научных рекомендаций для морского природоохранного дела.

6. Эколого-просветительская деятельность и познавательный природный экологический туризм как необходимый и весьма эффективный инструмент воспитания у людей бережного отношения к природе.

Необходимо подчеркнуть, что в наши дни особо охраняемые природные территории и акватории (прежде всего, заповедники) являются наиболее эффективным способом сохранения биологического разнообразия. И это важнейшая задача Дальневосточного морского биосферного заповедника ДВО РАН. Морским заповедником накоплен уникальный многолетний опыт работы по охране природы моря.

Из истории создания

Идея необходимости сохранения уникальной природы акватории и островов залива Петра Великого Японского моря возникала у многих людей: подводный мир залива поражал своим видовым многообразием, острова покорила красотой и величием скал, удивляло разнообразие растительных сообществ, сконцентрированных на небольших участках суши, количество видов и численность базаров морских колоннальных птиц, лежбища тюленя ларги. Еще в 1893 г. на островах, протянувшихся от Южной оконечности п-ова Муравьев-Амурский до устья реки Туманная (Туманган), было учреждено островное лесничество «...для исключительного контролирования морских промыслов» (Пальчевский, 1897). В ноябре 1974 г. приостровные акватории островов Рикорда, Наумова, Малого, Клыкова, Верховского, Пахтусова, Карамзина, Кротова, Сергеева, Моисеева, Желтухина, Антипенко, Сибирякова, Рим-

ского-Корсакова, Фуругельма, Веры были объявлены водными памятниками природы. Большой интерес к подводному миру островов был у сотрудников Института биологии моря ДВО РАН, осваивавших новые методы подводных исследований в заливе, который был поддержан директором института тогда чл.-корр. АН СССР Алексеем Викторовичем Жирмунским и известным ученым и организатором рыбохозяйственной науки на Дальнем Востоке профессором А.Г. Кагановским, «...с которым мы много раз обсуждали задачи и перспективы развития морской биологии на Дальнем Востоке, и в частности идею создания морского заповедника» (Жирмунский, 1981)

В 1974 г. А.В. Жирмунский выступил с инициативой придания части акватории и островов зал. Петра Великого статуса морского заповедника – с режимом особой охраны, навечно изымающим данную территорию и акваторию из хозяйственного использования. Вопрос о морском заповеднике из идеи стал воплощаться в программу конкретных мероприятий, были разработаны основные принципы его организации и задачи научной деятельности. 2 января 1975 г. в Институте биологии моря была создана новая структура – Морской заповедник, на должность заведующего которого был избран по конкурсу Ю.Д. Чугунов. С этого момента начался долгий и тернистый путь организации первого в стране морского заповедника.

В основу создания проекта заповедника легли многолетние исследования акватории и островов залива Петра Великого ученых-дальневосточников: ботаников Г.Э. Куренцовой, П.Г. Горового; орнитологов Ю.Н. Назарова, В.Ю. Шибаева, Н.М. Литвиненко. Важны были, безусловно, рекомендации гидробиологов О.Г. Кусакина, О.Г. Скарлато, А.Н. Голикова, Л.В. Микулич, контр-адмирала, флагманского штурмана ТОФ Э.С. Бородина. В поддержку создания морского заповедника выступили ученые ТИНРО З.Г. Иванкова, В.Е. Родин, М.В. Суховеева, А.И. Чигиринский, которые оценили этот район как важный питомник для размножения многих промысловых видов рыб и беспозвоночных животных.

На процедуру предварительного согласования проекта ушло более трех лет. В процессе согласования проекта заповедника возникли серьезные трудности со Штабом Тихоокеанского флота Минобороны СССР, с Приморрыбпромом объединения Дальрыба Минрыбхоза СССР и с Главным управлением охотничьего хозяйства и заповедников при Совете Министров РСФСР.

Против создания Дальневосточного государственного морского заповедника (ДВГМЗ) выступил командующий Тихоокеанским флотом. Через некоторое время вопрос о создании заповедника был рассмотрен Главным штабом ВМФ СССР и решен положительно. 31 декабря 1976 г. было принято совместное решение ВМФ СССР и Академии наук СССР об образовании Морского заповедника. Только этот беспрецедентный документ позволил пройти через все бюрократические рогатки и юридически оформить создание ДВГМЗ.

Второе серьезное сопротивление на пути организации заповедника оказал Приморрыбпром. Специалисты рыбной промышленности доказывали, что Морской заповедник приведет к сокращению добычи рыбы в зал. Петра Великого на 30% и разрушит план развития марикультуры. Тогда А.В. Жирмунский обратился за помощью к первому секретарю крайкома КПСС В.П. Ломакину и тот обязал руководителя Дальрыбы, как члена бюро Приморского крайкома КПСС, одобрить организацию ДВГМЗ.

Третье препятствие возникло из-за различных позиций Совета Министров РСФСР и Военно-Морского флота СССР. Совет Министров считал, что заповедник, создаваемый на территории России, должен подчиняться Главохоте РСФСР, а не Академии наук СССР. Чтобы выйти из этого противоречия, по совету юристов решили организовать заповедник через Совет Министров СССР, а не РСФСР. Этот факт также является беспрецедентным в истории заповедного дела СССР.

24 марта 1978 г. вышло Постановление Совета Министров СССР за № 228 «Об организации Дальневосточного государственного морского заповедника», определившее дату рождения первого в стране морского заповедника. Морской заповедник был создан в целях сохранения природной среды наиболее богатого по составу морской и островной флоры и фауны залива Петра Великого Японского моря, и прежде всего генофонда морских организмов, а также проведения научно-исследовательской работы и осуществления просветительской деятельности. Дату рождения первого в стране государственного морского заповедника по праву можно считать началом организации системы охраны морских акваторий в России (Гульбина и др., 2007).

Новой для России особенностью созданного заповедника было его деление на функциональные зоны. Идея о зонировании Морского заповедника была выдвинута Ю.Д. Чугуновым (1981) и базировалась на структуре национальных парков, существовавших в то время только за рубежом. В заповеднике выделялось четыре участка с различным функциональным значением: Южный, Западный, Восточный и Северный участки. 20 февраля 1979 г. Президентом АН СССР академиком А.П. Александровым и заместителем Министра обороны СССР Главнокомандующим ВМФ адмиралом флота Советского Союза С.Г. Горшковым было подписано Положение о Дальневосточном государственном морском заповеднике – документ, утвердивший режим и основные направления работы заповедника.

Перестройка в природоохранных ведомствах и передача Управления заповедников из Госкомэкологии РФ в Министерство природных ресурсов России (МПР РФ) напрямую не затрагивали интересов заповедников РАН. Однако в середине 90-х гг. в Управлении заповедников МПР РФ, которому уже подчинялась большая часть заповедников страны, появилось устойчивое желание переподчинить МПР академические заповедники (тогда их было всего 4, причем 3 – в Дальневосточном отделении РАН). В результате очень сложных переговоров директора Института биологии моря ДВО РАН академика В.Л. Касьянова, заручившегося поддержкой Президиума РАН, с руководством МПР Российской Федерации 28 августа 2003 г. было подписано Соглашение, регламентирующее отношения заповедников РАН и Министерства природных ресурсов. При этом указывалось на то, что заповедники, как государственные учреждения, должны иметь самостоятельный юридический статус. Соглашение предусматривает «взаимодействие и сотрудничество» подписавших его сторон в части «совершенствования государственного управления федеральными природными заповедниками РАН».

Одновременно началась деятельность, направленная на получение международного признания Морского заповедника. Директором заповедника А.Н. Малютиным были подготовлены и представлены в ЮНЕСКО необходимые документы, на основании которых заповедник 15 сентября 2003 г. получил статус биосферного резервата и был включен в мировую систему биосферных резерватов.

После длительного согласования необходимых документов с 1 октября 2006 г. Морской заповедник стал самостоятельным юридическим лицом, на должность директора Дальневосточного морского биосферного государственного природного заповедника был избран А.Н. Малютин.

Постоянная охрана заповедной акватории и территории островов началась после утверждения Положения ДВГМЗ и выхода Решения Приморского крайисполкома об отводе заповеднику земель. Для прохода судов акватория заповедника была закрыта 27 августа 1980 г.

