

**КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ВЛИЯНИЯ
ВРЕДОНОСНОГО ЦВЕТЕНИЯ ВОДОРОСЛЕЙ ОСЕНЬЮ 2020 ГОДА
У ПОБЕРЕЖЬЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ПАЦИФИКА)
НА МЕЛКОВОДНЫЕ БЕНТОСНЫЕ СООБЩЕСТВА**

Санамян Н.П.¹, Коробок А.В.², Санамян К.Э.¹

¹ Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6.

² Камчатское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Молчанова, 12.

Изложены результаты двух лет наблюдений с помощью легководолазного снаряжения и подводной фототехники за состоянием бентосных сообществ после экологической катастрофы, произошедшей у берегов Камчатки в результате вредоносного цветения микроводорослей осенью 2020 г. Это явление сопровождалось гибелью донных организмов. В результате в зоне верхней сублиторали произошло сильное обеднение донной фауны: исчезли многие виды и даже целые группы животных, погибла большая часть губок, около половины видов актиний, моллюсков, иглокожих, асцидий, а численность оставшихся видов сократилась в разной степени. Однако численность некоторых групп ракообразных значительно выросла.

Ключевые слова: бентос, биоразнообразие, замор, «красный прилив», массовая вегетация микроводорослей, обеднение фауны, экологическая катастрофа.

**QUALITATIVE ASSESSMENT OF ALGAE HARMFUL BLOOM IMPACT
IN AUTUMN 2020 OFF THE COAST OF SOUTH-EASTERN KAMCHATKA
(NORTH-WEST PACIFIC) ON SHALLOW-WATER BENTHIC COMMUNITIES**

Sanamyan N.P.¹, Korobok A.V.², Sanamyan K.E.¹

¹ Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6.

² Kamchatka Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Petropavlovsk-Kamchatsky, Molchanov Str. 12.

The results of monitoring of the benthic communities' state during two years after the ecological catastrophe caused by an outbreak of planktonic microalgae off the coast of Kamchatka in autumn 2020 were presented. The consequences of this phenomenon led to the mass extinction of bottom organisms. As a result, in the zone of the upper sublittoral, a strong depletion of the benthic fauna occurred, not only many species, but also entire groups of animals fell out of its composition: most of the sponges and about a half of species of sea anemones, mollusks, echinoderms, ascidians have disappeared. However, the quantity of some groups of Crustacea has increased significantly.

Key words: benthos, biodiversity, death, "red tide", mass vegetation of microalgae, depletion of fauna, ecological catastrophe.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия все чаще регистрируется такое явление, как вредоносное цветение водорослей (ВЦВ). Популяционный взрыв численности микроводорослей – «цветение воды» – может значительно снизить уровень кислорода в природных водах, убивая морскую жизнь и усугубляя заморные явления появлением в воде в результате бактериального разложения оседающей органики сероводорода и аммиака [Коновалова, 1995]. Кроме того, вспышки численности морских динофитовых и диатомовых водорослей могут быть вызваны видами, продуцирующими фитотоксины [Коновалова, 1998; Коновалова, Могильникова, 2006]. Случаи массовой гибели гидробионтов в результате действия «красных приливов» зарегистрированы в последние годы в некоторых районах северной части Тихого океана [Jurgens et al., 2015; Sakamoto et al., 2021]. На тихоокеанском побережье России цветение фитопланктона происходит регулярно, но случаи ВЦВ были редки [Orlova et al., 2022]. Однако осенью 2020 г. в результате сильных положительных температурных аномалий, превышавших норму на 3–6°C, и других факторов у берегов Камчатки произошла вспышка численности фитопланктона. По спутниковым снимкам оценка концентрации хлорофилла *a* показала превышение фоновых значений в 5–8 раз [Bondur et al., 2021]. Это продолжительное (около двух месяцев) и интенсивное явление, вызванное активным размножением динофлагеллят нескольких видов рода *Karenia*, с доминированием *Karenia selliformis* Haywood, Steidinger et Mac Kenzie, 2004, сопровождалось массовой гибелью донных животных [Orlova et al., 2022]. Наблюдения, проведенные нами в 2021 г., показали, что в результате ВЦВ у юго-восточного побережья Камчатки осенью 2020 г.

бентосным сообществам в верхней сублиторальной зоне (обследованные глубины 6–18 м) нанесен катастрофический урон [Токранов и др., 2021], в то время как на литорали разрушительного влияния этого события не наблюдалось [Данилин и др., 2021].

За предыдущие более 20 лет наших наблюдений (с 1999 по 2020 гг.) и изучения бентосных сообществ в верхней сублиторали (до глубины 35 м), осуществлявшихся с помощью легководолазного снаряжения и подводной фототехники, крупных заморов у берегов Юго-Восточной Камчатки мы не наблюдали. Однако ранее они были отмечены, как и случаи ВЦВ. Так, с 1984 по 1987 гг. у восточных берегов Камчатки было зарегистрировано несколько «красных приливов», вызванных токсичными видами динофлагеллят рода *Alexandrium*: «в июле – августе 1984 г. при температуре воды у поверхности 14–15°C и нарастающей токсичности моллюсков (мидий) наблюдалось покраснение воды в Авачинской губе. Анализ показал высокую биомассу *A. tamarense* f. *tamarense* и *A. acatenella* (до 8 г/м³), при доминировании диатомеи *Skeletonema costatum*, которая, как известно, при обильном развитии стимулирует рост большинства видов жгутиковых водорослей. Сильный «красный прилив», вызванный *A. tamarense* f. *excavata*, наблюдался в Олюторском заливе Берингова моря у берегов в июле 1986 г. и сопровождался гибелью животных (ластоногих, рыб, птиц). Кратковременное, но интенсивное «цветение» *A. tamarense* f. *tamarense* было отмечено в центральной части Авачинской губы в июле 1987 г.» [Коновалова, 1995, с. 42]. Наиболее интенсивные заморы в верхней сублиторали были зафиксированы летом (с 25 июля по 15 августа) 1985 г. на юге Камчатки [Сидоров, Бурдин, 1986]. Тогда были исследованы с применением водолазных методов прибрежные сообщества как юго-западного

(м. Сивучий – м. Лопатка), так и восточного побережья Камчатки (м. Лопатка – п-ов Кроноцкий), а также о-вов Шумшу и Атласова (самые северные в Курильской гряде) до глубины 40 м. За исключением района о. Атласова (Алаид), где температура воды не превышала 2–3°C, в других районах, с температурой поверхностных вод достигавшей 12–16°C, были обнаружены «обширные заморные явления, отрицательно сказавшиеся в первую очередь на фауне закрытых бухт, хорошо прогреваемых мелководий с плотными зарослями бурых водорослей» [Сидоров, Бурдин, 1986, с. 115]. В частности, у юго-западного побережья Камчатки на дне было обнаружено «большое количество останков раковин моллюсков, заполненных черным илистым песком с запахом сероводорода» [Сидоров, Бурдин, 1986, с. 110]. У северо-восточного побережья о-ва Шумшу вода характеризовалась большим содержанием органики и интенсивным выделением сероводорода, а литораль «с раковинами погибших моллюсков и баянусов на ней была сплошь покрыта черной пленкой серного сульфида железа» [Сидоров, Бурдин, 1986, с. 112]. У юго-восточного побережья Камчатки от м. Лопатка до о-ва Уташуд в бух. Вестник отмечена низкая прозрачность вод из-за большого количества взвеси на глубинах 5–30 м. У восточного побережья Камчатки на большей части Кроноцкого залива (от бух. Ольга до пос. Жупаново) заморная зона распространялась от берега до глубин 25 м, а прозрачность воды у дна снижалась до нуля. Отобранные на ощупь образцы створок погибших моллюсков и панцирей колючих крабов имели сильный запах сероводорода; при минимальной видимости (менее 0,5 м) «были отмечены черная взвесь в придонном слое, раковины погибших моллюсков и останки плоских ежей. Живые *E. parva* найдены только на значительном удалении от берега (около

2 миль) за изобатой 25 м» [Сидоров, Бурдин, 1986, с. 114]. Замор обнаружен был и в бух. Моржовой (южная часть Кроноцкого залива): много погибших крабов и двустворчатых моллюсков, «а толща воды заполнена органической взвесью (видимость менее 0,5 м) в придонном слое» [Сидоров, Бурдин, 1986, с. 115]. Авторы связывали заморные явления в прибрежье Камчатки и Командорских о-вов с периодической эксплозивной активностью вулканов Курило-Камчатской дуги. Однако В.В. Ошурков опровергает эту гипотезу [Ошурков, 2000, с. 169] на основе своих многолетних исследований сукцессий эпибентосных сообществ в верхней сублиторали. Согласно его работам, восстановительные сукцессии протекают крайне медленно, но за десятилетия восстановившиеся сообщества инкрустирующих кораллиновых водорослей с развившимися фильтраторами и седиментаторами (губки, книдарии, двустворчатые моллюски, мшанки, асцидии), которые мы наблюдали в последние 20 лет, пришли в устойчивое состояние. Однако такие сообщества «не адаптированы к частым изменениям среды» и «устойчивы во времени лишь при отсутствии катастрофических пертурбаций» [Ошурков, 2000, с. 176].

Результаты биологических исследований бентоса в Авачинской губе за период 1982–1985 гг. изложены в сборнике «Гидробиологические исследования в Авачинской губе» [1989], и приведен список видов, определенных на тот момент. На основе литературных и собственных данных авторы делают вывод о значительном обеднении макробентоса Авачинской губы и связывают это с усилением антропогенного воздействия на сообщества этой закрытой бухты с активной хозяйственной деятельностью на ее берегах [Ошурков и др., 1989]. Так, за 50-летний период значительные изменения претерпели структура и распределение донных сообществ:

«более половины группировок бентоса, описанных ранее как биоценозы, в губе отсутствует» [Ошурков и др., 1989, с. 11]. В западном и приустьевом районах бухты отмечено наибольшее разнообразие донной фауны. Оно соответствует таковому на открытом побережье и в других бухтах Восточной Камчатки [Виноградов, 1949]. Ранее [Коновалова, 1995] отмечалось, что ВЦВ, в том числе с участием динофлагеллят рода *Alexandrium*, начиналось с закрытых бухт, и также предполагалось, что этому способствовало поступление минеральных и органических веществ в результате хозяйственной деятельности человека. Однако ВЦВ в 2020 г., причиной которого у берегов Камчатки впервые стали динофлагелляты рода *Karenia* [Orlova et al., 2022], и заморы на дне в результате его воздействия начинались на открытых берегах и позже проникали в закрытые бухты.

В данной работе мы постарались оценить потери, нанесенные морским беспозвоночным в зоне верхней сублиторали у юго-восточного побережья Камчатки в результате массовой вегетации одноклеточных водорослей осенью 2020 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работы осуществлялись с помощью легководолазной техники и с использованием подводной фототехники. В исследуемом районе совершено около 700 погружений, большая часть из которых проведена до 2020 г., в 2021 и 2022 гг. проведено по 40–50 погружений (рис. 1). Точки погружений в 2021 и 2022 гг. не перекрывают все точки погружений, проведенных в 1999–2020 гг., из-за различного объема исследований. Но указанный предыдущий опыт, при отсутствии количественных исследований, позволил судить о составе, стабильности и обилии видов в донных сообществах на основе прямых

наблюдений. Наблюдения проводились и визуально оценивались одним и тем же лицом, поэтому в одних и тех же местах автор мог оценить разницу в видовом составе гидробионтов и в их ориентировочной относительной численности и биомассе на определенных участках дна до и после ВЦВ. Такие прямые наблюдения позволяют обследовать большие площади дна и, при отсутствии ресурсов для масштабных количественных исследований, получить достоверные сведения по составу гидробионтов и состоянию донных сообществ.

