

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский институт географии
Дальневосточного отделения
Российской академии наук
Дальневосточный федеральный университет
Русское географическое общество

ГЕОСИСТЕМЫ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ: ПРИРОДНЫЕ, ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ



И.Ф. Крузенштерн
(19.11.1770)



Ю.Ф. Лисянский
(13.08.1773)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Тихоокеанский институт географии
Дальневосточного отделения Российской академии наук

Дальневосточный федеральный университет

Русское географическое общество

ГЕОСИСТЕМЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ АЗИИ:

**природные, природно-ресурсные
и социально-экономические
структуры**

Сборник научных статей

Редакторы

П.Я. Бакланов, К.С. Ганзей, А.В. Мошков

Владивосток
2023

Pacific Geographical Institute
of the Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences

Far Eastern Federal University

Russian Geographical Society

**GEOSYSTEMS
OF NORTH-EAST ASIA:
natural, natural resource
and socio-economic structures**

Collection of scientific articles

Editors:

P. Y. Baklanov, K. S. Ganzei, A. V. Moshkov

Vladivostok
2023

УДК 91:551.4

33.91

Геосистемы Северо-Восточной Азии: природные, природно-ресурсные и социально-экономические структуры. Владивосток: ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2023. 413 с.

Сборник научных статей подготовлен к научно-практической конференции «Геосистемы Северо-Восточной Азии». В сборнике рассматриваются актуальные проблемы современных географических исследований:

- Вопросы теории и методологии исследований геосистем разных рангов и типов;
- Природные и природно-ресурсные геосистемы: геосистемы: типы, современное состояние и динамика;
- Проблемы рационального природопользования в геосистемах разных типов, в том числе - в приморских, трансграничных; арктических;
- Территориальные социально-экономические геосистемы: типы, современное состояние и тенденции развития;
- Природные геосистемы Северо-Восточной Азии и Северо-Западной Пацифики в условиях меняющегося климата: современные и палеоаспект;
- Географические и геополитические факторы развития Арктических регионов Дальнего Востока России.

Редакционная коллегия:

Бакланов Пётр Яковлевич – д.г.н., академик РАН, профессор, научный руководитель ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, вице-президент РГО, г. Владивосток.

Ганзей Кирилл Сергеевич – к.г.н., директор ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток.

Бровка Пётр Фёдорович – д.г.н., профессор, Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток.

Мошков Анатолий Владимирович – д.г.н., главный научный сотрудник ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток.

Ткаченко Григорий Геннадьевич – к.г.н., старший научный сотрудник ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток.

Передняя сторона обложки: Карта Азиатской России с городами TRAVELEL.RU.
<http://executiveaccomodationandfabevents.com/files/karta-rossii-s-gorodami.html>

В 2023 г. исполняется 220 лет (1803—1806 гг.) началу первого русского кругосветного плавания под командованием Ивана Крузенштерна (корабль «Надежда») и Юрия Лисянского («Нева»), а также 250 лет со дня рождения Ю.Ф. Лисянского. На передней стороне – портрет И.Ф. Крузенштерна (8 (19) ноября 1770 — 12 (24) августа 1846) работы неизвестного художника и портрет Ю.Ф. Лисянского (1 (12) апреля 1773 — 22 февраля (6 марта) 1837, Санкт-Петербург) работы В. Л. Боровиковского (1810) Источники: https://ru.wikipedia.org/wiki/Крузенштерн,_Иван_Фёдорович; https://ru.wikipedia.org/wiki/Лисянский,_Юрий_Фёдорович. Карта маршрута Первой русской кругосветной экспедиции. Синим обозначен маршрут «Надежды», красным — «Невы». Источник: https://ru.wikipedia.org/wiki/Первое_русское_кругосветное_плавание#/media/Файл:First_Russian_circumnavigation_route_-_ru.svg. На задней стороне обложки. Парусник (фрегат) «Надежда» (год постройки - 1991) во Владивостоке. Автор фото: Анчутина Е.А.

