

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ**УДК 551.46(265.54)****В.А. Лучин¹, Н.И. Григорьева^{2*}**

¹ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43;

² Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ННЦМБ ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БУХТЫ СЕВЕРНОЙ
(ЗАЛИВ СЛАВЯНСКИЙ, ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО,
ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

На основе всех доступных данных за 1965–2018 гг. рассмотрены современные особенности распределения основных гидрологических и гидрохимических показателей, течений, рельефа дна и донных осадков. Впервые представлены климатические данные и экстремумы океанологических параметров бухты Северной (залив Славянский, залив Петра Великого, Японское море). Для отдельных горизонтов рассмотрены особенности сезонной изменчивости пространственных распределений температуры и солености, а также их короткопериодные вариации на фазах прилива и отлива.

Ключевые слова: температура и соленость воды, содержание растворенного кислорода, pH, донные осадки, сезонная и короткопериодная изменчивость, бухта Северная, залив Славянский, залив Петра Великого, Японское море.

DOI: 10.26428/1606-9919-2018-194-70-85.

Luchin V.A., Grigoryeva N.I. Ecological state of Severnaya Bight (Slavianska Bay, Peter the Great Bay, Japan Sea) // *Izv. TINRO*. — 2018. — Vol. 194. — P. 70–85.

Oceanographic and chemical properties, sea currents, bottom topography and sediments in the Severnaya Bight (Slavianska Bay of Peter the Great Bay, Japan Sea) are considered on the base of all available data collected from 1965 to 2018. Mean and extreme values of the water parameters in the bight are determined for the first time. Seasonal and short-term tide-induced variations of the water temperature and salinity at certain depths are described. The environments influence on aquaculture is estimated. The hanging culture equipment can be mounted in the bight at the depth of no less than 10–12 m, whereas the bottom culture is possible in local areas with the depth of 6–10 m located in its northern and northwestern parts and southwestward from the Mininosok Inlet. In the north of the bight, the cultivated scallop is subjected to unfavorable influence of high water temperature and low salinity, but the water regime at the depth of 6–8 m, where the collectors and hatcheries are usually mounted, is relatively stable and favorable for the scallop cultivation, with rather rare and short-term rises of temperature (up to 25 °C), declines of salinity (to 24 ‰), and dissolved oxygen depletion (to 3.17 mL/L, or 58 %). Currents in the Severnaya Bight are strong enough for its waters renewal: 25–30 cm/s. The currents are almost reverse in the top of the bight; the semi-permanent cyclonic circulation develops in its main part that provides the water exchange

* Лучин Владимир Александрович, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: vluchin@poi.dvo.ru; Григорьева Нина Ивановна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, e-mail: grigoryeva04@mail.ru.

Luchin Vladimir A., D.Sc., leading researcher, e-mail: vluchin@poi.dvo.ru; Grigoryeva Nina I., Ph.D., senior researcher, e-mail: grigoryeva04@mail.ru.

with the open part of Peter the Great Bay and distribution of suspended solids, contaminants, bacteria, or larvae from marine farms or other sources over the bight. The non-tidal currents are almost twice stronger in winter than in summer.

Key words: water temperature, salinity, dissolved oxygen content, pH, bottom sediment, seasonal variability, Severnaya Bight, Slavianka Bay, Peter the Great Bay, Japan Sea.

Введение

Бухта Северная расположена в северо-западной части зал. Славянского между мысом Мальцева и юго-западной оконечностью п-ова Янковского, имеет извилистую береговую черту и образует ряд мелких бухточек, входящих в ее состав (рис. 1). Глубины в бухте постепенно нарастают от вершины и на выходе составляют 18–19 м. У скалистых мысов подводные склоны приглубые, 10-метровая изобата проходит в 100 м от берега*.