Для настоящего исследования были использованы полевые записи, сборы гидробионтов, более 8 тыс. фото- и видеоматериалов бентосных сообществ верхней сублиторали (до глубины 35 м) за более чем 20 лет наблюдений (с 1999 по 2022 гг.), которые позволили составить список видов (или групп видов, обозначенных как «spp.») морских беспозвоночных и оценить изменения в составе донных сообществ в зоне верхней сублиторали в определенных местах Авачинского залива до и после вредоносного цветения микроводорослей осенью 2020 г. Подводная фотосъемка была осуществлена фотоаппаратами Nikon F90 в фотобоксе Sea and Sea с двумя вспышками Sea and Sea YS 120, Nikon D800 в боксе Nauticam с двумя вспышками Inon D2000 и Olympus OMD em1 mark2 в боксе Nauticam с двумя вспышками Inon D2000.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Виды, зарегистрированные нами в районе исследований до 2020 г., перечислены в таблице; обозначено, были они найдены или нет в 2021 и 2022 гг. в типичных для них местах обитания. Из 165 указанных видов (или групп видов), в 2021 г. зарегистрировано 87, а в 2022 г. – 93 вида. Таким образом, разнообразие видов в данном районе снизилось почти в два раза (рис. 2).

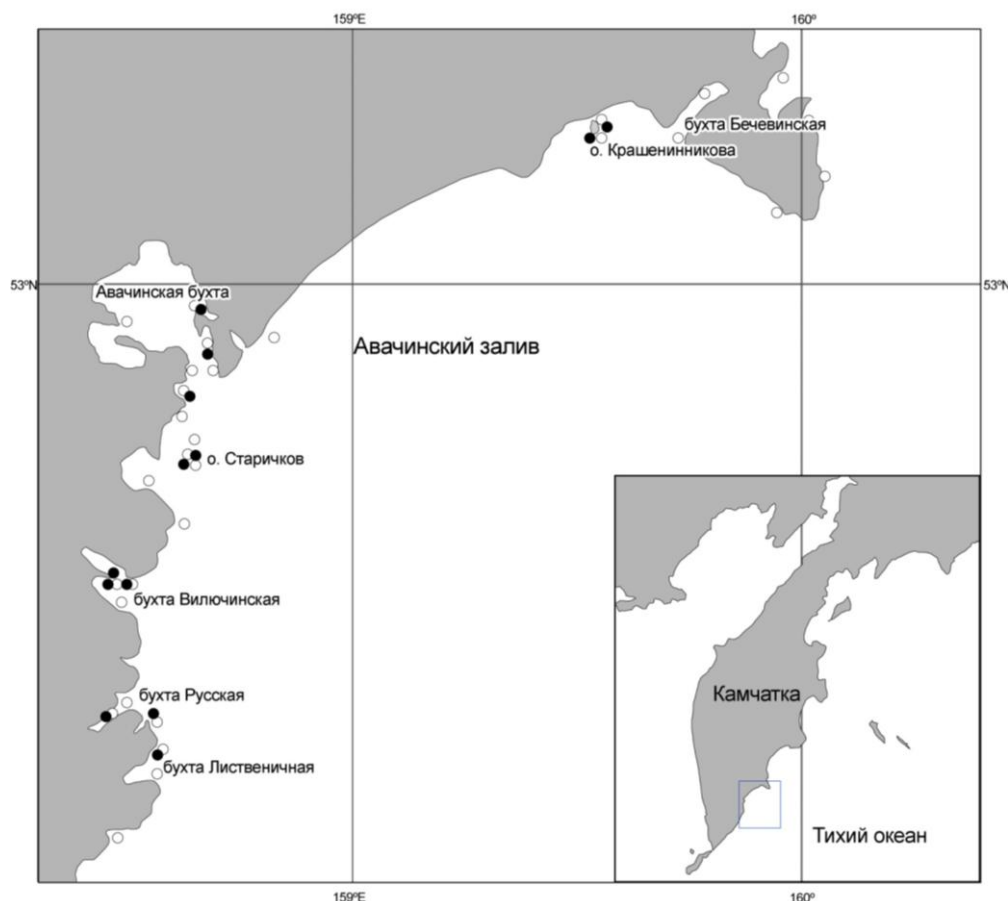


Рис. 1. Карта района исследований; белыми кружками обозначены места погружений до 2020 г., черными кружками – места погружений в 2021 и 2022 гг.

Fig. 1. A map of study area; dive sites before 2020 are marked with white circles, scuba diving sites in 2021 and 2022 are marked with black circles

Таблица. Список видов (или групп видов, обозначенных «spp.»), отмеченных нами в Авачинском заливе, и ориентировочная оценка их встречаемости до замора 2020 г. и после него (в 2021 и 2022 гг.)

Table. List of species (or groups of species listed as “spp.”) observed in the Avacha Bay and approximate estimate of their occurrence before ecological catastrophe in 2020 and after it (in 2021 and 2022)

Вид	Тип: Класс: Отряд	До 2020	2021	2022
<i>Clathrina</i> sp.	Porifera: Calcarea: Clatrinida	+	–	+
<i>Leucandra</i> sp.	Porifera: Calcarea: Leucosolenida	+	–	–
<i>Leucosolenia</i> sp.	Porifera: Calcarea: Leucosolenida	+	–	+
<i>Sycandra utriculus</i>	Porifera: Calcarea: Leucosolenida	+	–	–
<i>Sycetussa nemurensis</i>	Porifera: Calcarea: Leucosolenida	+	–	+
<i>Oscarella kamchatkensis</i>	Porifera: Homoscleromorpha: Homosclerophorida	+++	–	–
<i>Halisarca</i> sp.	Porifera: Demospongiae: Chondrillida	+++	+	+++
<i>Aplysilla</i> cf. <i>sulfurea</i>	Porifera: Demospongiae: Dendroceratida	++	–	+
<i>Haliclona cinerea</i>	Porifera: Demospongiae: Haplosclerida	+++	–	–
<i>Haliclona gracilis</i>	Porifera: Demospongiae: Haplosclerida	++	–	–
<i>Amphilectus digitatus</i>	Porifera: Demospongiae: Poecilosclerida	+++	–	–
<i>Hymedesmia</i> aff. <i>procumbens</i>	Porifera: Demospongiae: Poecilosclerida	++	+	–
<i>Hymenancora orientalis</i>	Porifera: Demospongiae: Poecilosclerida	+++	+	++
<i>Lissodendoryx amaknakensis</i>	Porifera: Demospongiae: Poecilosclerida	+++	–	–
<i>Myxilla incrustans</i>	Porifera: Demospongiae: Poecilosclerida	++	–	–

Продолжение табл.

Continuation of the table

Вид	Тип: Класс: Отряд	До 2020	2021	2022
<i>Polymastia laganoides</i>	Porifera: Demospongiae: Polymastiida	+	—	—
<i>Halichondria panicea</i>	Porifera: Demospongiae: Suberitida	+++	—	+
<i>Halichondria sitiens</i>	Porifera: Demospongiae: Suberitida	+	—	—
<i>Hymeniacidon assimilis</i>	Porifera: Demospongiae: Suberitida	+	—	+
<i>Suberites montiniger</i>	Porifera: Demospongiae: Suberitida	+	—	—
<i>Paraedwardsia malakhovi</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	+	—	—
<i>Actinostola</i> sp.	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	++	—	—
<i>Stomphia coccinea</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	+++	—	—
<i>Anthopleura orientalis</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	+++	+++	+++
<i>Aulactinia stella</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	++	+	+
<i>Aulactinia vladimiri</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	+	—	+
<i>Cnidopus japonicus</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	+++	—	—
<i>Cribrinopsis albopunctata</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	++	—	—
<i>Cribrinopsis olegi</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	++	+	—
<i>Urticina grebelnyi</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	++	+	+
<i>Urticina timuri</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	++	—	—
<i>Charisea saxicola</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	++	+	—
<i>Halcampoides</i> sp.	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	++	+	+
<i>Halcampidae</i> gen. sp.	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	+	—	—
<i>Metridium farcimen</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	+++	++	++
<i>Metridium senile fimbriatum</i>	Cnidaria: Anthozoa: Actiniaria	+++	++	+++
<i>Sideractis</i> sp.	Cnidaria: Anthozoa: Corallimorpharia	++	—	—
<i>Gersemia rubiformis</i>	Cnidaria: Anthozoa: Alcyonacea	++	+	+
<i>Hydrozoa</i> spp.	Cnidaria: Hydrozoa	+++	+	++
<i>Haliclystus stejnegeri</i>	Cnidaria: Staurozoa: Stauromedusae	++	+++	++
<i>Aurelia labiata</i>	Cnidaria: Scyphozoa: Discomedusae	+++	—	+
<i>Cyanea capillata</i>	Cnidaria: Scyphozoa: Discomedusae	+	—	—
<i>Hiatella arctica</i>	Mollusca: Bivalvia: Adapedonta	+++	+	+++
<i>Modiolus modiolus</i>	Mollusca: Bivalvia: Mytilida	++	+	+
<i>Mytilus trossulus</i>	Mollusca: Bivalvia: Mytilida	+++	++	+++
<i>Pododesmus macrochisma</i>	Mollusca: Bivalvia: Pectinida	+	—	—
<i>Boreochiton beringensis</i>	Mollusca: Polyplacophora: Chitonida	+++	+	++
<i>Tonicella submarmorea</i>	Mollusca: Polyplacophora: Chitonida	+	+	+
<i>Amicula vestita</i>	Mollusca: Polyplacophora: Chitonida	+	—	—
<i>Cryptochiton stelleri</i>	Mollusca: Polyplacophora: Chitonida	++	+	—
<i>Placiphorella borealis</i>	Mollusca: Polyplacophora: Chitonida	+	—	—
<i>Lottia scutum</i>	Mollusca: Gastropoda: Patellogastropoda	+++	+	+
<i>Margarites helycinus</i>	Mollusca: Gastropoda: Trochida	+++	—	—
<i>Littorina sitkana</i>	Mollusca: Gastropoda: Littorinimorpha	+++	+	+
<i>Cryptonatica janthostoma</i>	Mollusca: Gastropoda: Littorinimorpha	++	—	+
<i>Fusitriton oregonensis</i>	Mollusca: Gastropoda: Littorinimorpha	+++	+	+
<i>Velutinidae</i> spp.	Mollusca: Gastropoda: Littorinimorpha	++	+	+
<i>Nucella</i> sp.	Mollusca: Gastropoda: Neogastropoda	+++	—	+
<i>Neogastropoda</i> spp.	Mollusca: Gastropoda	+++	—	—
<i>Berthella californica</i>	Mollusca: Gastropoda: Pleurobranchida	++	—	—
<i>Dirona pellucida</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	++	—	+
<i>Tritonia tetraquetra</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	++	+	—
<i>Dendronotus dalli</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	++	+	+
<i>Dendronotus kalikal</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	+	—	—
<i>Dendronotus kamchaticus</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	+	—	—
<i>Dendronotus robilliardi</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	++	+++	+++
<i>Dendronotus zakuro</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	+	+	+
<i>Nudibranchus rupium</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	+	—	—

Продолжение табл.