К 1979 г. был подготовлен план охраны заповедника, который предусматривал размещение опорных пунктов охраны (кордонов), маршруты охранных судов по акватории, пешие маршруты по побережью, пункты длительного наблюдения, взаимодействие со сторожевыми кораблями и заставами, схему радиосвязи, необходимое число сотрудников, техническое обеспечение охраны.

Одновременно с работой по согласованию документов об организации Морского заповедника на о. Попова создается музей охраны природы моря. Решение о создании музея рассматривалось не только как способ популяризации знаний о море и необходимости его охраны, но и как рупор идеи о необходимости создания в заливе Петра Великого государственного морского заповедника. Открытая ещё 11 ноября 1977 г. экспозиция музея во многом способствовала организации самого заповедника. Впервые в крае рыбаков и моряков широко пропагандируемая идея о необходимости охраны природы моря была высказана и услышана.

Был создан структурный план музея из семи разделов, отражающих семь самых важных тем, способствующих раскрытию жизни моря и проблемы ее охраны. Из семи тем структурного плана музея пять остаются актуальными до сих пор: животный и растительный мир зал. Петра Великого, экосистемы коралловых рифов, рыбное хозяйство Дальнего Востока, марикультура. Активное участие в разработке тематико-экспозиционного плана музея и в создании целого ряда экспозиций приняли ученые Института биологии моря ДВО РАН. Открытие музея состоялось 11 ноября 1977 г. С момента открытия музея и по настоящее время его деятельностью руководит А.А.Гульбина.

Уже в первые годы работы Музей (первоначально – выставка «Природа моря и ее охрана»¹) привлекает большое количество посетителей. Несмотря на то, что он находится на острове, доставка людей на который городским транспортом осуществляется только два раза в сутки, за первые 10 лет экспозицию посетили около 50 тыс. человек. 16 мая 1996 г. музей «Природа моря и ее охрана» зарегистрирован во Всероссийском Реестре Музеев.

С 1996 г. начинается новый этап природоохранной деятельности в музее. При содействии и финансовой поддержке Всемирного фонда дикой природы при музее организуется Центр экологического просвещения. Открывается учебный кабинет, комнаты для проживания, столовая. По острову прокладываются экскурсионные маршруты. На основании рекомендации Минприроды летом 2000 г. в заповеднике

¹ Статус Музея выставка получила в феврале 1993 г.

создается отдел экологического просвещения, в состав которого входят музей и Центр экологического просвещения.

В 2007–2008 гг. в рамках инновационной деятельности ДВО РАН сотрудниками Института истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока ДВО РАН и Дальневосточного морского биосферного заповедника ДВО РАН на о. Попова создан археолого-этнографический музейный комплекс под открытым небом «Наследие», задача которого – интерактивный показ наиболее ярких элементов культуры народов, населяющих юг Дальнего Востока во второй половине 1 тыс. до н.э. – XIX в.

В 1984 г. было разработано «Положение об Островном ботаническом саде», где были сформулированы следующие пять научных принципов его деятельности:

- природоохранный – сохранение генофонда растений, прежде всего, редких и исчезающих видов, специфических и уникальных растительных сообществ и отдельных оригинальных форм, разновидностей и популяций, характерных для островов заповедника и близлежащих островов зал. Петра Великого.

- исторический – восстановить картину коренной флоры и растительности островов.

- эколого-фитоценотический – искусственные фитоценозы должны создаваться по подобию их аналогов и микроусловий в природной обстановке на островах.

- научного эксперимента – изучение генофонда растений в культуре, отбор наиболее ценных для науки и практики видов, форм и генотипов, экспериментальная проверка методов сохранения и размножения ценного материала и введение в культуру новых ценных видов и форм для различных народно-хозяйственных нужд.

- эстетический и научно-просветительский.

В 1995 г. был составлен проект ботанического сада. По этому проекту вся территория Островного ботанического сада разбита на несколько функциональных зон: мыс Ликандер (22%), на котором будут восстановлены биоценозы редких и, прежде всего, краснокнижных растений островов заповедника и проложена экскурсионная тропа. Посещение м. Ликандера разрешается только организованными экскурсионными группами. На 19% площади сада решено сформировать фрагменты лесной растительности Приморского края: участки хвойно-широколиственного и пихтово-елового леса, лиственничник, по низким местам – ясенево-ильмовой уремы. Участок в районе бухты «Безымянной» (18%) должна занять административно-хозяйственная зона. Значительная часть территории сада (41%) отводится для рекреации и развития туристической деятельности (Козин, 2004). В настоящее время по территории Островного ботанического сада проложена экологическая тропа.

Поставленные перед Морским заповедником задачи предполагали проведение обширных и разносторонних научных исследований. Основными среди них являлись: инвентаризация фауны и флоры акватории заповедника и его островов; слежение за динамикой сообществ и изменением состояния абиотической среды (мониторинг); разработка научных основ сохранения и восстановления морских и островных сообществ; разработка принципов морского заповедного дела (Жирмунский, 1981).

В 1984 г. в заповеднике была сформирована первая научная лаборатория – лаборатория гидробиологии, на должность заведующего которой был назначен В.В. Гульбин. Впоследствии лаборатория была преобразована в отдел.

Необходимо отметить, что нахождение заповедника в составе авторитетного академического Института биологии моря являлось безусловным плюсом с точки

зрения науки. Добавим, что несмотря на получение юридической самостоятельности тесные научные связи с институтом сохранились, но, возможно, получили новое наполнение. Разработаны и разрабатываются совместные программы научных исследований, проводятся совместные экспедиции.

Географическое положение

Дальневосточный морской биосферный заповедник ДВО РАН расположен в зал. Петра Великого Японского моря. Площадь заповедника составляет 64311,6 га (643,116 км²) – это около 10 % площади залива. Острова, островки и отдельно стоящие морские скальные останцы столбовидной формы – кекуры – занимают лишь около 1,5 % площади заповедника, все остальное – акватория (собственно, поэтому заповедник и назван Морским).

Всего в нем 10 островов и более 20 мелких островков, скал и кекуров, зачастую не имеющих собственных названий на карте. Самый крупный остров – Большой Пелис. Его площадь составляет около 410 га.

На островах, которые в результате повышения уровня моря отделились от материка около 8 тысяч лет назад, можно увидеть скалы, песчаные и галечные пляжи и намывные косы, сложные широколиственные и хвойно–широколиственные леса с субтропическими элементами, болота, ручьи и даже пресные озера. На территории заповедника и его охранный зоны расположены многочисленные колонии морских птиц, лежбища тюленя ларги (пестрой нерпы), произрастает около 980 видов наземных растений. Шельф островов и толща воды имеют богатейшее морское население.

Заповедник состоит из четырех разобщенных районов, или участков, каждый из которых имеет свой особый статус, определенный при его образовании.

Восточный район (45 тыс. га акватории и около 670 га островов и кекуров) – зона строгого заповедного режима. Этот район, прежде всего о-ва Римского-Корсакова, являются ядром заповедника. Нахождение в этом районе людей сведено к минимуму. Изъятие каких-либо живых организмов категорически запрещено.

Южный район (15 тыс. га акватории и около 265 га островов и кекуров) – научно–экспериментальная зона. Центром района можно считать о. Фуругельма. Здесь проводятся постоянные научные исследования, связанные с разработкой основ сохранения и восстановления морских и островных сообществ, а также постоянные мониторинговые наблюдения. Проводятся в этом районе и работы по выяснению усиливающегося влияния загрязняющих веществ стока р. Туманной (Туманган) на биоту заповедника и прилегающих районов, а также на промысловые и марикультурные участки юго-западного Приморья.

Западный район (3 тыс. га акватории) был изначально отведен под выращивание молоди приморского гребешка, в том числе и для пополнения природных популяций². Он включает в себя две бухты – Миноносок и Крейсера. Сегодня, когда морским биологическим ресурсам нанесен значительный урон, заповедник может и

² Отметим, что хозяйство марикультуры существовало в бухте Миноносок еще до образования заповедника.

должен стать источником пополнения естественных донных сообществ и в других районах зал. Петра Великого. Для этой цели Морским заповедником разработан и реализуется модельный проект по устойчивому природопользованию в хозяйствах марикультуры. Этот проект предусматривает изучение изменений в донных сообществах под воздействием марикультуры, ежегодные наблюдения за природными и высеянными популяциями в заповеднике и за его пределами.