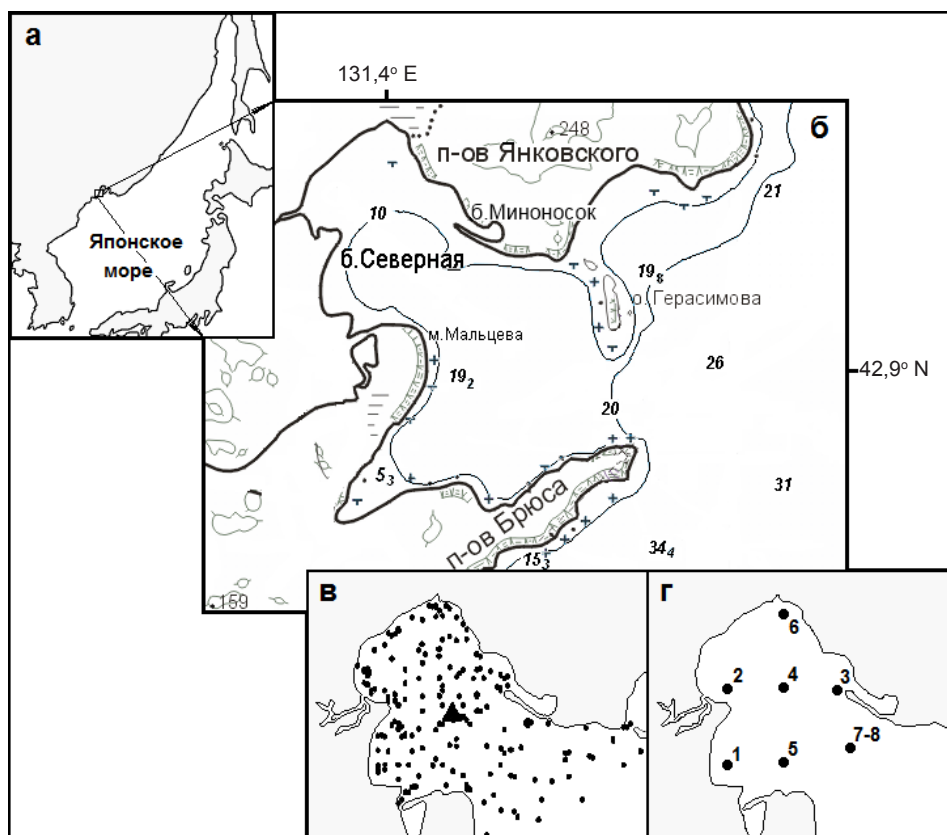


Рис. 1. Карты района работ (а), зал. Славянского (б), схемы гидрологических станций, *треугольник* — положение многосерийных станций в августе 2015 г. с дискретностью зондирования толщи вод, равной 1 мин (в) и станций наблюдений за течениями (г)

Fig. 1. Study area (а) and Slavianka Bay (б); location of hydrological stations (в) and sea current monitoring stations (г); *triangle* symbols indicate stations made in August 2015, for which data of water sounding at one-minute discrete intervals are available

Здесь с 1995 г. функционирует научно-производственная база марикультуры Дальрыбвтуза, которая имеет развитую береговую инфраструктуру, подвесные плантации и донные участки для воспроизводства беспозвоночных (<http://dalrybvtuz.ru/>). Работы по подвесному выращиванию приморского гребешка в бухте ведутся с 2003 г.; садки располагаются на глубине от 6 до 8 м. При культивировании гребешков используются современные технологии (Белогрудов, 1986; Справочник..., 2002; Инструкция...,

* Лоция северо-западного берега Японского моря от реки Туманная до мыса Белкина. СПб.: ГУНиО МО, 1996. 360 с.

2011). К настоящему времени здесь отработаны полные циклы искусственного воспроизводства гидробионтов, но проблеме мониторинга морской среды не уделялось должного внимания.

Важность изучения условий обитания биологических объектов как одного из элементов экосистемных исследований неоднократно подчеркивалась предыдущими исследователями (Гершанович, Муромцев, 1982; Шунтов, 1986; Радченко и др., 1997; Жук, 2002; Дулепова, 2005; Гаврилова, 2012).

От правильного представления экологических параметров в районах воспроизводства беспозвоночных в значительной степени зависит успешность их культивирования (Кинне, 1983; Моисеев и др., 1985; Супрунович, 1988; Биологические основы..., 1998). Более того, в процессе выращивания моллюсков воспроизводится множество сопутствующих элементов — бактерий, одноклеточных водорослей и простейших, которые не только участвуют в динамике культивируемой системы, но и зачастую решающим образом влияют на нее. Если это происходит без контроля состояния водной среды, то может вызвать серию опасных последствий (Shigueno, 1972; Motoda, 1977; Кочкиков, 1979). Поэтому мониторинг экологических условий на таких акваториях должен проводиться постоянно, с наибольшим числом контролируемых параметров, с выявлением устойчивых тенденций их изменений как в ходе гидрометеорологических процессов, так и при трансформации водной среды самими культивируемыми объектами (Григорьева, 2005).

Цель работы — комплексный анализ экологических условий в бухте Северной на основе всех доступных материалов наблюдений и литературных данных о лимитирующих факторах среды для гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857).

Материалы и методы

Оценка экологического состояния бухты Северной основана на данных океанологических наблюдений, полученных организациями Росгидромета и ТОИ ДВО РАН с 1965 по 2018 г. Преобладающее их число приходится на теплый период года, с декабря по март наблюдений существенно меньше. Всего при анализе были обработаны данные 908 океанологических станций (рис. 1, в). Океанологические параметры фиксировались от поверхности воды до придонных горизонтов. В зимнее время отбор проб и начало отсчетов зонда производили непосредственно у нижней кромки льда.

На каждой станции проведена линейная интерполяция измеренных параметров на горизонты, кратные 1 м. Затем на всех горизонтах рассчитаны средние многолетние месячные значения температуры (°C), солености воды (‰) и содержания растворенного кислорода (мл/л) и приведены их экстремумы. Все эти параметры отнесены к центру бухты.

В августе 2015 г. в центре плантации марикультуры (треугольник на рис. 1, в) проведены многосерийные океанологические наблюдения от поверхности до придонного горизонта на фазе прилива (с 16:34 по 17:44) и на фазе отлива (с 12:15 по 13:49) с минутной дискретностью между зондированиями. Всего выполнено 166 станций.