Continuation of the table

Вид	Тип: Класс: Отряд	До 2020	2021	2022
<i>Apata pricei komandorica</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	++	++	++
<i>Occidenthella athadona</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	++	++	++
<i>Himatina trophina</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	++	++	++
<i>Aeolidia papillosa</i>	Mollusca: Gastropoda: Nudibranchia	++	++	++
<i>Acanthodoris pilosa</i>	Mollusca: Gastropoda: Doridida	++	—	—
<i>Adalaria olgae</i>	Mollusca: Gastropoda: Doridida	+	—	—
<i>Adalaria slavi</i>	Mollusca: Gastropoda: Doridida	++	—	+
<i>Akiodoris lutescens</i>	Mollusca: Gastropoda: Doridida	+	—	—
<i>Onchimira cavifera</i>	Mollusca: Gastropoda: Doridida	++	—	—
<i>Cadlina kamchatica</i>	Mollusca: Gastropoda: Doridida	++	—	—
<i>Colga minichevi</i>	Mollusca: Gastropoda: Doridida	+++	—	—
<i>Diaulula boreopacifica</i>	Mollusca: Gastropoda: Doridida	++	—	—
<i>Onchidoris bilamellata</i>	Mollusca: Gastropoda: Doridida	++	+	—
<i>Onchidoris macropompa</i>	Mollusca: Gastropoda: Doridida	++	+	+
<i>Onchidoris muricata</i>	Mollusca: Gastropoda: Doridida	+	—	+
<i>Enteroctopus dofleini</i>	Mollusca: Cephalopoda: Octopoda	+	—	—
<i>Schizobranchia insignis</i>	Annelida: Polychaeta: Sabellida	++	++	++
<i>Potamilla</i> sp.	Annelida: Polychaeta: Sabellida	+	+	+
<i>Myxicola infundibulum</i>	Annelida: Polychaeta: Sabellida	++	+	+
<i>Crucigera zygophora</i>	Annelida: Polychaeta: Sabellida	++	+	++
<i>Spirorbinae</i> gen. sp.	Annelida: Polychaeta: Sabellida	+++	++	+++
<i>Arctonoe vittata</i>	Annelida: Polychaeta: Phyllodocida	++	+	+
<i>Hermilepidonotus robustus</i>	Annelida: Polychaeta: Phyllodocida	+	—	—
<i>Phyllodocidae</i> spp.	Annelida: Polychaeta: Phyllodocida	+++	+	+
<i>Phoronis</i> sp.	Phoronida	++	+++	+++
<i>Terebratulida</i> spp.	Brachiopoda: Rhynchonellata	++	+	+
<i>Carbasea carbasea</i>	Bryozoa: Gymnolaemata: Cheilostomatida	++	—	+
<i>Myriapora orientalis</i>	Bryozoa: Gymnolaemata: Cheilostomatida	++	+	+
<i>Bryozoa</i> spp.	Bryozoa	+++	+	++
<i>Balanus crenatus</i>	Arthropoda: Thecostraca: Balanomorphia	++	+++	+++
<i>Balanus rostratus</i>	Arthropoda: Thecostraca: Balanomorphia	++	+	+
<i>Solidobalanus hesperius</i>	Arthropoda: Thecostraca: Balanomorphia	+	+	+
<i>Caprella</i> sp.	Arthropoda: Malacostraca: Amphipoda	+++	+++	+++
<i>Amphipoda</i> spp.	Arthropoda: Malacostraca	+++	+++	+++
<i>Isopoda</i> spp.	Arthropoda: Malacostraca	+++	+++	+++
<i>Eualus fabricii</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	++	—	—
<i>Heptacarpus camtschaticus</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	+	—	—
<i>Lebbeus grandimanus</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	++	—	—
<i>Lebbeus groenlandicus</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	++	?	?
<i>Lebbeus polaris</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	++	—	—
<i>Pandalus goniurus</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	++	—	—
<i>Spirontocaris ochotensis</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	+++	—	—
<i>Telmessus cheiragonus</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	++	+	+
<i>Chionoecetes opilio</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	++	++	++
<i>Oregonia gracilis</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	+++	++	++
<i>Paralitodes brevipes</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	++	+	+
<i>Paralitodes camtschatica</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	++	+	+
<i>Dermaturus mandtii</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	++	++	++
<i>Hapalogaster grebnitzkii</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	++	++	++
<i>Elassochirus gilli</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	+++	+++	+++
<i>Pagurus middendorffi</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	+++	+++	+++
<i>Pagurus trigonoherus</i>	Arthropoda: Malacostraca: Decapoda	+++	+++	+++
<i>Asterias rathbuni</i>	Echinodermata: Asteroidea: Forcipulatida	+++	+	+

Окончание табл.

The end of the Table

Вид	Тип: Класс: Отряд	До 2020	2021	2022
<i>Evasterias echinosoma</i>	Echinodermata: Asteroidea: Forcipulatida	++	+	+
<i>Evasterias retifera</i>	Echinodermata: Asteroidea: Forcipulatida	+++	+	+
<i>Leptasterias alaskensis asiatica</i>	Echinodermata: Asteroidea: Forcipulatida	+++	+	+
<i>Leptasterias arctica</i>	Echinodermata: Asteroidea: Forcipulatida	+++	—	—
<i>Leptasterias camtschatica</i>	Echinodermata: Asteroidea: Forcipulatida	+	+	—
<i>Lethasterias nanimensis chelifera</i>	Echinodermata: Asteroidea: Forcipulatida	++	+	++
<i>Stephanasterias albula</i>	Echinodermata: Asteroidea: Forcipulatida	++	—	—
<i>Crossaster papposus</i>	Echinodermata: Asteroidea: Velatida	++	—	—
<i>Pteraster octaster</i>	Echinodermata: Asteroidea: Velatida	++	—	—
<i>Pteraster tessellatus</i>	Echinodermata: Asteroidea: Velatida	++	—	—
<i>Solaster endeca</i>	Echinodermata: Asteroidea: Velatida	++	—	+
<i>Henricia lineata</i>	Echinodermata: Asteroidea: Spinulosida	++	—	—
<i>Henricia tumida</i>	Echinodermata: Asteroidea: Spinulosida	++	+	—
<i>Ophiopholis aculeata</i>	Echinodermata: Ophiuroidea: Ophiurida	+++	+	++
<i>Gorgonocephalus eucnemis</i>	Echinodermata: Ophiuroidea: Euryalida	+	—	—
<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>	Echinodermata: Echinoidea: Camarodonta	++	++	++
<i>Strongylocentrotus pallidus</i>	Echinodermata: Echinoidea: Camarodonta	++	+	+
<i>Strongylocentrotus polyacanthus</i>	Echinodermata: Echinoidea: Camarodonta	+++	++	++
<i>Echinarachnius parma</i>	Echinodermata: Echinoidea: Echinolampadacea	+++	+	+
<i>Cucumaria djakonovi</i>	Echinodermata: Holothuroidea: Dendrochirotida	+++	+	+
<i>Cucumaria vegae</i>	Echinodermata: Holothuroidea: Dendrochirotida	+++	+	—
<i>Eupentacta fraudatrix</i>	Echinodermata: Holothuroidea: Dendrochirotida	+++	—	—
<i>Psolus phantapus</i>	Echinodermata: Holothuroidea: Dendrochirotida	++	++	++
<i>Psolus</i> sp.	Echinodermata: Holothuroidea: Dendrochirotida	++	+	—
<i>Chiridota</i> sp.	Echinodermata: Holothuroidea: Apodida	+	—	—
<i>Botryllus flavus</i>	Tunicata: Ascidiacea: Stolidobranchia	+++	—	—
<i>Dendrodoa aggregata</i>	Tunicata: Ascidiacea: Stolidobranchia	+++	+	+
<i>Halocynthia aurantium</i>	Tunicata: Ascidiacea: Stolidobranchia	++	—	—
<i>Molgula retortiformis</i>	Tunicata: Ascidiacea: Stolidobranchia	++	—	—
<i>Styela clavata</i>	Tunicata: Ascidiacea: Stolidobranchia	++	+	+
<i>Styela coriacea</i>	Tunicata: Ascidiacea: Stolidobranchia	++	—	—
<i>Ascidia callosa</i>	Tunicata: Ascidiacea: Phlebobranchia	+	—	—
<i>Placentela crystallina</i>	Tunicata: Ascidiacea: Phlebobranchia	++	++	++
<i>Aplidiopsis pannosum</i>	Tunicata: Ascidiacea: Aplousobranchia	++	++	++
<i>Aplidium dissectum</i>	Tunicata: Ascidiacea: Aplousobranchia	+++	+	++
<i>Aplidium eborinum</i>	Tunicata: Ascidiacea: Aplousobranchia	+++	+	—
<i>Aplidium macreron</i>	Tunicata: Ascidiacea: Aplousobranchia	++	—	—
<i>Aplidium spitzbergense</i>	Tunicata: Ascidiacea: Aplousobranchia	+++	+	++
<i>Holozoa okhotensis</i>	Tunicata: Ascidiacea: Aplousobranchia	+	+	+
<i>Synoiicum jordani</i>	Tunicata: Ascidiacea: Aplousobranchia	++	+	+
<i>Synoiicum turgens</i>	Tunicata: Ascidiacea: Aplousobranchia	++	+	+
<i>Didemnum gemmiparum</i>	Tunicata: Ascidiacea: Aplousobranchia	+++	—	+
<i>Didemnum</i> sp.	Tunicata: Ascidiacea: Aplousobranchia	++	—	+
<i>Diplosoma</i> sp.	Tunicata: Ascidiacea: Aplousobranchia	++	—	—

Примечание: «+» – есть единичные или редкие находки; «++» – обычно встречается; «+++» – встречается часто (для 2021 и 2022 гг. – численность вида практически не пострадала или восстановилась в типичных местах обитания); «?» – места, в которых ранее был зарегистрирован данный вид, после 2020 г. не обследовались.

Note: “+” – single or rare records; “++” – common records; “+++” – numerous records (for 2021 and 2022 – the number of the specimens was practically not affected or recovered in typical habitats); “?” – places where the species was previously recorded but which were not surveyed after 2020.