Северный район (211,6 га территории о. Попова) – просветительская зона, здесь открыты эколого-просветительские учреждения для учебных и туристических групп. Так, музей заповедника «Природа моря и ее охрана» – единственный в стране островной естественно-научный музей – знакомит посетителей с удивительным миром моря и раскрывает комплекс проблем, связанных с ролью океана в жизни Земли. При музее создан Центр экологического просвещения, ставший морским стационаром, принимающим и обучающим студентов и школьников. В южной части о-ва Попова находится островной ботанический сад.

Заповедник окружен охранной зоной, ширина которой составляет 3 морских мили вокруг морских границ и 500 м – на побережье материка. Охранная зона имеет особый режим ограниченного природопользования. Охрана заповедника осуществляется с восьми опорных пунктов охраны – кордонов.

Среда обитания

Климат в зал. Петра Великого носит ярко выраженный муссонный характер, с сезонной сменой направления ветров на прямо противоположное. В летний период господствующими ветрами являются ветры южных и юго-восточных направлений, зимой преобладают холодные северные и северо-западные ветры, которые придают этим местам некоторую суровость. В летний период, преимущественно в августе–сентябре, в зал. Петра Великого приходят тропические тайфуны, несущие дожди и сильные ветры.

Что касается температурного режима вод в заливе, то он определяется взаимодействием ветви теплого Цусимского течения, идущего от Корейского полуострова и холодного Приморского течения, идущего на юг вдоль берегов Приморья. Зимой, которая отличается большой продолжительностью (4–5 месяцев), морские воды остывают до $-1,8^{\circ}\text{C}$, летом прогреваются до $+21^{\circ}\text{C}$, а в закрытых бухтах даже до $+27^{\circ}\text{C}$. Лето теплое, с частыми, морозящими дождями. Нередки штормы и совсем обычны туманы. Средняя температура воздуха в августе $+21^{\circ}\text{C}$, но бывают и более высокие, около $+30^{\circ}\text{C}$, температуры. Зима чаще всего малоснежная, ветреная, солнечная; средняя температура воздуха в январе составляет -11°C . Легко заметить, что по температурному режиму в зимний период воды заповедника близки арктическим, а в летний – субтропическим.

Ледовую обстановку в целом можно назвать благоприятной. Хотя практически во всех бухтах образуется припай – узкая прибрежная полоса льда, ширина его не очень велика и сами бухты обычно остаются доступными для судов и моторных лодок. Закрывать бухты может только нагонный лед (Малютин, 2008).

Грунты в Морском заповеднике весьма разнообразны. Крутые скалистые берега островов и мысов на материке продолжают до глубин 15–18 м, а в отдельных

случаях даже глубже. В некоторых местах можно наблюдать вертикальные скальные стенки. Скалы и крупные глыбовые навалы сменяются галечными, песчаными или илисто-песчаными грунтами. Мягкие грунты (пески, илистые пески) наблюдаются преимущественно в заповедных бухтах материкового побережья и тех сторон островов, которые обращены к континенту.

Соленость вод – нормальная океаническая.

Биота заповедника

Уже говорилось о необычайном богатстве жизни в зал. Петра Великого, на островах, материковом побережье и назывались основные причины этого: взаимодействие холодного и теплого течений и многообразие местообитаний и биотопов. Чтобы подробно охарактеризовать подводную и островную биоту заповедника потребуется много и времени, и места. Неслучайно описанию его флоры и фауны уже посвящены коллективная двухтомная монография (Дальневосточный..., 2004а, 2004б), несколько научных сборников, сотни научных статей, защищено несколько кандидатских диссертаций.

В водах и на островах заповедника обитают тысячи видов многоклеточных животных и растений (всего – более 5100). Одни из них довольно обычны и хорошо известны, другие встречаются крайне редко. Всего же в море обнаружено свыше 1600 видов, на островах – 1800 видов и еще около 1200 – пресноводных водорослей. Немалый интерес вызывают и прибрежные материковые сообщества, где наибольший интерес представляют перелетные птицы. Только в лагунно-эстуарном комплексе долины р. Туманной насчитывается более 300 видов (Малютин, 2008). Посещают побережье заповедника и такие экзотические животные, как тигр и дальневосточный леопард, однако их вряд ли можно отнести к видам, которые находятся под охраной заповедника.

Флора и фауна Морского заповедника описывалась неоднократно, а обобщение было опубликовано относительно недавно (Дальневосточный..., 2004б), поэтому ниже мы остановимся на наиболее редких, краснокнижных или просто в чем-то интересных представителях различных групп животных.

Морские беспозвоночные. Морские беспозвоночные не только весьма многочисленны, но и чрезвычайно разнообразны. Но наиболее «важными» с позиций их охраны являются следующие.

Дальневосточный трепанг. Это едва ли не основной объект браконьерского промысла в зал. Петра Великого. Несмотря на то, что ареал этого вида достаточно широк (от Желтого моря до Южных Курил и Сахалина), а диапазон глубин обитания немал (он встречается на глубинах до 100 м), ситуация с трепангом в наших водах выглядит весьма плачевно (Левин, 2000). Исследования, проведенные нашими сотрудниками, показывают, что Морской заповедник – единственное место в зал. Петра Великого, где численность вида все еще адекватна его роли в донных сообществах, поэтому в них экологические связи еще не нарушены, в отличие от большинства других районов залива.

С точки зрения браконьерского интереса с трепангом может конкурировать лишь *камчатский краб*. Хотя основные промысловые скопления камчатского краба

находятся у западного побережья Камчатки, в зал. Петра Великого эти животные также являются объектом промысла, причем исключительно браконьерского. Ловят их как с помощью специальных приспособлений (ловушек), так и водолазным способом. В период размножения крабы выходят на мелководье у о-вов Римского-Корсакова (Восточный район заповедника) и становятся легко доступны водолазам.

Если добытый браконьерами трепанг практически полностью уходит в континентальный Китай и на Тайвань (сейчас его даже в наших ресторанах не найти), камчатский краб в значительной степени направляется в Японию, то другой излюбленный и известный объект промысла – *приморский гребешок* – попадает преимущественно на внутренний рынок. Это довольно крупный двустворчатый моллюск. Диаметр раковины отдельных уникальных экземпляров превышает 20 см. Приморский гребешок – один из самых популярных морепродуктов в Приморье. Авторам памятные времена, когда в некоторых местах зал. Петра Великого плотность его поселений достигала 6–8 штук на 1 м². Сейчас такое трудно встретить даже в Морском заповеднике.

Гигантского осьминога, или *осьминога Дюфлейна* – самого крупного осьминога в мировой фауне – пока еще можно без труда найти на скальных грунтах в заповедных водах. Этот головоногий моллюск не рассматривается пока как объект активного браконьерского промысла, поскольку он не является столь массовым видом, как трепанг, краб или приморский гребешок, не имеет налаженного рынка сбыта, может сопротивляться, пытается скрыться в скалах или уплыть. Тем не менее, в качестве попутной добычи гигантский осьминог время от времени добывается браконьерами. В случае активного браконьерского промысла может оказаться под угрозой исчезновения, по крайней мере, на небольших (до 20–30 м) глубинах, что уже имеет место во многих районах залива.

Перечисленные виды являются основными объектами браконьерства в наших водах, в том числе и в Морском заповеднике. Сегодня мы можем лишь предполагать, какие еще виды морских беспозвоночных будут пользоваться спросом на азиатских рынках в ближайшем будущем. Но то, что грустная история хищнического истребления всего и вся будет продолжаться – сомневаться не приходится.

Морские виды брюхоногих моллюсков, занесенные в Красную книгу Российской Федерации, например *тугалия гигантская*, *рапана Томаса*, *цератостома Барнетта*, а также *японский рак-богомол* и другие виды не менее интересны из-за своей редкости и требуют охраны. Однако они не являются сегодня объектами браконьерской добычи, еще и потому, что численность их невелика, поэтому за их судьбу пока можно быть относительно спокойными. Это касается и тех видов морских беспозвоночных, которые занесены в Красную книгу Приморского края. Впрочем, раковина рапаны весьма красива и крупна, поэтому ее могут добывать в качестве сувениров, что и происходит (Малютин, 2008).