В 2005–2018 гг. дополнительно обследовано состояние дна при помощи привязанной к зонду рейки. Рейка, вынесенная на расстояние 60 см от датчиков, выполняла две функции: во-первых, служила защитой от попадания ила, во-вторых, с ее помощью производилось обследование состояния дна бухты. Если при выполнении конкретной станции происходило жесткое касание дна и при подъеме рейка была чистой от ила, то это свидетельствовало о том, что в данном пункте наблюдений дно песчаное или каменистое. Если рейка мягко входила в грунт и присутствовало начальное сопротивление при подъеме зонда, при этом по завершении станции часть рейки была в иле, то это подтверждало наличие илистого дна. Таким образом, выполнение гидрологических съемок позволило уточнить карту донных осадков бухты, ранее представленную О.В. Дударевым с коллегами (2002).

Режим течений в бухте Северной исследован по данным инструментальных наблюдений на горизонте 5 м. Сетка станций представлена на рис. 1 (г). Автономные буйковые станции № 1–6 выполнены в апреле 1982 г., № 7 — в декабре 1966 г., а № 8 — в

августе 1967 г. Разделение периодической и непериодической компонент течений произведено с помощью 24-часового фильтра. В результате обработки получены средние суточные значения и межсуточная изменчивость непериодических течений в местах измерений, а также дана характеристика их периодических вариаций.

Результаты и их обсуждение

Рельеф дна и осадки

Бухта Северная является акваторией полузакрытого типа и согласно принятой классификации относится к геоэкологической зоне с участками транзита тонкого осадочного материала и донной абразии с более грубыми осадками (Дударев и др., 2002). В глубоководной части бухты наблюдаются пелиты (величина частиц менее 0,01 мм), а на средних глубинах бухты — пелиты алевроитовые (с величиной частиц менее 0,10 мм). Отметим, что на карте, представленной О.В. Дударевым с соавторами (2002), нет сведений о состоянии грунтов прибрежного мелководья исследуемой акватории.

Данные наблюдений 2005–2016 гг. позволили представить уточненный рельеф дна (рис. 2, а). Выявлено, что в прибрежных районах северной и северо-западной частей бухты до горизонтов 5–7 м присутствует обширная отмель. Максимальные глубины (от 9–11 до 17–19 м) характерны для ее центральной части, а ось их максимальных значений ориентирована с северо-запада на юго-восток.

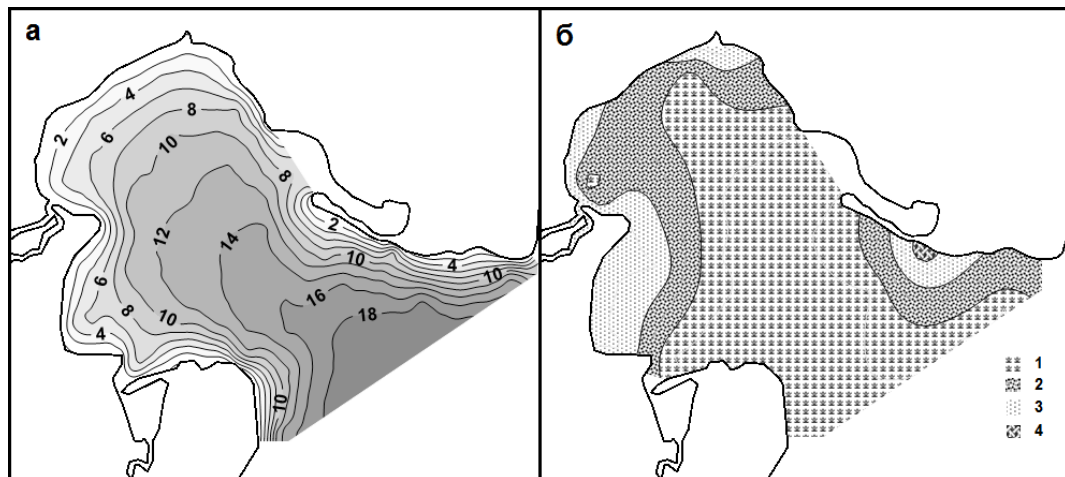


Рис. 2. Уточненная карта рельефа дна (а) и донных осадков (б) бухты Северной: 1 — ил; 2 — плотный ил (или ил с песком); 3 — песок; 4 — песок и камень

Fig. 2. Updated bottom topography (а) and distribution of bottom sediments (б) in Severnaya Bight: 1 — silt, 2 — heavy silt (or sandy silt), 3 — sand, 4 — sand/stone

Как видно на рис. 2 (б), преобладающая глубоководная часть дна бухты Северной покрыта илом, и лишь у берегов располагается узкая переходная область, покрытая плотным илом с песком. Только в северной и северо-западной частях бухты обнаружено песчаное дно. Песок и камни зафиксированы у южного берега п-ова Янковского. Сравнение двух карт, по материалам О.В. Дударева с соавторами (2002) и рис. 2 (б), показало, что в настоящее время область с илистым дном увеличилась. По нашему мнению, ее рост связан с поступлением терригенного материала и накапливаемой биогенной составляющей осадков под воздействием приливных и непериодических течений.