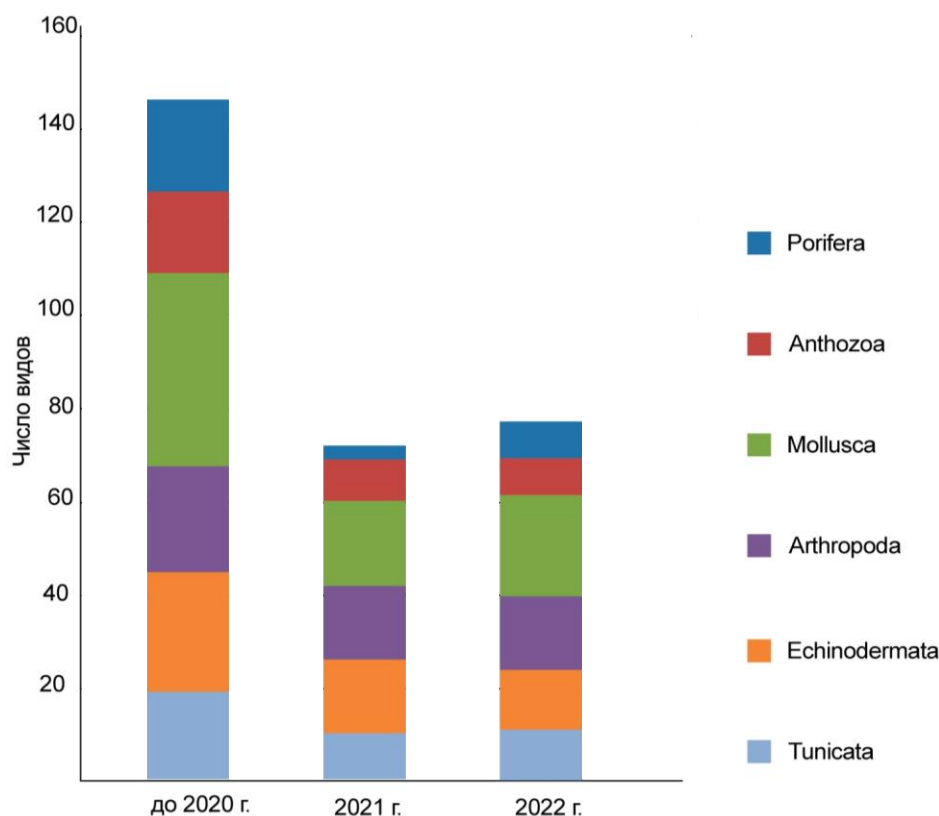


Рис. 2. Количество видов основных таксонов, найденных до замора 2020 г. и в последующие два года

Fig. 2. Number of species of major taxa found before the ecological catastrophe in 2020 and next two years

Из 20 видов губок (Porifera), пять из которых – известковые (Calcarea), а 14 – демоспонгии (Demospongiae), в 2021 г. обнаружены единичные мелкие экземпляры только трех видов демоспонгий, а в 2022 г. – пяти видов демоспонгий и трех видов известковых губок. Постоянно встречавшаяся ранее бесспикульная губка класса Homoscleromorpha, *Oscarella kamchatkensis* Ereskovsky, Sanamyan et Vishnyakov, 2009, описанная из Авачинского залива, исчезла полностью. Число видов губок сократилось в 2,5 раза (демоспонгий почти в три раза), а как важный компонент сообществ на твердых субстратах, являющийся местом обитания или питания для многих донных организмов, губки исчезли практически полностью (рис. 3, а, б), кроме мелких экземпляров известковых губок (начавших заметное восстановление только в 2022 г.) и некоторых корковых видов демоспонгий, из которых только один вид, *Halisarca* sp., разросся на

второй после замора год достаточно, чтоб считать его численность практически восстановившейся. То есть после практически тотальной гибели всех губок в результате воздействия ВЦВ осенью 2020 г. *Halisarca* sp. показала самую высокую скорость восстановления. Именно фрагменты тонких корковых губок, распространенных по всему Авачинскому заливу до 2020 г., смогли уцелеть в некоторых местах на валунах и возобновить рост первыми. Так, красная корковая губка *Hymenancora orientalis* (Koltun, 1959), восстанавливающиеся единичные экземпляры которой (площадью не более 1 кв. дм) в 2021 г. были найдены только в закрытой бух. Безымянной внутри Авачинской губы (рис. 3, в), в 2022 г. встречалась уже гораздо чаще, в том числе и на открытом побережье, разрастаясь на поверхности валунов в довольно крупные экземпляры (до нескольких кв. дм).

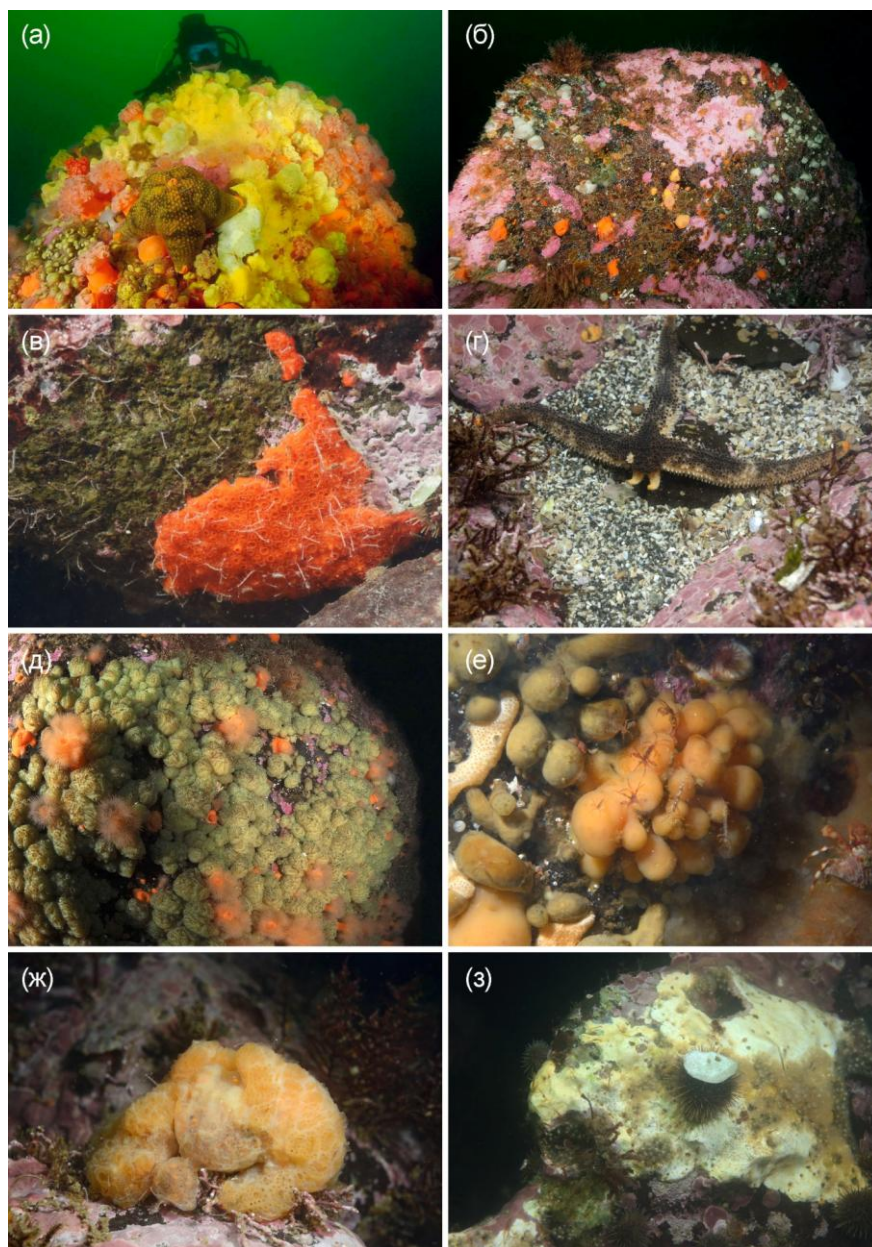


Рис. 3. Гидробионты прикамчатских вод: а – зрелое сообщество на валуне, представленное большим количеством фильтраторов и седиментаторов (губки, асцидии, кишечнополостные), на переднем плане – морская звезда *Pteraster tessellatus* Ives, 1888 питается на губках *Halichondria panicea*, снято в 2018 г.; б – тот же валун, снятый в 2021 г. (тотальная гибель губок и значительные потери среди кишечнополостных); в – губка *Hymenancora orientalis*, слева – темная погибая часть экземпляра, справа – красный живой фрагмент, снято в 2021 г.; г – морская звезда *Lethasterias nanimensis chelifera* в процессе регенерации двух недостающих лучей, снято в 2021 г.; д – расправленная колония асцидии *Aplidiopsis pannosum*, снято в начале лета 2022 г.; е – колонии асцидий в спящем состоянии, снято в сентябре 2022 г.; ж – отрождающаяся колония асцидии *Aplidium* sp., снято весной 2021 г.; з – отбеленные участки инкрустирующих кораллиновых водорослей, которые, вероятно, раньше были покрыты губками. Автор фото: а, б, д – А.В. Коробок; в, г, е – з – Н.П. Санамян

Fig. 3. Marine hydrobionts of Kamchatka waters: а – a mature community on a boulder, represented by a large number of filter and sediment feeders (sponges, ascidians, cnidarians); in the foreground, the starfish *Pteraster tessellatus* Ives, 1888 feeds on the sponges of *Halichondria panicea*, a photo was made in 2018; б – the same boulder, photo taken in 2021 (total death of sponges and significant loss of cnidarians); в – the sponge *Hymenancora orientalis*, on the left is the dark dead part of the specimen, on the right is red living fragment, photo was made in 2021; г – sea star *Lethasterias nanimensis chelifera* in the process of regeneration of two missing arms, photo was made in 2021; д – inflated colony of ascidian *Aplidiopsis pannosum*, photo was made at the beginning of summer 2022; е – colonial ascidian in a resting stage, photo was made in September 2022; ж – surviving colony of ascidian *Aplidium* sp., photo was made in the spring of 2021; з – bleached areas of encrusting coralline algae, which were probably covered with sponges earlier. Authors of the photographs: а, б, д – A.V. Korobok; в, г, е – з – N.P. Sanamyan

В 2022 г. впервые за два года после замора в щели на вертикальной поверхности скалы найден небольшой (15–20 см длиной и до 5 см шириной) экземпляр ранее самого массового, ландшафтообразующего вида губок *Halichondria panicea* (Pallas, 1766). Других, столь же значимых ранее в сообществах, крупных губок, как, например, *Amphilectus digitatus* (Miklucho-Maclay, 1870), *Myxilla incrustans* (Johnston, 1842), *Polymastia laganoides* Lambe, 1895, пока не обнаружено.

Из 17 видов морских анемонов (актиний и кораллиморфарий) в 2021 г. найдено восемь, а в 2022 г. – семь видов; то есть количество видов, как и у губок, сократилось почти в 2,5 раза. Из сохранившихся видов меньше всего пострадала популяция обычного на литорали и в сублиторали закапывающегося вида актиний *Anthopleura orientalis* Averincev, 1967. Эти актинии отличаются, по нашим наблюдениям, высокой толерантностью к колебаниям абиотических факторов: могут многие месяцы выживать во влажном песке вне воды, а в литоральных ваннах в отлив переносить значительный прогрев или распреснение воды. Не вызывает опасений и судьба двух видов рода *Metridium* – *M. farcimen* (Brandt, 1835) и *M. senile fimbriatum* (Verrill, 1865): оба вида ранее являлись массовыми и после замора встречены почти везде, хотя в 2021 г. были представлены большей частью мелкими и очень мелкими молодыми экземплярами, а там, где раньше были густые поселения крупных *M. farcimen*, с некоторыми экземплярами высотой до 1 метра, в 2021 г. встречались только отдельные экземпляры не более 30 см высотой. Этим актиниям свойствен такой вид бесполого размножения, как педальная лацерация, то есть отделение фрагментов от края подошвы и нижней части тела, из которых затем образуются самостоятельные актинии. Вероятно, столь эффективная способность к регене-

рации помогает метридиумам быстро восстанавливать потери. В 2022 г. численность этих видов стала в целом значительной, и можно говорить о постепенном восстановлении популяции.