Рыбы. В настоящее время в водах Приморья насчитывается 337 видов морских, солоноватоводных, проходных и пресноводных рыб. Ихтиофауна Морского заповедника также чрезвычайно разнообразна – здесь встречается около 200 видов различных морских рыб. Облик ихтиофауны на 70% определяют умеренно-холодноводные виды – это известные всем треска, навага, минтай, сельдь, корюшки, дальневосточные лососи, бычки-рогатки и некоторые другие. Довольно обычны в водах заповедника дальневосточный керчак, несколько видов терпугов, маслоков и

белдюговых рыб, которых в этих водах насчитывается до 40 видов (Соколовский и др., 2011).

В летний период в заповедных водах можно встретить многих тепловодных обитателей. Это, прежде всего, такие массовые виды рыб, как сардина-иваси, сельдь – пятнистый коносир, скумбрия, сарган, полурыл, спинорог, собаки-рыбы. Вспомним еще японского анчоуса, который, спасаясь от хищников, иногда тысячами выбрасывается на берега заповедника. Особое внимание следует уделить скатам-хвостокколам, которых порой нетрудно встретить в песчаных бухтах заповедника. Их здесь отмечено несколько видов.

Тропический оттенок ихтиофауне придают иногда заплывающие сюда ёж-рыба, рыба-луна, тунцы, пелагиды, барабульки и даже летучие рыбы. Вот их-то и можно назвать редкими, хотя и нетипичными для заповедника.

Немало экзотических на вид рыб можно найти и среди постоянных обитателей вод морского заповедника. Среди морских трав и водорослей обитают морские коньки и иглы, расписные маслюки и бычки-бабочки.

В свете недавних событий нельзя не вспомнить и об акулах. Кроме постоянно обитающих в заповедных водах катрана и сельдевой акулы, здесь отмечены и другие, опасные для человека представители хрящевых рыб. Совершенно точно можно утверждать, что атаки на людей в 2011 г. совершили большая белая акула и акула мако, или серо-голубая акула. Подчеркнем, что эти виды отмечались в зал. Петра Великого и в заповеднике и ранее, только никакого ажиотажа это не вызывало. Интересен лишь сам факт их нахождения в наших водах. Но вот трагические случаи прошлого года всколыхнули общественное мнение. Добавим также, что в водах заповедника была отмечена еще одна опасная для человека акула – акула-молот.

В заключение нельзя не упомянуть двух пресноводных видов рыб, обитающих в озере о. Большой Пелис – серебряном карасе и ротане-головешке. Каким образом и когда эти рыбы появились на острове, не вполне понятно.

Птицы. В Морском заповеднике и непосредственно прилегающих к нему районах зарегистрировано около 390 видов птиц. Одни из них достаточно обычны, приметны и легко узнаваемы даже неспециалистом. Другие чрезвычайно редки, отмечены лишь несколько раз за всю историю наблюдений, а единичные данные о некоторых экзотических птицах, увиденных в этом районе, иначе, как курьезом, не назовешь, хотя и не верить им нет оснований. Непосредственно же в Морском заповеднике гнездится более трети от общего числа видов. Казалось бы, относительно немного, но необходимо помнить, что сухопутная часть заповедника не слишком велика – всего около 1000 га.

В Морском биосферном заповеднике и прилегающих к нему районах можно встретить редких птиц, занесенных в Красные книги Международного союза охраны природы (МСОП) и Российской Федерации. Всего таких видов в заповеднике насчитывается более 80 и описанию их можно посвятить специальное издание. Поэтому ограничимся здесь упоминанием лишь наиболее интересных видов, в сохранении которых роль заповедника значительна.

Желтоклювая цапля – редчайшая, включенная в Красную Книгу МСОП, птица мировой фауны, отмеченная ранее только на островах Кореи и Китая, сейчас постоянно гнездится на о. Фуругельма (единственное место гнездования вида в России). Несомненно, что появление и гнездование здесь этого вида стало возможным только

благодаря статусу заповедника как особо охраняемой природной территории. Впервые гнездование этого вида отмечено в 1998 г (Литвиненко, Шибает, 1999), а в последние годы на острове гнездится уже около 40 пар этих птиц.

На памятнике природы о. Карамзина, находящемся под охраной Морского заповедника, располагается единственное в России гнездовье *пестроголового буревестника*, включенного в Красную книгу России. Здесь же, а также на о-вах Верховского гнездится другой представитель трубконосых – *малая качурка*. За вильчатую форму хвоста ее часто называют «морской ласточкой». Эта редкая птица включена в Красные книги МСОП и России.

Из краснокнижных хищных птиц довольно обычны в заповеднике *орланы* – *белоплечий* и *белохвостый*. Общая численность этих птиц в зимний период на островах Римского-Корсакова достигает 15–20 особей. Здесь же постоянно гнездится 3 пары *соколов сапсанов*. Одно гнездо отмечено также на о-вах Верховского, охраняемых Морским заповедником в качестве памятника природы. Этот стремительный хищник также включен в Красную книгу России.

Для *островного сверчка* – небольшой певчей птицы – зал. Петра Великого является единственным в нашей стране местом гнездования. Большая часть популяции этого вида обитает на заповедных островах, при этом численность его здесь растет. На о. Стенина гнездится *японский скворец*. Не один год в Южном районе заповедника отмечают *малую колтицу* – еще одну чрезвычайно редкую (в мире насчитывается около 1400 особей) и своеобразную, с характерным ложковидным клювом, птицу мировой фауны, которая, будем надеяться, загнездилась на о. Фуругельма постоянно. Нельзя не вспомнить и самую, наверное, яркую и красивую утку нашей страны – *мандаринку*. Обычным гнездящимся видом в районе заповедника является *амурская выть* – еще один представитель международной Красной книги. На ее страницы попал также *большой погоныш*, гнездящийся на приморских равнинах в охранной зоне Морского заповедника и на крупных островах. Своеобразный представитель семейства пастушковых – *рогатая камышница* – избежал участи быть отмеченным за свою редкость в мировом масштабе, однако в нашей стране этот вид является малочисленным, поэтому он и занесен в Красную книгу Российской Федерации. Гнездятся рогатые камышницы на острове Большой Пелис (Назаров и др., 2002)

Большинство других краснокнижных видов птиц отмечено в заповеднике либо на пролете, либо их гнездование можно считать периодическим. Для уточнения вопроса о гнездовании тех или иных птиц необходимы дальнейшие наблюдения и исследования. Но, тем не менее, восстановление и появление новых гнездовий, колоний и видов, тенденции к росту численности птиц свидетельствуют о важнейшей роли Морского заповедника в сохранении их популяций в зал. Петра Великого.

Морские млекопитающие. Необходимо отметить, что в зал. Петра Великого, а значит с большой степенью вероятности и в Морском заповеднике, отмечено большинство из почти трех десятков видов морских млекопитающих, обитающих в Японском море. Но единственным видом, постоянно живущим и размножающимся в Морском заповеднике, является тюлень ларга. Ларга, или пестрая нерпа, является одним из примечательных представителей животного мира заповедника.

Ларга – довольно обычное ластиное животное, населяющее дальневосточные моря России. Долгие годы она являлась, а кое-где остается и сейчас, объектом зверобойного промысла. Ларга же зал. Петра Великого – это самая южная группировка

данного вида в российских водах. Относительно малочисленная (в период концентрации на островах заповедника – апрель–май – ее максимальная численность составляет 2000–2100 особей), эта группировка, тем не менее, достаточно обособлена и интересна во многих отношениях, прежде всего, биологии и поведения. Ее особенностью является то, что все процессы, связанные с воспроизводством вида, происходят на береговых лежбищах, а не на льду, как у большинства других популяций (Трухин, 2005).

Важно отметить факт близости лежбищ к крупным населенным пунктам и оживленным морским транспортным путям, что является дополнительным фактором беспокойства для этих животных. В связи с этим роль Морского заповедника в охране популяции тюленя ларги в зал. Петра Великого чрезвычайно важна. Можно вспомнить, что до образования Морского заповедника численность ларги в заливе составляла всего лишь несколько сотен особей (Катин, 2005; Трухин, 2005).