Утверждено к печати Ученым советом Тихоокеанского института географии ДВО РАН.

© Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2023

© Дальневосточный федеральный университет, 2023

© Русское географическое общество, 2023

© Авторы, 2023

ISBN 978-5-6048441-7-5

ДИНАМИКА БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ВЕРХНЕЙ СУБЛИТОРАЛИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ ПОСЛЕ ВРЕДНОСНОГО ЦВЕТЕНИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ (ВЦВ) ОСЕНЬЮ 2020 г.

Данилин Д.Д., Жигадлова Г.Г., Коростелев С.Г., Санамян К.Э., Санамян Н.П., Токранов А.М.,

Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Петропавловск-Камчатский

Аннотация. Выполненные в 2021-2022 гг. исследования в прибрежье Юго-Восточной Камчатки свидетельствуют, что степень негативного воздействия ВЦВ, на видовой состав и численность донных организмов, обитающих в приливно-отливной зоне, оказалась значительно ниже, чем на гидробионты верхней сублиторали, где произошло сильное обеднение фауны, из состава которой выпали не только отдельные виды, но и целые группы животных (губки). В меньшей степени пострадали беспозвоночные, зарывающиеся в грунт или скрывающиеся в своих защитных убежищах – раковинах и трубках. Явление вызвало гибель малоподвижных или прячущихся в расщелинах подводных скал гидробионтов, но наибольшее воздействие оно оказало на животных, обитающих на открытой поверхности подводных камней, и практически не повлияло на жизнедеятельность активно перемещающихся донных беспозвоночных, рыб и морских млекопитающих, а также на видовой состав и обилие в прибрежье водорослей-макрофитов.

Ключевые слова: юго-восток Камчатки, бентос, сублитораль, вредоносное цветение водорослей, сукцессия.

DYNAMICS OF BENTHIC COMMUNITIES OF THE UPPER SUBLITTORAL OF SOUTH-EASTERN KAMCHATKA AFTER A HARMFUL ALGAL BLOOM (HAB) IN THE AUTUMN OF 2020

Danilin D.D., Zhigadlova G.G., Korostelev S.G., Sanamyan K.E., Sanamyan N.P., Tokranov A.M.

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky

Abstract. The studies carried out in 2021-2022 in the coast of south-eastern Kamchatka indicate that the degree of the negative impact of HAB on the species composition and the number of bottom organisms living in the tidal zone was significantly lower than on the hydrobionts of the upper sublittoral, where was a strong depletion of the fauna, from which not only individual species, but also entire groups of animals (sponges) fell out. Invertebrate species, burrowing into the ground or hiding in their protective shelters, shells and tubes were affected in a lesser extent. The phenomenon caused the death of sedentary or hiding in the crevices of underwater rocks hydrobionts, but it had the greatest impact on animals living on the open surface of pitfalls and practically did not affect the vital activity of actively moving bottom invertebrates, fishes and marine mammals, as well as the species composition and abundance of coastal macrophyte algae.

Key words: south-east of Kamchatka, benthos, sublittoral, harmful algal bloom, succession.

Введение. Осенью 2020 г. в прибрежных водах Южной Камчатки и северных Курильских островов сложилась неблагоприятная экологическая обстановка, вызвавшая массовую гибель донных морских организмов в зоне верхней сублиторали. В настоящее время существуют две гипотезы причин возникшей неблагоприятной экологической обстановки

первая, природное явление, называемое «красным приливом» или вредоносным цветением водорослей, вторая – гипоксия в сублиторальной зоне, связанная с рядом гидрологических и погодных факторов [1].

Выполненные в 2021-2022 гг. исследования в прибрежье Юго-Восточной Камчатки свидетельствуют, что степень негативного воздействия ВЦВ, на видовой состав и численность донных организмов, обитающих в приливно-отливной зоне, оказалась значительно ниже, чем на гидробионты верхней сублиторали.