Сильно уменьшилась численность актиний *Urticina grebelniy* Sanamyan et Sanamyan, 2006 – наиболее крупного вида семейства Actiniidae в регионе, отдельные представители которого достигали 50 см в высоту и 30–40 см в размахе щупалец [Санамян, Санамян, 2008]. Среднеразмерные экземпляры (10–20 см в высоту и диаметре щупальцевой короны) *U. grebelniy* выжили, видимо, за счет отделения слизи и регенерации покровов, что было видно по осенним фотографиям 2020 г., на которых зажатые актинии этого вида выглядели как бы линяющими. Многочисленная группа этих актиний (сотни экземпляров) была найдена в 2022 г. в кутовой части длинной (фьордового типа) бух. Русской рядом с береговым стоком (небольшой водопад). Как отмечено Орловой с соавторами [Orlova et al., 2022], во время ВЦВ осенью 2020 г. динофлагелляты *Karenia* spp. не были обнаружены на участках, подверженных речному стоку, где преобладали диатомовые водоросли, и некоторые закрытые бухты меньше пострадали от замора [Токранов и др., 2021]. Остальные уцелевшие виды актиний были встречены в 2021 и 2022 гг. в единичных экземплярах. Полностью исчез самый массовый вид *Cnidopus japonicus* (Verrill, 1869) – эти актинии обитали в регионе практически повсеместно на твердом субстрате, а после замора за два года исследований мы не встретили ни одного экземпляра. Другие, ранее обычные актинии, такие как *Cribrinopsis albopunctata* Sanamyan et Sanamyan, 2006; *Urticina timuri* Sanamyan et Sanamyan, 2020; *Stomphia coccinea* (Müller, 1776); *Actinostola* sp., пока не обнаружены вовсе, не говоря уже

о более редких видах. *Sideractis* sp. – единственный представитель кораллиморфарий, обитавший глубже 20 м, за два года после замора также еще не обнаружен.

Восьмилучевые кораллы у Юго-Восточной Камчатки представлены альционарией *Gersemia rubiformis* (Ehrenberg, 1834) – ранее это был обычный, а местами массовый вид. В результате экологической катастрофы 2020 г. многолетние колонии этого вида погибли, и в 2021 г. встречались только редкие новые (молодые) мелкие экземпляры: весной размером 1–2 см, к концу лета – до 3–4 см в диаметре распущенной колонии, доросшие за два года до нескольких сантиметров. Ставромедузы *Haliclystus stejnegeri* Kishinouye, 1899, напротив, в 2021 г. дали вспышку численности, встречалось много крупных экземпляров; вид характерен для литорали и обитает в верхней сублиторали до глубины 8 м. Гидроиды сильно пострадали от замора, но вымерли не тотально и восстанавливаются: местами на валунах они образуют заросли из нескольких видов семейства Sertulariidae, есть и мелкие Campanulariidae и другие более мелкие представители; поверхности валунов так активно покрываются сеточками гидроризы, что побеги с гидрантами еще не сформированы на значительных площадях. В местах, где до замора было много одиночных гидроидов *Monocoryne bracteata* (Fraser, 1941), весной 2021 г. удалось найти один половозрелый экземпляр крупного размера (длиной до 8 см); позже на подводных фотографиях с этого места рассмотрели густую поросль мелких нитевидных молодых (без гонофоров) гидроидов этого вида – вероятных потомков немногих сохранившихся взрослых экземпляров. Представителей другого крупного одиночного гидроида *Candelabrum phrygium* (Fabricius, 1780) не найдено после замора 2020 г. Весной 2021 г. отмечено обилие

гидромедуз *Tiaropsis multicirrata* (M. Sars, 1835) и *Eutonina indicans* (Romanes, 1876); около дна встречаются крупные гидроидные медузы *Staurostoma mertensii* (Brandt, 1834) и *Catablema multicirratum* Kishinouye, 1910. Раньше во многих местах на глубине около 10 м ежегодно наблюдался плотный слой крупных сцифоидных медуз *Aurelia labiata* Chamisso et Eysenhardt, 1821, но за два года после замора 2020 г. такого явления больше не замечено, встречались только отдельные редкие экземпляры этого вида.

Мидии (*Mytilus trossulus* A. Gould, 1850), самые массовые двустворчатые моллюски, почти не пострадали в литоральной зоне [Данилин и др., 2021], а в сублиторали вымирание было значительным, исчезли крупные экземпляры. Аналогичная ситуация и с другими видами двустворчатых моллюсков (Bivalvia). В 2021 г. щетки мелких мидий находили в бухтах Вилучинской и Лиственичной (в южной части Авачинского залива), а в 2022 г. уже во многих местах встречались дружки небольших (до 2–3 см) мидий и одиночные модиолусы *Modiolus modiolus* (Linnaeus, 1758) таких же размеров; в обрастаниях появилось много мелких сифонов *Hiatella arctica* (Linnaeus, 1767).

Сильно пострадали брюхоногие моллюски (Gastropoda): из 32 видов (из них 23 вида голожаберных моллюсков), в 2021 г. обнаружено 14 (10 голожаберных), а в 2022 г. – 17 (11 голожаберных). Таким образом, количество видов сократилось почти в два раза. Численность моллюсков уцелевших видов сократилась катастрофично: ранее массовый вид морских блюдечек *Lottia scutum* (Rathke, 1833) после замора стал малочисленным, а мелкие *Margarites helycinus* (Phipps, 1774), столь же обычные ранее, не были найдены вовсе. После замора на валунах изредка встречаются крупные брюхоногие моллюски

Fusitriton oregonensis (Redfield, 1846) и более мелкие *Nucella* sp., бывшие ранее вполне многочисленными. Другие представители отряда Neogastropoda не были найдены, а множество их освободившихся раковин, от мелких до крупных, теперь заняты отшельниками. Обитающие на рыхлых грунтах брюхоногие моллюски *Cryptonatica janthostoma* (Deshayes, 1839), вероятно, тоже пострадали от замора, так как крупных экземпляров встречено мало, но довольно много мелких (с раковиной до 1 см), что свидетельствует о начале восстановления их численности. Выжили и успешно размножаются голожаберные моллюски, питающиеся на гидроидах, такие как *Dendronotus dalli* Bergh, 1879, *D. robilliardi* Korshunova et al., *D. zakuro* Martynov, 2020, *Dirona pellucida* Volodchenko, 1941, *Apata pricei komandorica* Korshunova et al., 2017, *Himatina trophina* (Bergh, 1894), *Occidenthella athadona* (Bergh, 1875). Крупные голожаберные моллюски *Tritonia tetraquetra* (Pallas, 1788), единично встречавшиеся после замора еще весной и в начале лета в 2021 г., в 2022 г. совсем исчезли, видимо, из-за подорванной кормовой базы, так как исчезли крупные колонии восьмилучевых кораллов *Gersemia rubiformis*, которыми они в основном питались. В 2022 г. исчезли крупные панцирные моллюски *Cryptochiton stelleri* (Middendorff, 1847), встречавшиеся в 2021 г. единично после замора 2020 г., когда отмечалась массовая гибель хитонов разных видов. Более мелкие хитоны семейства Tonicellidae в 2021 г. встречались очень редко, но в 2022 г. стали попадаться чаще, однако былой численности еще не достигли. В целом из пяти основных видов хитонов в 2021 г. найдены три вида, а в 2022 г. – два вида, то есть видовое разнообразие сократилось в два раза. Распространенный в регионе представитель голо-

воногих моллюсков, осьминог *Enteroctopus dofleini* (Wülker, 1910), постоянно встречавшийся в выбросах осенью 2020 г. после замора, за два года после этого ни разу не встретился дайверам, хотя раньше нередко встречались среднеразмерные и крупные экземпляры, а ювенильные можно было часто найти под камнями.

Колонии сидячих многощетинковых червей *Schizobranchia insignis* Bush, 1905 семейства Sabellidae практически не пострадали: в октябре 2020 г. они были спрятаны в трубках-домиках и почти из них не высывались, а в 2021 и 2022 гг. – из всех трубок были видны венчики перистых щупалец этих многощетинковых червей. Другие представители этого семейства, *Muxicola infundibulum* (Montagu, 1808), также уцелели, и после замора встречаются крупные экземпляры. Другие сидячие многощетинковые черви, *Crucigera zygophora* (Johnson, 1901) семейства Serpulidae, тоже выжили в своих известковых трубках, а в 2022 г. на валунах местами наблюдается много мелких экземпляров этого вида. Мелкие Spirogorbinae, хотя и понесли потери из-за замора, судя по множеству пустых трубок, отмеченных нами в 2021 г., быстро размножились и массово покрыли освободившиеся поверхности камней и валунов. Под камнями найдены свободноживущие многощетинковые черви *Glycera capitata* Örsted, 1842, а на уцелевших крупных морских звездах обнаружены комменсалы *Arctonoe vittata* (Grube, 1855). Увеличилась численность форонид *Phoronis* sp. – они повсеместно распространились на опустевших валунах. Активно распространяются колонии инкрустирующих мшанок (на некоторых колониях в 2021 г. были видны зарастающие следы повреждений), однако кустистые формы почти пропали: только местами на глубине около 20 м сохранились колонии *Myriapora orientalis*

(Kluge, 1929) с живыми концами веточек (колонии этой мшанки, растущие на валунах, служат убежищем и субстратом для множества беспозвоночных животных). Лишь в 2022 г. найдена одна колония кустистой мшанки *Carbasea carbasea* (Ellis et Solander, 1786), которая раньше часто встречалась.

Весной 2021 г. наблюдалось очень большое количество бокоплавов (Amphipoda) – видимо, последствия ВЦВ не привели к значительной смертности этих ракообразных, а обилие детрита, образовавшегося в результате гибели гидробионтов, наоборот, привело к вспышке их численности из-за увеличения кормовой базы. Было отмечено большое количество морских козочек *Caprella* sp. необычно крупных размеров, длиной до 5 см – возможно, в отсутствие пресса хищников эти оседлые ракообразные смогли достичь максимальных размеров за осенне-весенний период; они обильно заселили субстрат и поверхности других гидробионтов, многие с потомством. Также стало много раков-отшельников: снижение пресса хищников и обилие освободившихся от погибших моллюсков раковин гастропод способствовали уменьшению конкуренции за них и увеличению численности этих ракообразных. Несмотря на то, что много старых поселений баянусов (разные виды усоногих раков семейства Balanidae) погибло в результате замора 2020 г. – на валунах остались иногда довольно большие площади, покрытые остатками подошвы их известковых домиков, – сейчас очевидно восстановление популяции баянусов: весной 2021 г. твердый субстрат был густо покрыт очень мелкими домиками их молоди, диаметром около 1 мм, которые в 2022 г. выросли примерно до 1 см в диаметре. Численность крабов-декораторов *Oregonia gracilis* Dana, 1851, крабов-стригунов *Chionocetes opilio* (Fabricius, 1788), волосатых

крабов *Telmessus cheiragonus* (Tilesius, 1815) и мелких крабоидов – *Dermaturus mandtii* Brandt, 1850 и подкаменщиков *Haplogaster grebnitzkii* Schalfeew, 1892 – снизилась несущественно; реже стали встречаться ювенильные и взрослые экземпляры камчатского *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) и колючего *Paralithodes brevipes* (Milne Edwards et Lucas, 1841) крабов. Таким образом, ракообразные, по-видимому, в целом не сильно пострадали от замора 2020 г., а бокоплавы и морские козочки даже значительно увеличили численность. Исключение составляют мелкие донные креветки, которые практически исчезли. Некоторые их виды обитали на актиниях или около них, но после 2020 г. эти виды актиний исчезли или стали более редкими; а из почти десятка разнообразных видов мелких креветок за два года после замора мы не зафиксировали ни одного экземпляра.