Заканчивая обсуждение морских млекопитающих и роль Морского заповедника в их сохранении, следует вспомнить еще о других примечательных ластоногих отечественной фауны – сивучах. Сивучи, которые также находятся в Красной книге, в конце XIX в. были довольно обычными животными в зал. Петра Великого, образуя постоянные лежбища, например, в районе о. Аскольд. Однако в настоящее время лежбищ в заливе они не образуют, а появляются лишь периодически, причем с каждым годом число этих животных, наблюдаемых в Морском заповеднике, увеличивается. Стали отмечать даже небольшие группы этих животных. Будем надеяться, что нынешние условия обитания в Морском заповеднике позволят этим животным закрепиться на заповедных островах.

Растительность. Растительность береговой зоны зал. Петра Великого и островов интересна во многих отношениях. Видимо, поэтому видовой состав и сообщества растений изучены достаточно хорошо.

Всего на островах заповедника произрастает свыше 980 видов сосудистых растений, из которых около 7 % требуют специальных мер охраны. Довольно много здесь найдено лишайников – 198 видов, а также 123 вида мхов.

На островах заповедника, общая площадь которых составляет менее 1000 га, сформировались своеобразные сообщества растений. Более 50 % территории островов занято лесами, меньший процент площади приходится на луга (около 25–30 %), кустарники (15–20 %) и петрофильные, т.е. тяготеющие к каменистым и скальным субстратам, сообщества (примерно 5 %). Господствуют здесь сложные широколиственные леса. Леса в заповеднике небольшие по высоте, но очень густые, поскольку сильные ветры и недостаток влаги (особенно в межсезонье) заставляют деревья куститься и прижиматься к земле. Для многих пород характерна многоствольность (можно увидеть до 12 стволов от одного корня), а ширина крон часто равна высоте деревьев. Многие деревья оплетены лианами – актинидиями, древогубцами, виноградом.

Второе место по распространению на островах заповедника после лесов занимают луговые сообщества. Доминируют в них злаки, крупнокочкарные осоки, многочисленные полыни и некоторые представители разнотравья.

На приморских скалах и береговых обрывах, на песчано-галечных пляжах и гребнях островных хребтов развиваются своеобразные петрофильные сообщества.

Здесь произрастают виды, предпочитающие каменистые почвы. Их довольно много, больше 120.

Своеобразие островной растительности проявляется в том, что здесь встречаются и северные, и южные виды – как и в случае с морскими беспозвоночными и рыбами. Так, на о. Фуругельма рядом с «приморской азалией» – рододендрон Шлиппенбаха – растет рябчик камчатский, на о. Большой Пелис – дальневосточная белокорая пихта и гималайский папоротник страусник восточный, на о. Стенина – арктическая пушица и тропическая малина колючая.

Из представительного списка видов растений заповедника 62 относятся к категории особо охраняемых видов и внесены в федеральную и региональную Красные книги. В их числе яркие лилии – поникающая и ланцетолистная, орхидея бородачка японская, кустарниковый паслен крупноплодный, папоротники гроздовник прямой и пиррозия, береза Шмидта, дуб зубчатый, аралия континентальная и другие виды. Исключительную научную и природоохранную ценность имеют островные местообитания восточного страусника, малины колючей, кермека, дубровника, девичьего винограда. Популяции этих пяти видов охраняются в России и в Приморском крае только в Дальневосточном морском биосферном заповеднике (Чубарь, 2005).

Современное состояние и проблемы

В заповеднике наиболее успешно осуществляется научная и эколого-просветительская деятельность. Так, научным отделом заповедника, численность которого составляет всего лишь 10 человек, ежегодно публикуется от 20 до 35 научных работ. Инвентаризацию биоты заповедника можно признать в целом закончившейся, хотя новые виды обнаруживаются практически каждый год. Это, в основном, виды субтропического происхождения и, по-видимому, глобальное потепление позволяет проникать в воды заповедника все новым и новым видам. Впрочем, они не являются постоянными жителями заповедных вод. Сегодня на первый план научно-исследовательской деятельности выходит мониторинг. В связи с этим именно этому направлению в заповеднике уделяется особое внимание. Регулярный мониторинг проводится как на островных территориях, так и в морских сообществах.

С каждым годом наращивает свою деятельность Отдел экологического просвещения, что выражается в увеличивающемся охвате населения разнообразными природоохранными акциями, а также в активном развитии экскурсионной деятельности. Сегодня экологические маршруты проходят на территории о. Попова, в Ботаническом саду, в охранной зоне заповедника на Восточном и Южном участках и один маршрут – на о. Фуругельма.

Происходит модернизация технической составляющей заповедника и сегодня уже три опорных пункта охраны оснащены ветрогенераторными установками и солнечными батареями, что не только значительно улучшает быт государственных инспекторов отдела охраны, но и делает кордоны по-современному экологичными.

Основной проблемой и угрозой биоразнообразию заповедника по-прежнему остается браконьерство. Численность сотрудников отдела охраны пока явно неадекватна тем задачам, которые стоят перед заповедником, что особенно заметно в усло-

виях сильнейшего браконьерского пресса. Однако в 2012 г. она будет увеличена. В то же время значительно улучшилось взаимодействие с различными подразделениями пограничных войск.

Другой и, как показывает время, весьма заметной проблемой становится строительство коттеджей вблизи границ заповедника, в том числе в его охранной зоне. То, что все это происходит рядом с заповедником, к сожалению, останавливает далеко не всех. Причин здесь несколько. Это и не до конца определенный в законодательстве статус охранной зоны, и недостаточная информированность населения, и, наконец, низкая культура общения наших сограждан с природой. В последнее время сюда добавился еще интерес чиновников различного ранга, подкрепленный немалыми финансами различных бизнес-структур.

Если же бросить взгляд в будущее, то представляется, что основными направлениями деятельности, кроме уже реализуемых, должны стать следующие:

- проведение детальных научных исследований с целью определения точек деградации сообществ как в самом заповеднике, так и за его пределами и разработка мероприятий по их восстановлению;

- выработка новой концепции охраны заповедника и модернизация его материально-технической базы;

- налаживание межведомственного сотрудничества с целью реорганизации и усиления охраны заповедника, а также с целью пресечения деятельности браконьерских бригад непосредственно в местах их постоянного базирования;

- совершенствование региональной природоохранной законодательной базы и выработка природоохранных инициатив местных органов власти.

В заключение отметим, что в условиях растущей туристической активности и экономики в целом роль Дальневосточного морского заповедника в сохранении уникальной природы южного Приморья становится все более заметной.

Литература

Адрианов А.В. Стратегия и методология изучения морского биоразнообразия // Биол. Моря. 2004. Т.7. № 2. С. 91–95.

Адрианов А.В., Кусакин О.Г. Таксономический каталог биоты залива Петра Великого Японского моря. Владивосток : Дальнаука. 1998. 350 с.

Гульбина А.А., Малютин А.Н., Чугунов Ю.Д. История создания первого в России морского заповедника // Вестник ДВО РАН. 2007. №3 (133). С. 3–13.

Дальневосточный морской биосферный заповедник. Т.1. Исследования. Владивосток : Дальнаука. 2004а. 848 с.

Дальневосточный морской биосферный заповедник. Т.2. Биота. Владивосток : Дальнаука. 2004б. 848 с.

Жирмунский А.А. Предисловие // Цветковые растения островов Дальневосточного морского заповедника. Владивосток : ДВНЦ АН СССР. 1981. С. 3–5.

Катин И.О. Роль ДВМГПБЗ в охране ларги (*Phoca largha*) // Сохранение морской биоты : матер. Дальневост. конф. Владивосток, 4–8 октября 2005 г. Владивосток : Дальнаука. 2005. С. 62–63.

Козин Е.К. Проблемы и перспективы Ботанического сада заповедника. Дальневосточный морской биосферный заповедник. Исследования. Т.1. Владивосток : Дальнаука. 2004. С. 67–70.

Левин В.С. Дальневосточный трепанг. Биология, промысел, воспроизводство. СПб. : Голанд, 2000. 200 с.