На глубинах от 4-5 до 18 м произошло сильное обеднение фауны, из состава которой выпали не только отдельные виды, но и целые группы животных (губки). В меньшей степени пострадали беспозвоночные, зарывающиеся в грунт или скрывающиеся в своих защитных убежищах, например, колонии трубчатых многощетинковых червей. Негативное явление вызвало гибель малоподвижных или прячущихся в расщелинах подводных скал гидробионтов, но наибольшее воздействие оно оказало на животных, обитающих на открытой поверхности подводных камней и практически не повлияло на жизнедеятельность активно перемещающихся донных беспозвоночных, рыб и морских млекопитающих, а также на видовой состав и обилие в прибрежье водорослей-макрофитов [2].

Материалы и методы.

Оценка динамики восстановления бентосных сообществ после произошедшей неблагоприятной экологической обстановки выполнена на примере полигона в бухте Вилючинская (рис. 1), где в исторически близком прошлом (2002 год) была проведена последняя количественная съемка бентоса на твердых грунтах сублиторали в диапазоне глубин от 4 до 20 м [3].

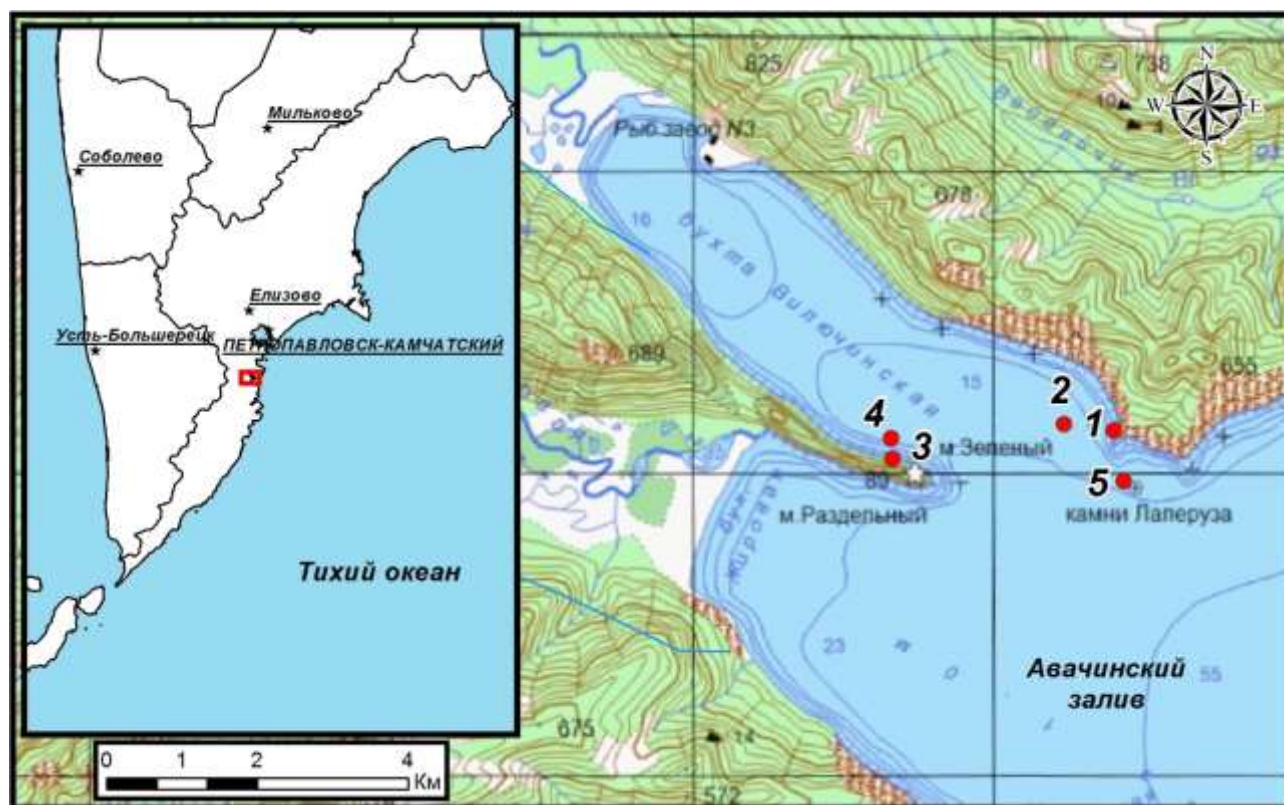


Рис.1. Точки отбора количественных проб бентоса на полигоне в б. Вилючинская.

Для оценки восстановительных процессов осенью 2021 г. и весной и осенью 2022 г. нами были проведены бентосные количественные съемки с помощью водолазов. Пробы брали с помощью учетной рамки площадью 0,25 м², по стандартным методикам [4]. Точки взятия проб соответствовали станциям взятия проб в 2002 году.

На каждой станции отбирали по 2 количественные пробы. На борту судна эти пробы просматривали, определяли характер грунта и биоценоз, после чего их этикетировали и фиксировали 4% забуференным формалином. Параллельно с отбором проб на каждой станции производили измерение основных гидрологических параметров воды: соленость, рН, глубину, температуру, содержание растворенного кислорода, мутность. Подробную разборку проб, с подсчетом найденных видов и определением весовых показателей, производили в камеральных условиях.

Результаты и их обсуждение.