Из 14 видов морских звезд, в 2021 г. найдено семь, а в 2022 г. – шесть видов, то есть количество видов сократилось в два раза, а численность уцелевших – снизилась многократно. После замора теперь чаще встречаются *Asterias rathbuni* (Verrill, 1909), особенно молодые и ювенильные экземпляры. Кроме них попадаются *Evasterias echinosoma* Fisher, 1926, *E. retifera* Djakonov, 1938 и *Lethasterias nanimensis chelifera* (Verrill, 1914). У некоторых экземпляров были потеряны 1–2 луча, и весной 2021 г. у морских звезд часто можно было видеть отрастающие недостающие лучи (рис. 3, 2). Ранее многочисленные некрупные виды морских звезд рода *Leptasterias* после замора встречались единично в некоторых погружениях. Единичные экземпляры *Henricia tumida* Verrill, 1909, найденные в 2021 г., в 2022 г. больше не находили. Питающиеся губками виды *Henricia*, как и живородящие морские звезды рода *Pteraster*, видимо, полностью исчезли из-за

отсутствия кормовой базы. На глубине 12 м встречен один экземпляр (первый за два года после замора) многолучевой морской звезды *Solaster endeca* (Linnaeus, 1771). Под камнями и в полостях твердого субстрата встречаются офиуры *Ophiopholis aculeata* (Linnaeus, 1767) – их численность сильно подорвана замором, приведшим к гибели не только самих офиур, но и организмов, служивших им укрытиями, таких как губки и кустистые мшанки. Но все же в 2022 г. эти офиуры стали чаще встречаться, чем в 2021 г., и их «руки», торчащие из разных щелей, стали чаще попадаться на глаза. Крупные морские ежи исчезли полностью, особенно пострадали плоские морские ежи *Echinarachnius parma* (Lamarck, 1816) – только немного мелких экземпляров попадалось в пробах на песчаном грунте. Однако круглые морские ежи рода *Strongylocentrotus* – обычны и даже массовые во многих местах, но крупных экземпляров нет, до 4 см в диаметре. Из голотурий хорошо пережили замор только зарывающиеся в песок *Psolus phantapus* (Strussenfelt, 1765) – есть как очень крупные, так и мелкие молодые экземпляры. Из других видов, обитающих на твердом субстрате, были найдены лишь единичные экземпляры трех видов: *Cucumaria djakonovi* Baranova, 1980, *Cucumaria vegae* Théel, 1886 и крупный красный псолус *Psolus* sp.

Из 19 видов асцидий, в 2021 г. было найдено 10 видов, а в 2022 г. – 11, то есть после замора 2020 г. количество видов сократилось почти в два раза. Колониальные асцидии двух видов практически не пострадали. Так, асцидии *Placentela crystallina* Redikorzev, 1913 весной и в начале лета завершают период размножения и распространения путем фрагментации колоний и остальную часть года находятся в «спящем» состоянии: на субстрате остается

нижняя часть колонии, из которой весной следующего года развиваются новые зооиды. Вероятно, благодаря тому, что колонии этого вида, находящиеся к осени в неактивном состоянии, не отреагировали на воздействие замора в октябре 2020 г., их численность не была подорвана, и весной следующего года это был самый распространенный вид колониальных асцидий (и асцидий вообще). Другой вид, *Aplidiopsis pannosum* (Ritter, 1899), также к осени переходит в спящее состояние: колонии сжимаются, превращаясь в почти бесструктурные гладкие или гранулированные комочки – вероятно, это сезонная реакция, связанная с переходом в спящее состояние на осень – зиму (рис. 3, д, е). Такая особенность биологии, видимо, позволила этому виду, как и *P. crystallina*, пережить замор 2020 г. без потерь – на валунах встречаются очень крупные сплошные образования *A. pannosum* площадью более 1 кв. м (рис. 3, д). Возможно, и некоторые виды рода *Aplidium* или других близких родов семейства Polyclinidae могут переходить в такое же «спящее» состояние в осенне-зимний период, и те экземпляры, которые успели это сделать до заморных явлений, вызванных вредоносным цветением микроводорослей, смогли выжить и отродиться весной (рис. 3, ж). Определить достоверно видовую принадлежность колоний в «спящем» состоянии по морфологии невозможно из-за отсутствия нормально развитых зооидов, возможно только применение генетических методов. Исчез самый массовый вид колониальных асцидий, недавно описанный из Авачинского залива, *Aplidium eborinum* Sanamyan et Sanamyan, 2011. Но разрастаются небольшие колонии других типичных для региона асцидий: *Aplidium dissectum* Sanamyan et Sanamyan, 2011, *Aplidium spitzbergense* Hartmeyer, 1903, *Holozoa okhotensis*

Sanamyan, 2022 и *Synoicum turgens* Phipps, 1774, которые пострадали, но в 2021 г. начали восстанавливаться из стагнирующих остатков колоний. В 2022 г. стал активно разрастаться один вид семейства Didemnidae – *Didemnum gemmiparum* Romanov, 1976, не отмеченный нами в 2021 г., поэтому есть надежда, что его численность восстановится до прежнего уровня. Редкими стали одиночные асцидии в тех местах, где они раньше встречались массово, такие как *Styela clavata* (Pallas, 1774) (сейчас попадаются их единичные экземпляры) или *Dendrodoa aggregata* (Rathke, 1806) (встречаются малочисленные группы обычно мелких экземпляров). В отсутствие губок колониальные асцидии являются теперь доминирующей группой обрастателей наряду с колониями гидроидов.

В отличие от прошлых лет, донные рыбы теперь редко попадают: можно увидеть единичные экземпляры взрослых рыб или мальков бычков (Cottidae) и липарид (Liparidae). Рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* (Pallas, 1769), напротив, успешно отнерестились в прибрежье весной: неоднократно встречались взрослые живые и погибшие после нереста экземпляры и, как обычно, большое количество мальков. На активно перемещающихся рыб, таких как терпуги, широколобый окунь, минтай, треска, камбалы, так же как и на морских млекопитающих, замор практически не повлиял [Токранов и др., 2021; Токранов, 2022].

Опубликованный более 30 лет назад в сборнике «Гидробиологические исследования в Авачинской губе» [1989] список содержит 298 видов донных беспозвоночных, из которых наибольшее количество видов определено в классах полихет (63 вида) и ракообразных (89 видов), более половины из которых – амфиподы (43 вида) и изоподы (4 вида), которые в нашем исследовании до видов не определены

и представлены группой. В наших исследованиях большее внимание уделялось другим группам, которые раньше были плохо изучены (губки, актинии, голожаберные моллюски, асцидии) и теперь представлены большим числом видов, чем ранее. Другие опубликованные результаты исследований бентосных сообществ в Авачинском заливе и соседних районах содержат менее детализированные списки видов, а чаще – таксонов высокого уровня [Виноградов, 1949; Кузнецов, 1963; Ошурков, 2000]. Поэтому прежние списки видов оказалось трудно соотнести с настоящими, и в своей оценке состояния биоты мы опирались только на свои данные.

Весной 2021 г., после осеннего замора 2020 г. в результате ВЦВ, жизнь на дне в зоне верхней сублиторали катастрофически обеднела, и по видовому разнообразию, и по биомассе; валуны, лишившиеся обычных обрастателей, выглядели «облысевшими», покрытыми розовой глазурью инкрустирующих кораллиновых водорослей и «пушком» форонид, с редкими пучками колоний гидроидов и полчищами бокоплавов. Водоросли-макрофиты при этом не пострадали [Токранов и др., 2021], на дне наблюдался мощный слой диатомовых водорослей (отдельные клетки можно разглядеть при увеличении макрофотографий). Особенно неожиданным оказалось практически полное исчезновение губок. Эти данные основаны на прямых наблюдениях по большой площади дна и поэтому являются более убедительными, чем данные, которые могли бы быть получены в ходе разбора количественных проб, берущихся с небольших участков дна, ограниченных рамкой. Среди причин тотальной гибели губок одной из важных может быть их механическое загрязнение органическими остатками, поскольку, как отмечает В.В. Ошурков, «многие виды губок

отсутствуют или погибают в местообитаниях с интенсивным выпадением твердых осадков, поэтому по обилию и разнообразию этих животных можно судить об интенсивности седиментарных процессов в различных морских акваториях» [Ошурков, 2000, с. 106]. Крупные и ранее массовые виды губок, такие как *Halichondria panicea*, *Amphilectus digitatus*, являлись важным компонентом сообществ на твердых субстратах и местом обитания или питания для многих донных организмов, и их исчезновение существенно влияет на видовой и количественный состав гидробионтов. Освободившиеся от губок и других обрастателей поверхности камней и валунов, которые видны по отбеленным участкам инкрустирующих кораллиновых водорослей (рис. 3, з) или незаросшим ими очертаниям мест прикрепления погибших гидробионтов, были покрыты розовыми точками (около 1 мм) молодых кораллиновых водорослей и такими же мелкими белыми домиками баянусов, вспышка численности которых, вероятно, произошла из-за того, что вымерли их активные соскабливатели – хитоны, морские блюдечки и др.

В 2022 г. ситуация по биоразнообразию практически не улучшилась: те, кто выжил, заселяют камни, а большинство выбывших видов пока не найдены. Более того, некоторые виды, встречавшиеся в 2021 г., в следующем году исчезли, видимо, из-за подорванной кормовой базы, например, крупные голожаберные моллюски *Tritonia tetraquetra*, питающиеся в основном мягкими кораллами *Gersemia rubiformis*, или морские звезды *Henricia tumida*, питающиеся губками и встречавшиеся в 2021 г. единично; исчезли также криптохитоны *Cryptochiton stelleri*, встречавшиеся в 2021 г. единично в некоторых погружениях. На валунах по-прежнему остаются отбеленные участки инкрусти-

рующих кораллиновых водорослей – незаросшие следы, где росли погибшие губки и другие обрастатели. Но, в соответствии с начальными этапами сукцессии [Ошурков, 2000], камни и валуны очень активно заселяются спирорбинами, баянусами, корковыми мшанками и гидроидами – быстрорастущими прикрепленными организмами. В местах, где каланы выедают морских ежей, разрослись бурые водоросли – образовались молодые ламинариевые «леса» со слоевищами водорослей до 1 м длиной и довольно чистыми, еще без заметных обрастаний, ризоидами.