Литвиненко Н.М., Шibaев Ю.В. Желтоклювая цапля *Egretta eulophotes* – новый гнездящийся вид в орнитофауне России // Русский орнитол. журн. 1999. Экспресс-выпуск № 70. С. 7–9.

Малютин А.Н. Заповедное море. Владивосток: Изд-во ДВГТУ. 2008. 128 с.

Назаров Ю.Н., Шibaев Ю.В., Литвиненко Н.М. Птицы Дальневосточного государственного морского заповедника (Южное Приморье) // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток : Дальнаука. 2002. Т. 3. С. 167–203.

Пальчевский Н.А. Личные наблюдения водных промыслов острова Хоккайдо. Сочинение японца Такао (Метинори) Хоккен // Записки Общества изучения Амурского края. Владивосток. 1987. Т. 6. Вып. 1. С. 1–97.

Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы залива Петра Великого. Владивосток : Дальнаука. 2011. 431 с.

Трухин А.М. Ларга. Владивосток : Дальнаука. 2005. 246 с.

Чубарь Е.А. Итоги инвентаризации флоры островов Дальневосточного государственного морского заповедника ДВО РАН. Ботан. журн. 2005. Т 90. № 3. С. 360–377

Чугунов Ю.Д. Принципы организации и задачи Дальневосточного государственного морского заповедника. // Цветковые растения островов Дальневосточного морского заповедника. Владивосток : ДВНЦ АН СССР. 1981. С. 6–17.

ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО: КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ

Е.В. Головащенко¹, О.Н. Лукьянова^{1,2}

¹*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО)*

²*Дальневосточный федеральный университет*

Оценка услуг экосистемы выражает ценность благ, которые люди получают от экосистем, таких как биоразнообразие, пищевая продукция, круговорот биогенов и т.д. Экономическая ценность каждой услуги измеряется ее вкладом в поддержание целостности и чистоты экосистемы. Экосистемный экономический анализ основывается как на выявлении природных особенностей, так и на расчетных методах. В статье рассчитана стоимость экосистемных услуг зал. Петра Великого. При определении общей ценности экосистемных услуг залива использована классификация и средняя годовая ценность экосистем шельфа согласно Р. Костанза (Costanza et al., 1997). Стоимость биоресурсов и других услуг рассчитаны отдельно. Стоимость рыбных ресурсов, беспозвоночных и водорослей (в ценах 2011 г.) составляет 981×10^6 долл. США или 925 долл. США/га. Общая ценность экосистемных услуг залива, включая биологический контроль, циклы биогенов, производство пищевой продукции, технического сырья и культурные услуги, составила 262×10^7 долл. США. При этом отношение стоимости биоресурсов к общей стоимости услуг составляет около 1/3.

Ключевые слова: биоресурсы, экосистемные услуги, потенциальная стоимость,

ECOSYSTEM SERVICES OF PETER THE GREAT BAY: CLASSIFICATION AND ECONOMIC VALUE

E.V. Golovashchenko¹, O.N. Lukyanova^{1,2}

¹*Pacific Research Fisheries Centre (TINRO-center)*

²*Far Eastern Federal University*

Ecosystem valuation represents the process of expressing a value for ecosystem goods or services, for example, biodiversity, recreation opportunity, food production etc. The value of any services is measured by its contribution to maintaining the health and integrity of ecosystem. Ecosystem analysis is based on a mix of intrinsic and instrumental value methods. We estimated the value of ecosystem services of Peter the Great Bay. The Bay is important commercial fishery, mariculture and recreation area. We used ecosystem classification and average global value of annual ecosystem services for shelf according to Costanza et al., 1997. We evaluated the food production and other services separately. The value of fish, algae and invertebrates production (in prices of 2011) is about USD 981×10^6 , or USD 925 per ha. The total value of ecosystem services including biological control, raw materials, cultural services etc. is about USD 262×10^7 . The food production / total value ratio is about 1/3.

Keywords: biological resources, economic value, ecosystem services.

С ростом происходящих в мире экономических изменений возникла необходимость в регулировании противоречия между получением прибыли и сохранением

качества окружающей среды. Поэтому на Конференции ООН в Рио-де-Жанейро два десятилетия назад был продекларирован переход к новой экономической модели защиты природы, в основе которой лежит оценка реальной стоимости природного капитала. Если до этого события природный капитал характеризовался в литературе как «совокупность природных ресурсов, стоимость которых измеряется на основе рыночных цен на сырье и товары», то в настоящее время под ним понимается «совокупность природных активов, предоставляющих человечеству природные ресурсы (сырье) и экологические услуги или услуги экосистем» (Прибрежно-морское природопользование..., 2010).

Экосистемные услуги – это те выгоды, которые люди получают от экосистем. Они включают: обеспечивающие (продукция, вода, природное сырье и др.); регулирующие (контроль наводнений, погоды, болезней флоры и фауны и др.); культурные (природные красоты, духовные, рекреационные, образовательные, научные и др.); поддерживающие (первичная продукция, трофические связи, круговорот питательных веществ, способность к ассимиляции загрязнений и др.).

Зал Петра Великого находится в северо-западной части Японского моря. Наличие крупных портов определяют значение залива как важного транспортного узла, на берегах которого расположены различные предприятия. Промышленные, бытовые и сельскохозяйственные сточные воды поступают в прибрежную зону практически без очистки. В то же время процесс самоочищения на основной акватории происходит достаточно интенсивно, и в настоящее время залив сохраняет рыбохозяйственное значение, здесь ежегодно ведется промысловый лов рыбы и нерыбных объектов. В прибрежной зоне устойчиво развиваются предприятия марикультуры. Это самая богатая с точки зрения морского биоразнообразия акватория России, где расположен единственный в стране Морской заповедник. Летом на берегах залива отдыхают жители как Приморья, так и других областей Дальнего Востока. Многие научные учреждения проводят исследования в данном районе. Все это определяет рекреационное и научное значение залива.

За основной показатель стоимости водных и/или наземных экосистем принимается стоимость биоресурсов на конкретной территории. Биоразнообразие морской экосистемы при оценках экосистемных услуг рассматривается как естественный признак экосистемы. Оно поддерживает более широкий диапазон поставки многих экосистемных услуг, увеличивая производительность и пластичность экосистемы. В некоторых случаях биоразнообразие стимулирует рост ценности конкретных экосистемных услуг (например, туризм и культурные ценности).

Для повышения надежности оценок стоимости водных биоресурсов необходимы максимально возможно точные данные по численности, биомассам и продукции биологических ресурсов на исследуемой территории или акватории, которые основаны как на среднемноголетних, так и на прогнозных данных последних лет (Состояние..., 2011).

Среди рыб основными промысловыми объектами в зал. Петра Великого являются камбалы, навага, южный одноперый терпуг, минтай и рогатковые (Вдовин, 2005). Значимой группой макрозообентоса являются двустворчатые моллюски, доминируя как по видовому составу, так и по биомассе (Надточий и др., 2005). Массовыми представителями беспозвоночных залива являются спизула сахалинская, анадара Броутона, мерценария Стивенса, каллиака Адамса, каллиста короткоцифрон-

ная. Морские беспозвоночные присутствуют на отечественном и зарубежном рынках в течение уже многих лет, и их стоимость постоянно повышается. В зал. Петра Великого имеются природные заросли нескольких видов бурых водорослей и культивируемые плантации сахарины (ламинарии) японской. Из красных водорослей особое значение имеют поля анфельдии и грацилярии (Кулепанов, 2005).

Экономическая оценка биоресурсов зал. Петра Великого выполнялась неоднократно, начиная с 1997 г. (табл. 1) (Огородникова, 2001). Расчеты проводились согласно Временной методике определения экономической эффективности природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого водным биоресурсам загрязнением рыбохозяйственных водоемов (1989). Результаты показывают постоянное увеличение как общей, так и удельной стоимости биоресурсов за последние годы. Это связано с совершенствованием методов учета запасов и увеличением объема биоресурсов, включенных в технологическую переработку, а также с ростом цен на продукцию на российском и международном рынках (Лукьянова и др., 2010).