Течения

По данным инструментальных измерений максимальные значения скоростей суммарных течений в бухте Северной могут достигать 25–30 см/с. На мелководье северной и западной частей бухты в теплый период года (данные апреля и авгу-

ста) скорости течений максимальны (до 25–30 см/с), а в центральной и восточной частях — существенно снижены (до 10–15 см/с).

Средние суточные параметры течений (табл. 1), характеризующие непериодическую компоненту, свидетельствуют о большой изменчивости направления потоков от суток к суткам. Как правило, их скорости не превышают 4–6 см/с и только на северном и северо-западном мелководье бухты возрастают до 9 см/с. Эта географическая закономерность скоростей, наиболее вероятно, вызвана прибрежным ростом градиента уровня моря, связанным с материковым стоком.

Таблица 1
Средние суточные (непериодические) течения на горизонте 5 м в бухте Северной
Table 1
Daily average (non-periodic) sea currents in Severnaya Bight at a 5-meter depth

№ станции	Сутки наблюдений							Среднее за период
	1	2	3	4	5	6	7	
1	5,5/190	3,0/115	6,7/25	3,7/45	5,0/6	5,2/35	1,3/23	2,0/75
2	8,5/170	8,7/190	2,6/120	3,4/275	3,7/300	2,4/25	5,9/170	2,5/196
3	1,1/295	1,8/120	2,9/130	3,0/160	1,6/345	3,2/140	5,6/330	0,6/120
4	2,6/285	3,2/225	2,0/85	2,4/105	3,7/303	2,0/13	1,0/210	0,7/282
5	5,6/263	2,2/260	0,8/88	3,5/152	3,7/280	1,5/200	3,4/230	1,9/240
6	0,6/270	9,2/210	1,0/260	7,0/70	4,2/345	6,5/28	2,4/230	0,7/26
7	11,1/340	—	—	—	—	—	—	11,1/340
8	5,0/37	2,6/62	—	—	—	—	—	3,7/45

Примечание. Числитель — скорость, см/с; знаменатель — направление, град.

Также выявлено, что в холодный период года скорости непериодических течений значительно возрастают. Если в августе в среднем они не превышают 5 см/с, то в декабре составляют уже 11 см/с. Как показывают данные станций № 7 и 8 (см. рис. 1, г), выполненные в одной точке юго-западнее косы, отделяющей исследуемую акваторию от бухточки Миносок, в августе скорости течений находятся в пределах 10–12 см/с, в декабре увеличиваются почти в два раза — до 15–25 см/с. Наиболее вероятно, что в зимнее время скорости течений возрастают из-за увеличения интенсивности атмосферной циркуляции в регионе (Дашко, Варламов, 2003).

Несмотря на большую изменчивость течений (в холодный и теплый периоды года), следует подчеркнуть, что в бухте Северной превалирует циклоническая схема течений (с генеральным движением вод, направленным против часовой стрелки).

Периодическая составляющая течений характеризуется более высокими значениями скоростей — от 5–7 до 15 см/с. Периодические течения в бухте Северной близки к круговым и только в крайней северной и крайней южной ее частях близки к реверсивным (с ориентацией больших осей эллипсов вдоль изобат или по касательной к ним). Следует отметить, основываясь на графиках временного хода, данных спектрального анализа и автокорреляционных функций зональных и меридиональных компонент периодических составляющих течений, что в периодических составляющих течений доминируют приливные течения, которые существенно нарушаются инерционными и сейшевыми колебаниями.

Средние многолетние и экстремальные значения параметров

Накопленный материал и проведенные исследования последних лет позволили охарактеризовать современное экологическое состояние бухты Северной. Выполненные расчеты показали (табл. 2, 3), что в холодный период года (с декабря по март) температура воды в бухте практически однородна от поверхности до придонных горизонтов. Эта закономерность соблюдается как для средних многолетних величин, так и для их экстремальных значений. Подобное квазиоднородное распределение характерно и для солёности, наблюдаемое с декабря по апрель. Лишь в северо-западной части бухты, вблизи устья р. Брусся, распределение солёности по вертикали имеет более сложный характер, даже в период максимального нарастания льда. Согласно

Таблица 2

Средние месячные (Avg) и экстремальные (Min, Max) значения температуры (T, °C) и солености (S, ‰) воды, а также содержания растворенного в воде кислорода (O₂, мл/л) в слое 0–6 м бухты Северной за период с 1965 по 2018 г.