Выполненное в летние месяцы 2022 г. водолазное обследование прибрежных вод Юго-Восточной Камчатки свидетельствует, что в целом на глубинах от 5-6 до 18 м состав фауны донных беспозвоночных по-прежнему остаётся сильно обеднённым. Хотя единичные виды корковых губок, актиний и асцидий восстановили свою численность, целый ряд других, ранее довольно обычных или даже многочисленных видов этих беспозвоночных обнаружить до настоящего времени не удалось. Более того, некоторые виды гидробионтов, встречавшиеся еще в 2021 г., в 2022 году не найдены водолазами, видимо, из-за подорванной кормовой базы, например, крупные голожаберные моллюски или морские звезды, потребляющие губок и единично встречавшиеся в 2021 г. Ни разу не зарегистрированы крупные панцирные моллюски криптохитоны, попадавшие в 2021 г. лишь единично во время некоторых погружений. Численность и биомасса других видов панцирных моллюсков переживших неблагоприятные условия 2020 г., к осени 2022 г. снова сильно снизились.

Повсеместно отмечено довольно много мелких морских ежей диаметром 3-4 см, которые в прошлом году встречались гораздо реже. Но крупных ежей на прежних местах их обычного обитания до сих пор не обнаружено. Однако везде были очень многочисленны бокоплавы, морские козочки и раки-отшельники, что, скорее всего, связано с резким сокращением численности использующих их в пищу донных обитателей.

Неблагоприятные экологические условия практически не повлияли на жизнедеятельность активно перемещающихся донных беспозвоночных (крабы), рыб (терпуги, рогатковые, широколобый окунь) и морских млекопитающих (тюлень ларга, сивуч, калан), способных избегать участков прибрежной акватории с неблагоприятной средой обитания. Выявлена тенденция снижения численности калана в прибрежье юга Камчатки и северных Курильских островов и, напротив, ее увеличение в Кроноцком заливе. Можно предположить, что основной причиной явилось сокращение в данном районе его основных кормовых объектов - морских ежей и крупных двустворчатых моллюсков.

В 2002 году на выбранном полигоне средняя биомасса бентоса достигала 525,12 г/м² (табл. 1). Зообентос составлял более 99% общей биомассы. Наибольшую роль в создании столь значительной биомассы зообентоса в сублиторали бухты Вилючинская играли морские ежи - более 85% от общей биомассы бентоса. Вторым таксоном по значимости были асцидии - 7,8 %, а третьими стали брюхоногие моллюски - 1,62% в общей биомассе. Количественные характеристики других донных организмов и их вклад в общую биомассу приводятся в таблице 1.