Методические подходы к стоимостной оценке водных биоресурсов морских водных объектов определяют необходимость обновления расчетов стоимости биоресурсов. Современная оценка экономического потенциала зал. Петра Великого в натуральных и стоимостных показателях основана на последних данных по объемам запасов биоресурсов и уровню мировых цен на рыбопродукцию, сложившихся на мировом рынке к 2011 г. Подобные методы используются в настоящее время различными авторами (Синяков, 2006; Ширков и др., 2006).

По результатам исследований последних лет (Состояние..., 2011), общий промысловый запас биоресурсов в зал. Петра Великого составляет 349 810 т. Из них на долю рыб приходится 160,6 тыс. т (46%), беспозвоночных – 93,7 тыс. т (27%), водорослей – 95,5 тыс. т (27%) от общего промыслового запаса. Потенциальная стоимость общего промыслового запаса биоресурсов в заливе к настоящему времени достигает 980 964 тыс. долл. США. Из этой суммы на долю рыб приходится 342 524 тыс. долл. США (35 %), беспозвоночных – 604 279 тыс. долл. США (62%), водорослей – 34 160 тыс. долл. США (3 %) (табл. 1). Хотя итоговое значение запаса беспозвоночных в 2011 г. значительно не изменилась, важно отметить, что за счет изменений в его структуре (снижения запаса отдельных валютоемких объектов среди крабов и креветок) общая стоимость снизилась (табл. 1). Однако в целом отмечается рост стоимости биоресурсов в 2011 г. по сравнению с предыдущим периодом (1999–2009 гг.), что связано в основном с увеличением промыслового запаса рыб, таких как сельдь, минтай, а также таких нерыбных объектов, как, например, мидии.

Таким образом, наибольший промысловый запас в заливе имеют рыбы, на 17 % больше, чем беспозвоночные, и в 1,4 раза больше, чем водоросли. Однако наибольшую стоимость биоресурсов формируют беспозвоночные, в 3 раза больше, чем рыбы.

Следует, однако, учитывать, что цена на рыбопродукцию включает в себя также и затраты на их добычу. Поэтому для стоимостной оценки водных биоресурсов применяется доходный метод, основанный на вычислении разности между денежной оценкой возможного использования рыбной продукции, из вовлеченных в хозяйственный оборот биоресурсов, и затратами на их добычу. Таким образом, стоимость водных биоресурсов может быть выражена: $Q = D - S$, где Q – стоимостная оценка водных биоресурсов, D – денежная оценка возможного использования рыбной про-

дукции из добытых ресурсов, S – затраты на добычу биоресурсов и производство продукции первичной переработки (Оценка..., 2004). При оценке стоимости биоресурсов зал. Петра Великого использованы значения денежной оценки и затрат по видам промысловых объектов Дальневосточного бассейна и данных по промысловому запасу. Пример расчетов для рыб приведен в табл. 2.

Таблица 1. Динамика величины и потенциальной стоимости промыслового запаса биоресурсов зал. Петра Великого

Table 1. The commercial stock and potential value dynamic of marine biological resources of Peter the Great Bay

Объект	1999*		2001*		2009**		2011	
	Запас, т	Стоимость, тыс. долл. США	Запас, т	Стоимость, тыс. долл. США	Запас, т	Стоимость, тыс. долл. США	Запас, т	Стоимость, тыс. долл. США
Рыбы	95 130	162 027	87 700	167 435	108 668	216 358	160 643	342 524
Беспозвоночные	59 590	305 422	106 310	533 368	93 045	624 256	93667	604 279
Водоросли	89 750	127 625	63 293	90 820	77 500	28 880	95500	34 160
Итого	244 470	595 074	257 303	791 623	279 213	869 494	349 810	980 964

* Огородникова, 2001; ** – Лукьянова и др., 2010.

Таблица 2. Потенциальная стоимость биоресурсов рыб зал. Петра Великого в 2011 г. с учетом затрат

Table 2. The potential value of biological resources of Peter the Great bay in 2011 including expenses

Объект	Запас, т	Выход готовой продукции*	Цена, долл. США/т	Стоимость, долл. США	Стоимость с учетом затрат, долл. США
Камбаловые	25644,2	0,99	2600	66008171	2974727
Сельдь	10069,7	0,99	2000	19938006	2429819
Минтай	22844,4	0,99	1800	42970316	600807,7
Навага	16021,1	0,99	2300	36480045	116954
Терпуги	11248,5	0,99	3100	34521647	1395939
Рогатковые	39883,2	0,99	600	23690621	3541628
Красноперки	2330,0	0,99	1400	3229380	80152
Корюшковые	173,0	0,99	4200	719334	15362,4

Окончание табл. 2

Треска	10000,0	0,99	4550	45045000	1274000
Окуни	48,0	0,99	4340	206237	5284,8
Пиленгас	75,0	0,99	2130	158153	2580
Скаты	406,3	0,99	1720	691848	58142
Сайра	6900,0	0,99	2690	18375390	238050
Анчоус	15000,0	0,99	3400	50490000	1330500
Итого рыбы	160 643			342 524 146	14 063 945

Примечание: * – выход готовой продукции рассчитан в основном для неразделанной замороженной рыбы, на основании бассейновых норм (Бассейновые нормы..., 2007).

Результаты показали, что, если вычленить затраты на добычу и первичную переработку, то собственно стоимость водных биоресурсов зал. Петра Великого составит 47 561 тыс. долл. США (табл.3).

Таблица 3. Стоимость биоресурсов зал. Петра Великого в 2011 г. с вычетом затрат на добычу и производство продукции первичной переработки

Table 3. The value of biological resources of Peter the Great bay in 2011 without expenses on catch and food production

Объект	Запас, т	Стоимость, тыс. долл. США	Стоимость с вычетом затрат, тыс. долл. США
Рыбы	160 643	342 524	14 064
Беспозвоночные	93667	604 279	27 747
Водоросли	95500	34 160	5 750
Всего биоресурсы	349 810	980 964	47 561

Новое понимание природного капитала связывает оценку экосистемных услуг прежде всего с рыночными ценами. Проведенные расчеты на базе цен соответствуют одному из важнейших аспектов ценности услуг прибрежных экосистем – стоимости производимых пищевых продуктов. Хотя большинство экосистемных услуг находится вне зоны рыночных оценок, имеют низкую или нулевую цену, тем не менее выгода потребителя в общей полезности этого товара или этой услуги может быть весьма большой. В свою очередь, в случае утраты этих «бесплатных» экологических благ и услуг благосостояние потерпит крупные убытки, которые сопоставимы с годовым ВВП, произведенным в мировом масштабе.

К неучитываемым экономикой благам природы относится выполнение природой таких нематериальных функций, как регулирование природных процессов, ассимиляция отходов и загрязнений; обеспечение людей природными услугами, такими как отдых, эстетическое удовольствие и др. Для отражения в денежной или стоимостной форме «бесплатных» экологических благ в 1990-е годы была разработана и

к настоящему моменту получила теоретическое и практическое мировое признание концепция общей экономической ценности природы. Это понятие более соответствует представлению о том, что экономическая ценность природных благ – понятие более широкое, чем стоимость. Оно охватывает денежное выражение и нематериальных функций в условиях отсутствия сложившихся рынков природных благ.

Для решения этой проблемы современной прикладной экономической наукой в последние 20–30 лет выработаны применяемые на практике подходы для экономического измерения нерыночных ценностей природы. При этом за основу берутся не фактические цены, складывающиеся на рынке, а гипотетические параметры, выявленные в ходе социологических исследований и опросов людей об их готовности платить за то или иное благо, или готовности получить компенсацию.

В 1997 г. в журнале «Nature» были опубликованы результаты предварительной оценки стоимости услуг мировых природных экосистем. Эта оценка была выполнена группой американских ученых под руководством Р. Костанцы (Costanza et al., 1997). Авторы справедливо полагают, что экономика Земли не может быть полной без услуг экосистем по поддержанию жизни, поэтому необходимо оценить их общий объем в экономических показателях. Для этого была рассчитана стоимость объема экосистемных услуг на единицу площади различных биомов. Все услуги экосистем сгруппированы в 17 категорий, с учетом специфики биомов. Согласно данной схеме, морские экосистемы обеспечивают такие услуги, как, например, поддержание газового состава атмосферы, восстановление нарушений, круговорот биогенных элементов, биологический контроль, поддержание биоразнообразия, создание убежищ, выработка пищевой продукции, технологическое сырье, рекреационный и культурный досуг. Количественная экономическая оценка этих услуг может быть проведена только приблизительно, однако это уже позволяет проводить сравнительный анализ.