По итогу двух лет мы видим, что в результате ВЦВ биоразнообразие в исследованном районе нанесен колоссальный ущерб: двукратное сокращение видового состава морских беспозвоночных, сокращение численности большинства оставшихся видов можно оценить по оголившимся валунам до 80–90%; начавшееся заселение освободившегося субстрата указывает на вспышку численности немногих видов, характерных для первичной стадии сукцессии. Хотя в 2022 г. исчезло еще несколько видов, встреченных в начале 2021 г., в целом уже виден тренд на постепенное восстановление биоразнообразия, как в отношении количества видов (рис. 2), так и в увеличении численности и биомассы оставшихся организмов (судя по активному зарастанию поверхности валунов). Вероятно, теперь биота пройдет через «игольное ушко», и выжившие ее представители заселят освободившееся пространство, потеряв, однако, в видовом и внутривидовом (генетическом) разнообразии. Исходя из этого, можно предположить, что в районах, не подвергающихся катастрофическим воздействиям ВЦВ, разнообразие гидробионтов должно быть выше, по крайней мере, в группах, показавших высокую чувствительность к такому воздействию.

У берегов Камчатки в результате ВЦВ погибло большое количество актиний, исчезло более половины их видов, в том числе самый массовый *Cnidopus japonicus*, разноцветные экземпляры которого довольно густо покрывали твердый субстрат в зоне верхней сублиторали практически во всех местах обитания. Этот вид отличается широкая внутривидовая изменчивость окраски: в прикамчатских водах встречались желтые, зеленые, бежевые, коричневые и красные экземпляры, однотонные и с различным сочетанием нерегулярно расположенных пятен на колюмне. Но еще большее разнообразие в расцветке экземпляров этого вида, от почти белой до практически черной, включая все варианты окраски камчатских экземпляров, мы наблюдали у о. Матуа (средние Курильские о-ва), исследованного нами в течение двух экспедиций в 2016 и 2017 гг. Некоторые другие виды также показывают большую изменчивость в окраске островных популяций по сравнению с камчатскими. Например, в прикамчатских водах обитали только однотонные актинии *Urticina timuri* в двух вариантах окраски – темный (коричневый) и светлый (бежево-оранжевый), тогда как у Командорских и Курильских о-вов, кроме этих вариантов, встречалась зеленая и различные сочетания пятнистой окраски колюмны [Санамян, Санамян, 2008, 2020б; Sanamyan, Sanamyan, 2006]. У роющей актинии *Paraedwardsia malakhovi* Sanamyan et Sanamyan, 2021 в камчатской популяции встречался только один тип окраски, а у о. Матуа найдены различные яркие формы [Sanamyan, Sanamyan, 2021]. Такое разнообразие внутривидовых вариаций в окраске и, вероятно, генетическое разнообразие популяции *C. japonicus* и других актиний острова Матуа, по сравнению с камчатской популяцией, можно объяснить отсутствием заморных явлений на

удаленных от материкового стока мелких островах. Они постоянно омываются холодными течениями: температура в верхней сублиторали, по нашим данным, у о. Матуа в августе 2016 и 2017 гг. была 2–7°C; по данным Л.А. Зенкевича [Зенкевич, 1963] также температура в районе Средних Курил в этот период на глубине 10 м ограничена изотермой 8°C. В то же время у побережья Камчатки, как и у других берегов, где имеется поступление питательных веществ в виде материкового стока, возможны прогрев воды, превышающий норму, застойные явления и бурное размножение фитопланктона, в том числе и ВЦВ, могут время от времени происходить заморные явления, вызывая массовую гибель гидробионтов, приводящую к обеднению фауны. Видовое разнообразие некоторых (исследованных) групп беспозвоночных также выше у о. Матуа, чем было до последнего ВЦВ у берегов Камчатки: определено 24 вида губок в верхней сублиторали у о. Матуа против 20 у Юго-Восточной Камчатки, 19 видов (9 семейств) актиний против 16 (7 семейств) и 8 видов (7 родов) голотурий против 6 (4 рода) соответственно [Санамян и др., 2017а; Панина и др., 2017; Санамян, Санамян, 2020а, 2020б]. Таким образом, можно предположить, что виды, которые мы находим на Средних Курилах и которых нет в настоящее время в соседних районах, когда-то ранее могли встречаться в них (в Приморье, у Камчатки), но вымерли вследствие случавшихся и ранее из-за «красных приливов» заморозов, приводивших к обеднению фауны. Об этом же говорит разорванность ареалов некоторых видов, встречающихся на Средних Курилах и Командорских или Алеутских островах, но достоверно отсутствующих на юго-восточном побережье Камчатки. Так, например, актинии *Paraisanthus tamarae* Sanamyan et Sanamyan, 1998 семейства

Isanthidae и *Acricoactis brachyacontis* Larson, 2016 семейства Acricoactinidae и гидроид *Similiclava nivea* Calder, Choong et McDaniel, 2015 семейства Similiclavidae, ранее описанные с Командорских, Алеутских островов и из Британской Колумбии (соответственно), найдены нами у о. Матуа, но отсутствуют в прикамчатских водах, так же как и эти три семейства [Санамян, Санамян, 2020б, 2020в; Санамян и др., 2017б]. С другой стороны, к местам материкового стока приспособились другие виды, особенно некоторые крупные фильтраторы и сестонофаги, такие как актинии метридиумы (массовые в прибрежье Камчатки и Приморья) или крупные одиночные асцидии, которых нет в районе Средних Курил [Санамян и др., 2016].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После заморных явлений, произошедших в результате ВЦВ осенью 2020 г., в верхней сублиторали в прибрежье Юго-Восточной Камчатки произошло обеднение фауны как по биомассе, так и по количеству видов – почти двукратное сокращение видового разнообразия. Выжившие организмы при наличии кормовой базы восстанавливают численность, а некоторые группы даже увеличили: из ракообразных – бокоплавы и морские козочки, благодаря увеличению органической взвеси и детрита и снижению пресса хищников, а отшельники – также из-за снижения конкуренции за освободившиеся раковины гастропод.

Из уцелевших после замора 2020 г. видов менее половины показывают частую или обычную встречаемость (см. табл.) и не вызывают опасений за их выживание. Но более половины уцелевших видов встречались единично или редко – их дальнейшая выживаемость еще под вопро-

сом, и в любом случае их внутривидовое разнообразие будет снижено.

На освободившемся субстрате идут начальные стадии сукцессии: поверхности заселяются за счет пелагических личинок и спор быстрорастущими сессильными (прикрепленными) видами, такими как спирирбины, баянусы, кораллиновые багрянки и другие водоросли. Корковые мшанки и гидроиды заполняют освободившиеся места, путем pedalной лацерации распространяются метридиумы. Распространяются вагильные (двигающиеся) организмы, питающиеся на них или ими – моллюски, ракообразные, иглокожие.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность коллективу ООО «Подводсервис» за многолетнее сотрудничество и обеспечение выходов в море и водолазных работ, участникам 20-й и 21-й Камчатско-Курильской экспедиции Минобороны России и Русского географического общества и Экспедиционному научному центру Министерства обороны за помощь в проведении полевых работ на о. Матуа, А.В. Мартынову за определение голожаберных моллюсков и анонимным рецензентам за исправления и рекомендации.

Работа выполнялась в рамках программы исследований «Мониторинг качественных и количественных показателей биоты прибрежной зоны Юго-Восточной Камчатки для оценки динамики восстановления морских сообществ, включая выяснение причин гибели морских млекопитающих на побережье Камчатского п-ова в 2022 году».

ЛИТЕРАТУРА

Виноградов К.А. 1949. Зоогеографический очерк прибрежной морской фауны Юго-Восточной

- Камчатки. *Зоологический журнал*. Т. 28. № 1. С. 99–101.
- Гидробиологические исследования в Авачинской губе. 1989. Отв. ред. О.Г. Кусакин. Владивосток: ДВО АН СССР. 136 с.
- Данилин Д.Д., Будникова Л.Л., Сахаровский С.И. и др. 2021. Предварительные результаты обследования литоральной зоны Южно-Камчатского природного парка. *Материалы международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*, посвященной 120-летию со дня рождения известного камчатского учёного-ихтиолога, одного из организаторов регулярных исследований биологии и состояния запасов морских промысловых рыб у берегов Камчатки, почётного гражданина Петропавловска-Камчатского к.б.н. И.А. Полтуова. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 184–189.
- Зенкевич Л.А. 1963. Биология морей СССР. Москва: АН СССР. 440 с.
- Коновалова Г.В. 1995. Красные приливы у Восточной Камчатки: Атлас-справочник. Петропавловск-Камчатский: Изд-во «Камшат». 56 с.
- Коновалова Г.В. 1998. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. Владивосток: Дальнаука. 300 с.
- Коновалова Н.В., Могильникова Т.А. 2006. Токсичный фитопланктон и содержание биотоксинов в тканях гребешка. *Фундаментальные исследования*. № 9. С. 100–103.
- Кузнецов А.П. 1963. Фауна донных беспозвоночных прикамчатских вод Тихого океана и северных Курильских островов. Москва: АН СССР. 272 с.
- Ошурков В.В. 2000. Сукцессии и динамика эпибентосных сообществ верхней сублиторали бореальных вод. Владивосток: Дальнаука. 206 с.
- Ошурков В.В., Бажин А.Г., Буяновский А.И. и др. 1989. Видовой состав и распределение сообществ бентоса в Авачинской губе (Восточная Камчатка). Гидробиологические исследования в Авачинской губе. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 4–14.
- Панина Е.Г., Степанов В.Г., Санамян Н.П., Санамян К.Э. 2017. Морские ежи и голотурии острова Матуа (Курильские острова). *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 41. С. 62–71.
- Санамян Н.П., Санамян К.Э. 2008. Мелководные актинии (Cnidaria: Actiniaria) юго-восточного побережья Камчатки. *Зоология беспозвоночных*. Т. 5. № 2. С. 155–172.
- Санамян К.Э., Санамян Н.П. 2020а. Губки (тип Porifera). Флора и фауна острова Матуа (средние Курильские острова). Атлас-определитель. Т. 1. Мор. Череповец: ООО «Интрон». С. 8–57.
- Санамян Н.П., Санамян К.Э. 2020б. Актинии (коралловые полипы отряда Actiniaria). Флора и фауна острова Матуа (средние Курильские острова). Атлас-определитель. Т. 1. Мор. Череповец: ООО «Интрон». С. 58–97.
- Санамян К.Э., Санамян Н.П. 2020в. Медузы и гидроиды (книдарии классов Scyphozoa, Staurozoa и Hydrozoa). Флора и фауна острова Матуа (средние Курильские острова). Атлас-определитель. Т. 1. Мор. Череповец: ООО «Интрон». С. 108–135.
- Санамян Н.П., Санамян К.Э., Панина Е.Г. 2016. Предварительные данные о фауне актиний (Cnidaria: Actiniaria) прибрежных вод о. Матуа (Курильские о-ва). *Материалы международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*, посвященной 25-летию организации Камчатского института экологии и природопользования ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 356–358.
- Санамян К.Э., Санамян Н.П., Панина Е.Г. 2017а. Первые сведения о фауне губок (тип Porifera) прибрежных вод острова Матуа (средние Курильские острова). *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 41. С. 72–82.
- Санамян Н.П., Санамян К.Э., Панина Е.Г. 2017б. Новое семейство для фауны актиний (Cnidaria: Actiniaria) российских вод (о. Матуа, Курильские острова). *Материалы международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*, посвященной 70-летию со дня рождения доктора биологических наук П.А. Хоментовского. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 473–475.
- Сидоров К.С., Бурдин А.М. 1986. Исследование кормовых ресурсов камчатской популяции калана. Научно-исследовательские работы по морским млекопитающим северной части Тихого океана в 1984/85 г. Москва: ВНИРО. С. 107–116.
- Токранов А.М. 2022. Состав прибрежной ихтиофауны юго-восточной Камчатки после вредоносного цветения водорослей осенью 2020 г. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 59. С. 38–48. DOI: 10.17217/2079-0333-2022-59-38-48
- Токранов А.М., Данилин Д.Д., Жигадлова Г.Г. и др. 2021. Оценка воздействия возникшей

осенью 2020 г. у берегов Камчатки неблагоприятной экологической обстановки на представителей различных групп гидробионтов. *Труды Международной научно-практической конференции «Морские исследования и образование (MARESEDU-2021)» Том II (III): Сборник*. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС». С. 93–96.