Результаты обработки проб, собранных на тех же станциях в ноябре 2021 года, показали, что в сублиторали бухты Вилючинская, несмотря на достаточно высокую биомассу бентоса (785,02 г/м²), большую её часть составляли водоросли - свыше 58%. Среди животных максимальной биомассы достигали представители иглокожих - морские звезды и морские ежи, 21,17% и 6,81%, соответственно. Морские ежи были представлены в основном ювенильными экземплярами. Интересно также отметить, что биомасса двустворчатых моллюсков складывалась в основном огромным количеством молодежи мидии и хиателлы - *Hiatella arctica*.

Итоги весенней съемки 2022 г. свидетельствовали, что постепенно происходит восстановление параметров бентосного сообщества, характерных для периода,

предшествующего ВЦВ. Доля морских ежей в общей биомассе увеличилась до 48,09%, а водорослей уменьшилась до 15,68%.

Таблица 1.

Средняя биомасса таксонов бентоса (1 - г/м²) и их доли (2 - %) на полигоне в б. Вилючинская

Основные таксоны	2002		2021 (осень)		2022 (весна)		2022 (осень)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Algae	0,18	0,03	460,73	58,69	141,64	15,68	552,49	64,96
Echinoidea	447,09	85,14	53,47	6,81	434,42	48,09	99,61	11,71
Asteroidea	5,60	1,07	166,20	21,17	141,50	15,66	1,32	0,16
Polychaeta	0,52	0,10	4,99	0,64	60,21	6,67	15,93	1,90
Amphipoda	0,03	0,01	5,41	0,69	8,79	0,97	2,51	0,30
Decapoda	4,43	0,84	16,07	2,05	12,5	1,38	3,93	0,46
Balanomorpha	8,31	1,58	9,90	1,26	2,85	0,31	8,89	1,05
Gastropoda	8,50	1,62	4,64	0,59	6,11	0,68	1,25	0,15
Bivalvia	3,37	0,64	16,37	2,09	71,90	7,96	48,38	5,69
Bryozoa	0,40	0,08	4,18	0,53	5,96	0,66	1,90	0,22
Hydrozoa	0	0	3,14	0,40	0,54	0,06	1,94	0,23
Actiniaria	4,80	0,91	4,47	0,57	0	0	111,35	13,09
Ascidiacea	40,80	7,77	33,79	4,30	9,96	1,10	0,06	0,01
Прочие	1,09	0,21	1,66	0,21	6,95	0,78	0,98	0,07
ВСЕГО	525,12	100,00	785,02	100,00	903,33	100,00	850,55	100,00

Однако, осенью 2022 года в целом по выбранному полигону по прежнему доминировали водоросли (65%), на втором, третьем, четвертом и пятом месте по вкладу в общую биомассу находились, соответственно актинии, морские ежи, двустворчатые моллюски и полихеты (около 2 %). Необходимо отметить, что более 72% в биомассе полихет составляли представители подсемейства Spirorbinae - животных обрастателей.

Всего на обследованном полигоне отмечено более 185 видов донных животных и водорослей. По численности и числу видов в пробах доминируют такие таксоны как ракообразные - более 50 видов (только представителей амфипод на площади исследованного полигона нами обнаружено более 45-ти видов) и мшанки (более 30 видов). Иголкожии представлены всего 6-ю видами, а полихеты - 25 видами. В группе полихет наблюдается отсутствие хищных видов и крупных свободноживущих полихет родов *Nereis* и *Eteone*, ранее широко распространенных в этой бухте. Среди водорослей наиболее часто встречаются корковые багрянки *Lithothamnium sonderi* и *Leptophytum laeve* - более 27 видов. До настоящего времени списки видов уточняются, что вызвано большой трудоёмкостью определений в связи с малыми размерами организмов и скудностью проб (часто это единичные живые экземпляры).