Table 2

Monthly average (Avg) and extreme (Min, Max) values of seawater temperature (T, °C), seawater salinity (S, ‰), and oxygen content (O₂, ml/l) in the upper 6-meter water layer of Severnaya Bight in 1965 to 2018

Месяц	T, °C				S, ‰				O ₂ , мл/л			
	N	Min	Avg	Max	N	Min	Avg	Max	N	Min	Avg	Max
Горизонт 0 м												
Январь	12	–1,718	–1,606	–1,386	12	34,038	34,486	34,546	–	–	–	–
Февраль	13	–1,738	–1,637	–0,323	13	5,508	33,898	34,436	–	–	–	–
Март	29	–0,250	0,320	1,876	29	25,515	33,160	33,804	0	–	–	–
Апрель	41	1,080	4,100	7,0	41	29,410	33,060	34,020	41	7,62	8,214	8,87
Май	102	5,740	10,340	17,965	102	24,771	31,820	33,840	55	6,41	7,257	8,03
Июнь	64	10,220	14,780	19,300	64	21,280	31,190	33,390	58	5,40	6,644	7,66
Июль	57	12,980	18,570	26,510	57	17,540	29,420	33,120	57	5,66	6,606	9,33
Август	217	17,780	22,090	26,940	217	2,081	28,430	32,950	56	5,02	5,870	7,39
Сентябрь	45	16,310	18,920	23,110	45	24,730	31,040	33,130	45	4,34	5,757	7,24
Октябрь	82	7,640	13,910	17,860	82	29,970	32,240	33,490	52	5,24	6,288	9,63
Ноябрь	45	0,510	4,970	9,100	45	32,100	33,260	33,850	45	6,64	7,565	8,26
Декабрь	33	–1,830	0,110	2,380	33	32,990	33,600	34,050	27	7,47	8,200	10,02
Горизонт 4 м												
Январь	10	–1,644	–1,600	–1,495	10	34,423	34,486	34,904	–	–	–	–
Февраль	11	–1,794	–1,652	–1,326	11	33,810	33,881	34,298	–	–	–	–
Март	29	–0,832	–0,148	0,751	29	32,491	33,651	33,915	–	–	–	–
Апрель	41	1,016	3,523	5,624	41	30,578	33,265	34,060	41	7,540	8,189	8,778
Май	55	3,484	8,334	11,604	55	29,954	32,640	33,864	55	6,464	7,226	8,094
Июнь	60	9,396	12,855	18,068	60	29,612	32,255	33,594	57	4,648	6,658	7,516
Июль	57	7,900	15,776	19,664	57	27,670	31,575	33,152	57	4,914	6,295	7,742
Август	94	15,268	20,968	25,090	94	23,558	29,498	33,156	56	4,016	5,504	6,990
Сентябрь	45	16,110	18,754	22,382	45	27,108	31,806	33,140	45	4,252	5,401	6,130
Октябрь	52	6,032	13,356	17,756	52	30,278	32,501	33,620	52	4,904	6,131	7,606
Ноябрь	45	0,606	4,599	8,780	45	32,172	33,288	34,052	45	6,576	7,504	8,352
Декабрь	33	–1,820	–0,267	2,396	33	33,010	33,677	34,012	27	7,644	8,219	9,444
Горизонт 6 м												
Январь	8	–1,644	–1,610	–1,527	6	34,454	34,490	34,540	–	–	–	–
Февраль	8	–1,731	–1,610	–0,890	8	33,842	33,923	34,368	–	–	–	–
Март	26	–1,0	–0,430	1,0	26	32,780	33,730	34,010	–	–	–	–
Апрель	31	0,960	3,330	5,320	31	30,920	33,290	34,080	31	7,75	8,20	8,77
Май	76	2,890	8,210	13,710	76	29,020	32,550	33,910	43	6,43	7,25	8,08
Июнь	52	8,470	12,480	16,600	51	28,750	32,320	33,710	46	5,74	6,74	7,57
Июль	45	10,780	15,320	18,800	45	29,800	32,280	33,790	45	5,16	6,32	7,62
Август	163	13,760	20,050	25,440	163	24,330	31,370	33,390	45	4,34	5,46	6,66
Сентябрь	37	15,910	18,580	22,270	37	27,830	31,870	33,230	37	3,88	5,22	5,86
Октябрь	61	7,630	13,790	17,800	61	30,460	32,440	33,740	40	5,18	6,07	7,05
Ноябрь	36	0,680	5,010	8,650	36	32,290	33,460	34,170	36	6,52	7,45	8,16
Декабрь	29	–1,810	0,220	2,320	29	33,020	33,630	34,020	23	7,56	8,25	9,38

Примечание. Здесь и в табл. 3 N — количество наблюдений.

последним наблюдениям в январе и феврале 2018 г. на устьевом мелководье за счет речного стока непосредственно подо льдом и на придонных горизонтах соленость была ниже на 1,0–1,3 ‰, а температура — выше на 0,1–0,2 °C в сравнении с остальной акваторией. Следует отметить, что зимой в бухте Северной наблюдаются самая низкая температура (до минус 1,83 °C) и максимальная соленость (до 34,904 ‰).

Таблица 3

Средние месячные (Avg) и экстремальные (Min, Max) значения температуры (T, °C) и солености (S, ‰) воды, а также содержания растворенного в воде кислорода (O₂, мл/л) в слое 8–12 м бухты Северной за период с 1965 по 2018 г.