Bondur V.G., Zamshina V.V., Chvertkova O.I. 2021. Space Study of a Red Tide-Related Environmental Disaster near Kamchatka Peninsula in September – October 2020. *Doklady Rossiiskoi Akademii Nauk. Nauki o Zemle*. Vol. 497. № 1. P. 83–90.

Jurgens L.J., Rogers-Bennett L., Riamondi P.T. et al. 2015. Patterns of Mass Mortality among Rocky Shore Invertebrates across 100 km of North-eastern Pacific Coastline. *PLoS ONE*. Vol. 10. № 6. e0126280.

Orlova T.Y., Aleksanin A.I., Lepskaya T.V. et al. 2022. A massive bloom of *Karenia* species (Dinophyceae) off the Kamchatka coast, Russia, in the fall of 2020. *Harmful Algae*. Vol. 120. Art. № 102337.

Sakamoto S., Lim W.A., Lu D. et al. 2021. Harmful algal blooms and associated fisheries damage in East Asia: current status and trends in China, Japan, Korea and Russia. *Harmful Algae*. Vol. 102. Art. № 101787.

Sanamyan N.P., Sanamyan K.E. 2006. The genera *Urticina* and *Cribrinopsis* (Anthozoa: Actiniaria) from the North-Western Pacific. *Journal of Natural History*. Vol. 40. № 7–8. P. 359–393.

Sanamyan N.P., Sanamyan K.E. 2021. *Paraedwardsia malakhovi*, a new burrowing sea anemone (Actiniaria: Edwardsiidae) from Kamchatka and Kuril Islands. *Invertebrate Zoology*. Vol. 18. № 3. P. 332–344.

REFERENCES

Vinogradov K.A. 1949. Zoogeographic sketch of the coastal marine fauna of South-Eastern Kamchatka. *Zoologicheskij zhurnal (Zoological journal)*. T. 28. № 1. P. 99–101 (in Russian).

Hydrobiological research in Avacha Bay. 1989. (Editor-in-chief O.G. Kusakin). Vladivostok: FEB AN USSR. 136 p. (in Russian).

Danilin D.D., Budnikova L.L., Sakharovsky S.I. et al. 2021. Preliminary results of the survey of the littoral zone of the South Kamchatka Natural Park. *Proceedings of International scientific conference “Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters”*, dedicated to the 120th anniversary of the famous Kamchatka ichthyologist, one of the organizers of regular researches of biology

and state of sea commercial fishes near coasts of Kamchatka. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 184–189 (in Russian).

Zenkevich L.A. 1963. Biology of the seas of the USSR. Moscow: AN SSSR. 440 p. (in Russian).

Konovalova G.V. 1995. Red tides near Eastern Kamchatka (Atlas-reference book). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamshat Publ. 56 p. (in Russian).

Konovalova G.V. 1998. Dinoflagellates (Dinophyta) of the Far Eastern seas of Russia and adjacent waters of the Pacific Ocean. Vladivostok: Dalnauka Publ. 300 p. (in Russian).

Konovalova N.V., Mogilnikova T.A. 2006. Toxic phytoplankton and biotoxin content in scallop tissues. *Fundamental'nye issledovaniya (Fundamental Research)*. № 9. P. 100–103 (in Russian).

Kuznetsov A.P. 1963. Fauna of benthic invertebrates of the Kamchatka waters of the Pacific Ocean and the northern Kuril Islands. Moscow: AN USSR. 272 p. (in Russian).

Oshurkov V.V. 2000. Successions and dynamic of epibenthic communities from the boreal upper subtidal zone. Vladivostok: Dalnauka Publ. 206 p. (in Russian).

Oshurkov V.V., Bazhin A.G., Buyanovsky A.I. et al. 1989. Species composition and distribution of benthic communities in Avacha Bay (Eastern Kamchatka). Hydrobiological research in Avacha Bay. Vladivostok: FEB AN USSR. P. 4–14 (in Russian).

Panina E.G., Stepanov V.G., Sanamyan N.P., Sanamyan K.E. 2017. Sea urchins and sea cucumbers from Matua Island (Kuril Islands). *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 41. P. 62–71 (in Russian).

Sanamyan N.P., Sanamyan K.E. 2008. Shallow water anemones (Cnidaria: Actiniaria) from south-eastern coast of Kamchatka. *Zoologiya bespozvonochnyh (Invertebrate Zoology)*. T. 5. № 2. P. 155–172 (in Russian).

Sanamyan K.E., Sanamyan N.P. 2020a. Sponges (Porifera). Flora and fauna of Matua Island (middle Kuril Islands). The field guide. Vol. 1. Sea. Cherepovets: ООО “Intron”. P. 8–57 (in Russian).

Sanamyan N.P., Sanamyan K.E. 2020b. Sea anemones (coral polyps of the order Actiniaria). Flora and fauna of Matua Island (middle Kuril Islands). The field guide. Vol. 1. Sea. Cherepovets: ООО “Intron”. P. 58–97 (in Russian).

Sanamyan K.E., Sanamyan N.P. 2020b. Jellyfish and hydroids (cnidarians of the classes Scyphozoa, Staurozoa and Hydrozoa). Flora and fauna of Matua Island (middle Kuril Islands). The field

- guide. Vol. 1. Sea. Cherepovets: OOO "Intron". P. 108–135 (in Russian).
- Sanamyan N.P., Sanamyan K.E., Panina E.G. 2016. Preliminary data on the fauna of sea anemones (Cnidaria: Actiniaria) of Matua Island (Kuril Islands). *Proceedings of the International Scientific Conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"* dedicated to the 25th anniversary of Kamchatka Research Institute of Ecology and Management FEB RAS. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 356–358 (in Russian).
- Sanamyan K.E., Sanamyan N.P., Panina E.G. 2017a. First information on the fauna of sponges (Porifera) of coastal waters Matua Island (middle Kuril Islands). *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 41. P. 72–82 (in Russian).
- Sanamyan N.P., Sanamyan K.E., Panina E.G. 2017b. The new family of Actiniaria (Cnidaria) in Russian waters (Matua Island of Kuril Islands). *Proceedings of the International Scientific Conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*, dedicated to the 70th anniversary of P.A. Khomentovsky's birthday. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 473–475 (in Russian).
- Sidorov K.S., Burdin A.M. 1986. Study of food resources of the Kamchatka sea otter population. Research work on marine mammals of the northern part of the Pacific Ocean in 1984/85. Moscow: VNIRO. P. 107–116 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2022. Composition of the coastal ichthyofauna of the South-Eastern Kamchatka after harmful algal bloom in autumn 2020. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Issue 59. P. 38–48. DOI: 10.17217/2079-0333-2022-59-38-48 (in Russian).
- Tokranov A.M., Danilin D.D., Zhigadlova G.G. et al. 2021. Evaluation of the affect of negative ecological situation arisen near coasts of Kamchatka in autumn 2020 to different groups of hydrobionts. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Marine Research and Education (MARESEDU-2021)"* Vol. II (III): Collection. Tver: OOO "PolyPRESS". P. 93–96 (in Russian).
- Bondur V.G., Zamshina V.V., Chvertkova O.I. 2021. Space Study of a Red Tide-Related Environmental Disaster near Kamchatka Peninsula in September – October 2020. *Doklady Rossiiskoi Akademii Nauk. Nauki o Zemle*. Vol. 497. № 1. P. 83–90.
- Jurgens L.J., Rogers-Bennett L., Riamondi P.T. et al. 2015. Patterns of Mass Mortality among Rocky Shore Invertebrates across 100 km of North-eastern Pacific Coastline. *PLoS ONE*. Vol. 10. № 6. e0126280.
- Orlova T.Y., Aleksanin A.I., Lepskaya T.V. et al. 2022. A massive bloom of *Karenia* species (Dinophyceae) off the Kamchatka coast, Russia, in the fall of 2020. *Harmful Algae*. Vol. 120. Art. № 102337.
- Sakamoto S., Lim W.A., Lu D. et al. 2021. Harmful algal blooms and associated fisheries damage in East Asia: current status and trends in China, Japan, Korea and Russia. *Harmful Algae*. Vol. 102. Art. № 101787.
- Sanamyan N.P., Sanamyan K.E. 2006. The genera *Urticina* and *Cribrinopsis* (Anthozoa: Actiniaria) from the North-Western Pacific. *Journal of Natural History*. Vol. 40. № 7–8. P. 359–393.
- Sanamyan N.P., Sanamyan K.E. 2021. *Paraedwardsia malakhovi*, a new burrowing sea anemone (Actiniaria: Edwardsiidae) from Kamchatka and Kuril Islands. *Invertebrate Zoology*. Vol. 18. № 3. P. 332–344.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Санамян Надежда Павловна – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; actiniaria@sanamyan.com. SPIN-код: 9152-0973, Author ID: 84633; Scopus ID: 35616434400; ORCID: 0000-0002-9987-0668.

Sanamyan Nadezhda Pavlovna – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Leading Researcher; actiniaria@sanamyan.com. SPIN-код: 9152-0973, Author ID: 84633; Scopus ID: 35616434400; ORCID: 0000-0002-9987-0668.

Коробок Александр Валерьевич – Камчатское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; 683023, Россия, Петропавловск-Камчатский; начальник отдела; alex_korobok@mail.ru.

Korobok Alexander Valeryevich – Kamchatka Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring; 683023, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Head of Department; alex_korobok@mail.ru.

Санамян Карэн Эдуардович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший научный сотрудник; ascidiacea@sanamyan.com. SPIN-код: 5218-4438, Author ID: 79998; Scopus ID: 6602501578; ORCID: 0000-0002-7460-3985.

Sanamyan Karen Eduardovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Researcher; ascidiacea@sanamyan.com. SPIN-код: 5218-4438, Author ID: 79998; Scopus ID: 6602501578; ORCID: 0000-0002-7460-3985.