Из иглокожих на отдельных станциях доминирует морская звезда *Asterias rathbuni* (Verrill, 1909) составляя более 10% общей биомассы пробы. Среди двустворчатых моллюсков доминирует *Mytilus trossulus* Gould, 1850, что вполне объяснимо заносом в сублитораль личинок этого вида с хорошо сохранившихся после ВЦВ литоральных мидиевых щеток. Остальные виды двустворчатых моллюсков представлены либо молодыми, либо

ювенильными экземплярами. Всего за период наблюдений в бухте Вилючинская нами обнаружен 31 вид моллюсков, относящихся к трем классам.

За период обследования после произошедшего ВЦВ нами не встречено ни одного экз. брюхоногих моллюсков сем. *Vaccinidae*, ранее повсеместно встречавшихся в этой бухте. По-прежнему нет в бентосных сообществах многочисленных ранее губок. Осенью 2022 года практически не найдено хитонов, ранее встречавшихся почти на каждой станции. Начавшийся осенью рост численности и биомассы полихет продолжился, но за счет таких семейств как *Pectinariidae* и *Spirorbinae*, которые хоть и создают значительную численность и биомассу, использоваться в качестве пищи для других гидробионтов не могут.

Выводы.

1. Необходимо отметить, что несмотря на оптимистичные данные по общим биомассам различных групп водорослей и беспозвоночных, значительную долю в их объеме составляют организмы обрастатели, практически недоступные в качестве кормовых объектов для рыб и хищных беспозвоночных. На наш взгляд это говорит о том, что произошедшая сукцессия в донных сообществах привела к кардинальной смене доминант в донных биоценозах.

2. Процессы восстановления прибрежных экосистем после ВЦВ происходят очень медленно. В настоящее время мы впервые наблюдаем эти процессы и даже приблизительно не можем прогнозировать, когда донные сообщества верхней сублиторали восстановятся до состояния, наблюдавшегося до осени 2020 г.

3. Для понимания ожидаемых тенденций смены доминант необходимо продолжение в период с конца мая по октябрь 2023 г. обследований с помощью водолазов отдельных участков верхней сублиторали (глубины от 4 до 25 м) Юго-Восточной Камчатки, а также взятие количественных проб бентоса весной и осенью на полигоне б. Вилючинская.

Литература

1. Коростелев С.Г., Данилин Д.Д., Корнев С.И. О масштабах и возможных причинах выбросов морских гидробионтов в сентябре-октябре 2020 г. на побережье юга Камчатки и северных Курильских островов. Региональные проблемы развития Дальнего Востока России и Арктики: тезисы докладов II Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции «Моисеевские чтения», посвященной памяти камчатского ученого Р.С. Моисеева. – Петропавловск - Камчатский: Камчатпресс, 2021. — С. 34-39.

2. Данилин Д.Д., Жигадлова Г.Г., Коростелев С.Г., Санамян К.Э., Санамян Н.П., Токранов А.М. Результаты изучения восстановительного потенциала прибрежных экосистем юго-восточной Камчатки после вредоносного цветения водорослей осенью 2020 года. Тезисы докладов на Первой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Россия в Десятилетии ООН наук об океане», М.: МИРЭА – Российский технологический университет, 2022. – С. 223-228.

3. Коростелев С.Г., Архипова Е.А., Владимирова О.А., Л.В. Ромейко Л.В. Фауна донных беспозвоночных б. Вилючинская Авачинского залива (Восточная Камчатка) // Вопросы рыболовства. 2009. Т. 10, № 1. С. 7-21.

4. Фролова Г.И. Методические рекомендации по отбору, обработке и анализу гидробиологических проб воды и грунта. – М.: Лесная страна. 2008. - 112 с.