Table 3

Monthly average (Avg) and extreme (Min, Max) values of seawater temperature (T, °C), seawater salinity (S, ‰), and oxygen content (O₂, ml/l) in 8–12-meter water layer of Severnaya Bight in 1965 to 2018

Месяц	T, °C				S, ‰				O ₂ , мл/л			
	N	Min	Avg	Max	N	Min	Avg	Max	N	Min	Avg	Max
Горизонт 8 м												
Январь	6	–1,650	–1,643	–1,564	6	34,464	34,494	34,501	–	–	–	–
Февраль	6	–1,738	–1,644	–1,504	6	33,854	34,020	34,277	–	–	–	–
Март	21	–1,118	–0,560	1,005	21	33,391	33,820	34,063	–	–	–	–
Апрель	31	0,880	3,040	5,240	31	31,788	33,380	34,094	31	7,623	8,192	8,718
Май	70	2,824	7,390	12,701	70	29,220	32,730	33,978	43	6,496	7,266	8,024
Июнь	52	7,716	11,530	16,168	51	29,182	32,470	33,588	46	5,706	6,737	7,872
Июль	45	10,408	14,550	18,480	45	30,440	32,500	33,841	45	5,036	6,243	7,502
Август	142	12,840	19,320	24,780	142	24,424	31,790	33,492	45	4,128	5,256	6,188
Сентябрь	37	15,456	18,340	22,170	37	29,084	32,140	33,354	37	3,174	5,019	5,688
Октябрь	57	6,390	13,610	18,080	57	30,686	32,560	33,892	40	5,306	5,976	6,962
Ноябрь	36	0,760	4,980	8,563	36	32,496	33,470	34,006	36	6,428	7,380	8,280
Декабрь	29	–1,806	0,300	2,440	29	33,040	33,660	34,020	23	7,426	8,226	9,536
Горизонт 10 м												
Январь	4	–1,648	–1,644	–1,641	4	34,488	34,496	34,509	–	–	–	–
Февраль	4	–1,596	–1,501	–0,902	4	34,044	34,292	34,416	–	–	–	–
Март	15	–1,175	–0,936	0,318	15	33,741	33,943	34,038	–	–	–	–
Апрель	29	0,800	2,771	5,160	29	32,480	33,458	34,110	29	7,790	8,201	8,680
Май	43	2,120	5,763	10,160	43	31,050	33,144	34,050	43	6,560	7,286	7,990
Июнь	49	6,960	10,638	16,000	49	30,080	32,950	33,670	46	5,470	6,737	8,520
Июль	45	9,960	13,835	18,180	45	30,840	32,809	33,896	45	4,860	6,169	7,470
Август	62	11,920	17,860	21,560	62	30,510	32,326	33,600	45	3,840	5,057	6,310
Сентябрь	37	15,000	18,119	22,070	37	30,340	32,549	33,490	37	2,470	4,815	5,800
Октябрь	40	5,010	13,175	18,560	40	30,910	32,817	33,704	40	4,990	5,880	6,870
Ноябрь	36	0,840	4,595	8,471	36	32,700	33,423	33,910	36	6,191	7,315	8,460
Декабрь	29	–1,810	–0,292	2,560	29	33,060	33,744	34,061	23	7,290	8,206	9,693
Горизонт 12 м												
Январь	3	–1,646	–1,641	–1,639	3	34,499	34,502	34,505	–	–	–	–
Февраль	3	–1,655	–1,192	–1,131	3	34,281	34,285	34,545	–	–	–	–
Март	11	–1,281	–1,110	–0,878	11	33,938	33,990	34,037	–	–	–	–
Апрель	11	0,787	2,530	5,100	11	33,297	33,670	34,013	11	7,913	8,257	8,640
Май	43	1,953	6,110	11,733	43	30,229	32,990	34,183	27	6,470	7,233	7,953
Июнь	29	5,730	9,730	13,764	29	32,140	33,180	33,713	29	5,690	6,683	8,640
Июль	31	9,387	13,110	18,120	31	31,360	32,880	33,950	31	4,810	6,069	7,360
Август	70	11,160	18,340	22,920	70	30,909	32,420	33,600	25	3,677	4,994	5,883
Сентябрь	23	14,700	17,600	21,917	23	30,990	32,600	33,500	23	3,690	4,799	5,580
Октябрь	32	4,110	12,160	16,340	32	31,723	33,060	33,750	21	5,280	5,888	6,660
Ноябрь	19	1,457	4,780	8,380	19	32,713	33,440	33,863	19	5,680	7,242	8,070
Декабрь	18	–1,808	0,290	2,620	19	33,090	33,710	34,130	13	7,423	8,208	9,850

Весной, в марте, начинает формироваться стратифицированное распределение параметров, характерное для теплого периода года, с максимумом температуры и минимумом солености у поверхности воды. Максимальный прогрев зафиксирован в августе (табл. 2, 3). Существенное опреснение поверхностного слоя воды, которое происходит благодаря атмосферным осадкам и значительному береговому стоку в вер-

шине бухты, начинается с июня и заканчивается в сентябре. Минимальные значения солености наблюдаются в течение двух месяцев — с августа по сентябрь. В отдельные дни соленость у поверхности воды может снижаться до 2,08–17,54 ‰, в придонном слое (8–12 м) — до 24,42–30,91 ‰ (табл. 2,3).