Расчеты показали, что суммарная стоимость экологических функций природных экосистем планеты в середине 1990-х гг. составляла порядка 33 трлн долл. США, т.е. находилась на уровне мирового валового продукта. Услуги были распределены и по типам экосистем. К примеру, услуги морских экосистем (открытый океан, шельф, морские водорослевые плантации, устья рек, коралловые рифы) были оценены в 21 трлн долл. США, наземных экосистем (леса, луга/степи, водно-болотные угодья, озера и реки) – в 12,3 трлн долл. При этом многие услуги так и остались неоцененными.

Среди морских экосистем шельфовые зоны с эстуариями рек, к которым можно отнести зал. Петра Великого, являются наиболее крупными поставщиками таких жизненно важных природных услуг, как восстановление нарушенной среды, пищевая продукция, круговорот питательных веществ, рекреационные, культурные услуги и некоторые другие (табл. 4).

Для шельфовой зоны наибольшую ценность имеют циклы биогенов – 1431 долл./га/год, наименьшую – производство технического сырья – 2 долл./га/год. В список услуг включены также биологический контроль, производство пищевой продукции и культурный досуг. Общая ценность услуг на единицу площади с учетом пищевой продукции из биоресурсов, расчеты которой представлены в табл. 1, может быть оценена как 2 467 долл. США/га в год (табл. 5). Площадь зал. Петра Великого до изобаты 200 м составляет около 10600 кв. км. Следовательно, общая ценность услуг экосистемы залива может составить 2 615 020 000 долл. США/год (табл. 5).

Таблица 4. Стоимость услуг морских экосистем (на 1994 г. в долл. США / га в год)
(Costanza et al., 1997)

Table 4. Marine ecosystem services value (in 1994, USD / ha per year)
(Costanza et al., 1997)

Биомы	Площадь (га * 10 ⁶)	Регуляция газообмена	Восстановление нарушений среды обитания	Цикл биогенов	Переработка отходов	Биологический контроль	Предоставление убежище	Пищевая продукция	Техническое сырьё	Рекреационные услуги	Культурные услуги	Общая стоимость на гектар, долл. США/га в год	Общая всемирная текущая стоимость, долл. США в год
Морские	36302											577	20949
Открытый океан	33200	38		118		5		15	0		76	252	8381
Прибрежная зона	3102		88	3 677		38	8	93	4	82	62	4052	12568
Эстуарии	180		567	21100		78	131	521	25	381	29	22832	4110
Заросли морских макрофитов	200			19002					2			19004	3801
Коралловые рифы	62		2750		58	5	7	220	27	3008	1	6075	375
Шельф	2660			1431		39		68	2		70	1610	4283

Таблица 5. Стоимость экосистемных услуг зал. Петра Великого

Table 5. Ecosystem services value of Peter the Great bay

№ п/п	Показатели	Значения
1	Площадь, га	106x10 ⁴
2	Стоимость экосистемных услуг, долл. США/га в год	2 467
3	Из них: Пищевая продукция из водных биоресурсов	925
4	Цикл биогенов*	1 431
5	Биологический контроль*	39
6	Техническое сырьё*	2
7	Культурные услуги*	70
8	Общая стоимость экосистемных услуг, тыс. долл. США	2 615 020

* Costanza et al., 1997

Стоимость промыслового запаса биоресурсов, рассчитанная нами, составляет 980 964 тыс. долл. США, или примерно 38 % от общей стоимости услуг экосистемы, тогда как без учета затрат эта величина равна только 47 561 тыс. долл. США, т.е. менее 2 %. Таким образом, прочие «нерыночные» услуги экосистем стоят гораздо больше, чем традиционно используемые биоресурсы. Для выполнения этих услуг природе необходимы целостные экосистемы, выполняющие основные экологические функции и являющиеся основой поддержания биопродуктивности Мирового океана.

Интересным практическим выводом из этого положения является мнение некоторых авторов о необходимости реинвестиций соответствующей части доходов от невозобновляемых ресурсов в возобновляемый природный капитал; например, доход от добычи нефти на шельфе следует использовать для восстановления рыбных ресурсов (Ширков и др., 2006).

Отличительной особенностью системы методов стоимостной оценки природных благ является проведение социологических исследований, хотя для оценки ценностей прямого использования могут применяться и традиционные методы – капитализация природной ренты, определение различного рода затрат и рыночных цен.

В научной литературе и в руководящих документах Евросоюза, стран Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и отдельных государств существуют различные виды классификации стоимостных оценок природных благ. Одни авторы выделяют методы рыночной оценки, рентной оценки, методы затратного подхода, оценку по альтернативной стоимости и методы субъективной (условной) оценки. Другие авторы делят методы на прямые и косвенные, методы выявленных предпочтений и методы заявленных предпочтений и т.д.

В Европе и России проводимые исследования имеют преимущественно академическую и методологическую направленность. Так, в Европе не учитывается ценность нерыночных природных благ при определении ответственности за нанесение вреда окружающей среде. Ситуация в США полностью противоположна ситуации в Европе. Данные, полученные с применением метода условной оценки, широко используются на практике – признаются в суде, используются для принятия решений об использовании водных объектов (рекреация, вылов рыбы или энергетика и промышленное развитие) и в других случаях. Например, еще в конце 70-х гг. прошлого века метод условной оценки был признан Советом по водным ресурсам США как официальный метод для проектов по водным ресурсам. Акт о реагировании, компенсации и ответственности за экологический ущерб (1980) и Акт о нефтяном загрязнении (1990) создали законодательную базу для несения ответственности за причинение вреда окружающей среде и тем самым создали предпосылки для развития метода условной оценки в США. В Акте о нефтяном загрязнении расширяется объем возмещаемого ущерба, и он уже распространяется на ценность неиспользования природных благ (Титова, 2007).

В настоящее время наука по экономической оценке экосистем находится в стадии становления, услуги экосистем пока недостаточно изучены и требуют заинтересованного диалога между экономистами, экологами, биологами, географами, специалистами других областей знаний, управленцами для проведения дальнейших исследований.

Литература

Бассейновые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве продукции из рыб Дальнего Востока. М., 2007. 98 с.

Вдовин А.Н. Изучение состояния запасов основных промысловых рыб в водах Приморья // Известия ТИНРО. 2005. Т.141. С.74–102.

Кулепанов В.Н. Исследования макрофитобентоса у побережья Приморья // Известия ТИНРО. 2005. Т. 141. С. 355–363.

Лукьянова О.Н., Нигматулина Л.В., Головащенко Е.В. Оценка потенциальной стоимости экосистемных услуг залива Петра Великого (Японское море) // Рыбное хозяйство. 2010. №6. С. 34–38.

Надточий В.А., Будникова Л.Л., Безруков Р.Г. Макрозообентос залива Петра Великого (Японское море): состав, распределение, ресурсы // Известия ТИНРО. 2005. Т. 140. С. 170–195.

Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. – Владивосток : ТИНРО–Центр, 2001. 194 с.

Оценка водных биологических ресурсов как части национального богатства России // под ред. А.А. Буйнова и А.Н. Силкина – М. : ВНИЭРХ, 2004. 70 с.

Прибрежно-морское природопользование: теория, индикаторы, региональные особенности / Под общей ред. П.Я. Бакланова и И.С. Арзамасцева. – Владивосток : Дальнаука, 2010. 308 с.

Синяков А.А. Рыбная промышленность и промысел лососей в сравнении с другими отраслями экономики в регионах Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2006. 64 с.

Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общего вылова гидробионтов по дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2012 г. // Владивосток : Издательский центр ТИНРО–центра, 2011. 268 с.

Титова Г.Д. Биоэкономические проблемы рыболовства в зонах национальной юрисдикции. СПб: ВВМ, 2007. 368 с.

Ширков Э.И., Ширкова Е.Э., Дьяков М.Ю. Экономическая оценка природного потенциала шельфа западной Камчатки. Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2006. 54 с.

Costanza R., d'Agre R., de Groot R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital // Nature. 1997. V. 387. P. 253–260.