Интенсивное перемешивание и изменчивость материкового стока (при перемещении барических образований над исследуемой акваторией) приводят к значительной изменчивости океанологических параметров не только в верхнем квазиоднородном слое, но и на придонных горизонтах. В результате температура верхнего слоя воды в бухте может понизиться, а соленость — напротив, увеличиться (Лучин и др., 2006). Следует отметить, что слой воды (6–8 м), где находятся коллекторы и садки с гребешком, характеризуется более стабильными, чем на поверхности, характеристиками. Здесь возможны единичные повышения температуры (до 24,78–25,44 °C), снижения солености (до 24,33–24,42 ‰) и содержания растворенного в воде кислорода (до 3,17–3,88 мл/л, или 58–72 % насыщения) (табл. 2, 3).

Если следовать критериям, предложенным в работах Л.В. Микулич, М.Г. Бирюлиной (1970), Ю.Э. Брегмана с соавторами (1977), А.В. Силиной (1986), то только эти кратковременные скачки параметров воды в слое 6–8 м могут негативно сказываться на жизнедеятельности гребешков.

Обобщение всех доступных на настоящее время данных океанологических наблюдений показало, что в толще вод бухты Северной в зимне-весеннее время (с декабря по апрель) отмечается максимальное содержание растворенного кислорода, достигающее 10,02 мл/л (табл. 2, 3). Согласно Таблицам растворимости... (1976) и приведенным в табл. 2 и 3 значениям температуры и солености максимальные показатели содержания растворенного кислорода в это время года не должны превышать 8,45 мл/л. В связи с этим важно констатировать, что данный максимум (до 10,02 мл/л) является следствием фотосинтетической деятельности фитопланктона. Этот эффект (перенасыщение воды кислородом подо льдом) ранее был отмечен в вершине Амурского залива (Лучин, Сагалаев, 2005).

Летний рост температуры воды и разложение органического вещества в морской воде приводят к существенному снижению концентрации растворенного в воде кислорода в бухте, а его минимальные значения наблюдаются в период максимального прогрева — в августе-сентябре (табл. 2, 3). Минимальные значения составляют 5,8–5,9 мл/л, а у дна — до 4,8–5,0 мл/л (с абсолютным минимумом до 3,7 мл/л) (табл. 2, 3). В целом в теплый период года во всей толще вод бухты Северной насыщение кислородом превышает его растворимость на 1–2÷10–13 %. Этот факт свидетельствует о доминирующей роли (даже в теплый период года) продукционных процессов. Хотя в августе-сентябре в слое от 6 м до дна встречается незначительное (до 10–12 %) недонасыщение вод кислородом, возможно, из-за влияния плантаций марикультуры.

Закономерности вертикального распределения и сезонной изменчивости водородного показателя (рН), как правило, хорошо соответствуют режимным особенностям растворенного в воде кислорода. В теплый период повсеместно наблюдаются пониженные значения рН, особенно в придонных горизонтах. Минимальные значения (7,95–7,98) начинают фиксироваться у поверхности в июне-августе, у дна в августе-сентябре, имея абсолютный минимум 7,89. В период максимального прогрева рН в придонных горизонтах несколько ниже, чем у поверхности воды, хотя статистически эти различия недостоверны.

Сезонная и короткопериодная изменчивость

Термохалинный режим бухты Северной в основном формируется под влиянием различных климатических факторов и вклад каждого из них в формирование структурных особенностей толщи вод и закономерностей пространственного распределения температуры и солености воды на различных горизонтах существенно различается в конкретные сезоны года.

Зимой термический режим бухты в основном формируется под влиянием теплообмена с атмосферой, ветрового и волнового перемешивания толщи вод, водо- и теплообмена с сопредельными акваториями, а также конвективного перемешивания (включая осолонение и охлаждение толщи вод при образовании льда). В этот период года наблюдаются самые низкие значения и минимальные пространственные градиенты в полях температуры воды (рис. 3, а–в). Как следует из представленных рисунков, изменения температуры в пределах акватории зимой не превышают $0,10\text{--}0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Более высокие значения температуры воды ($-1,50\text{--}-1,56\text{ }^{\circ}\text{C}$) выделяются в прибрежных районах северной части бухты, вызванные в основном поступлением в море сравнительно теплых речных вод. Минимум (до минус $1,64\text{ }^{\circ}\text{C}$) зафиксирован на южной открытой границе бухты.

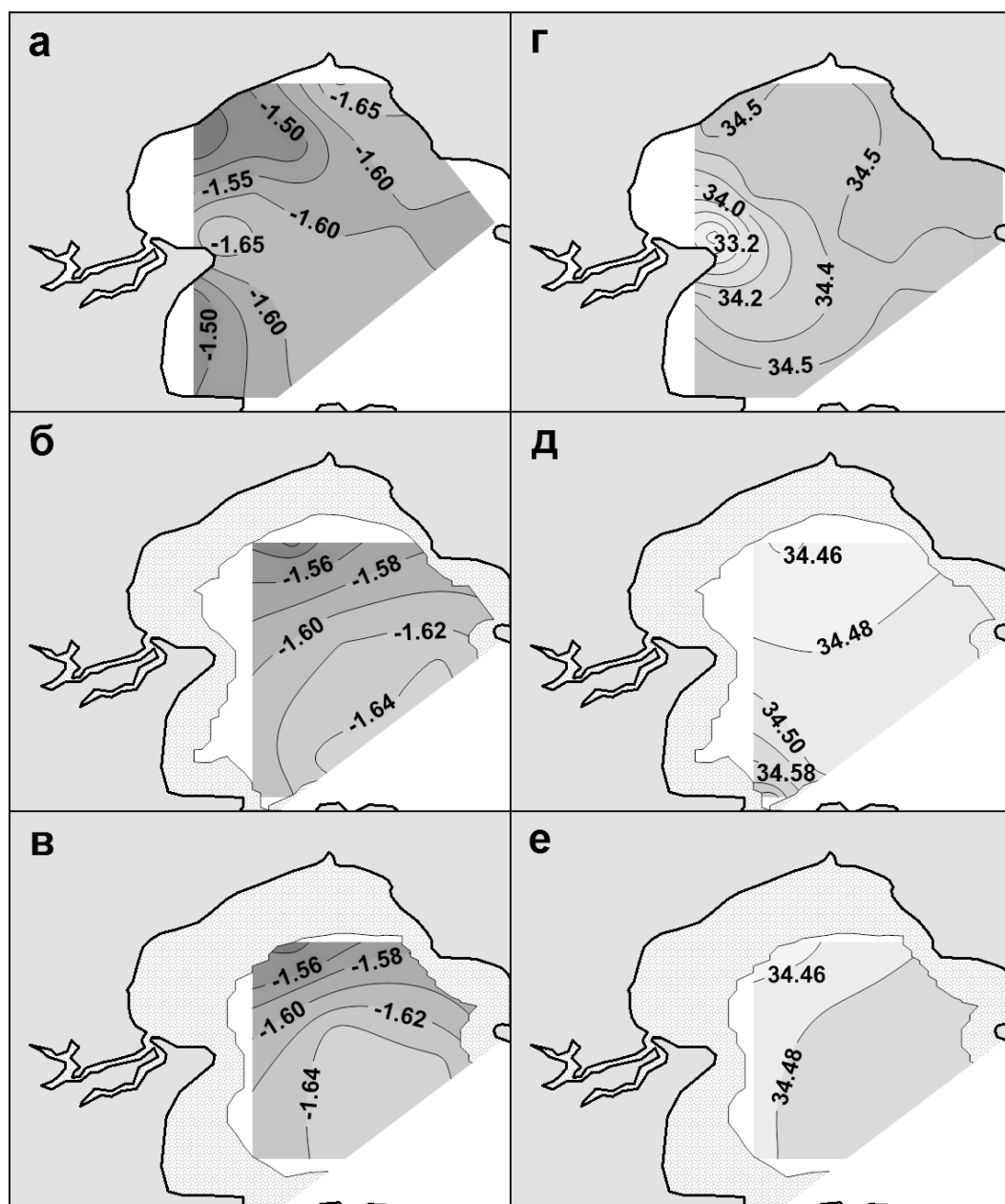


Рис. 3. Пространственное распределение температуры (а–в), солёности воды (г–е) на горизонтах 0 м (а, г), 6 м (б, д) и 8 м (в, е) в бухте Северной 30 января 2018 г.

Fig. 3. Spatial distribution of seawater temperature (а–в) and salinity (г–е) in Severnaya Bight at the 0- (а, г), 6- (б, д), and 8-meter (в, е) depth on January 30, 2018

На режим солёности бухты Северной зимой основное влияние оказывают образование льда и материковый сток (хотя он существенно ниже, чем в тёплый период года). Чем суровее зима, с экстремально низкой температурой воздуха и большими скоростями ветра, тем больше льда образуется. Более того, при его образовании происходит выделение солей в морскую воду и, следовательно, растёт солёность вод исследуемого района. Наиболее существенно опреснение вод проявляется только на периферии западной части бухты в приповерхностном слое (непосредственно около нижней кромки льда), где солёность понижается до 33 ‰ (рис. 3, г). На горизонтах 6 и 8 м влияние материкового стока проявляется в меньшей мере, а пределы изменения солёности составляют соответственно 34,47–34,57 и 34,46–34,49 ‰ (рис. 3, д, е).

Летом высокая температура от поверхности до придонных горизонтов в бухте Северной формируется в основном под влиянием приходящей солнечной радиации, теплообмена с атмосферой, а также ветрового и волнового перемешивания, связанного с прохождением циклонов над территорией южного Приморья. Речные воды и сопредельные воды акватории Амурского залива в августе также уже хорошо прогреты и имеют максимальные (для всего года) значения температуры. Поэтому их поступление в бухту Северную не способствует формированию резких термических контрастных зон (рис. 4, а–в).

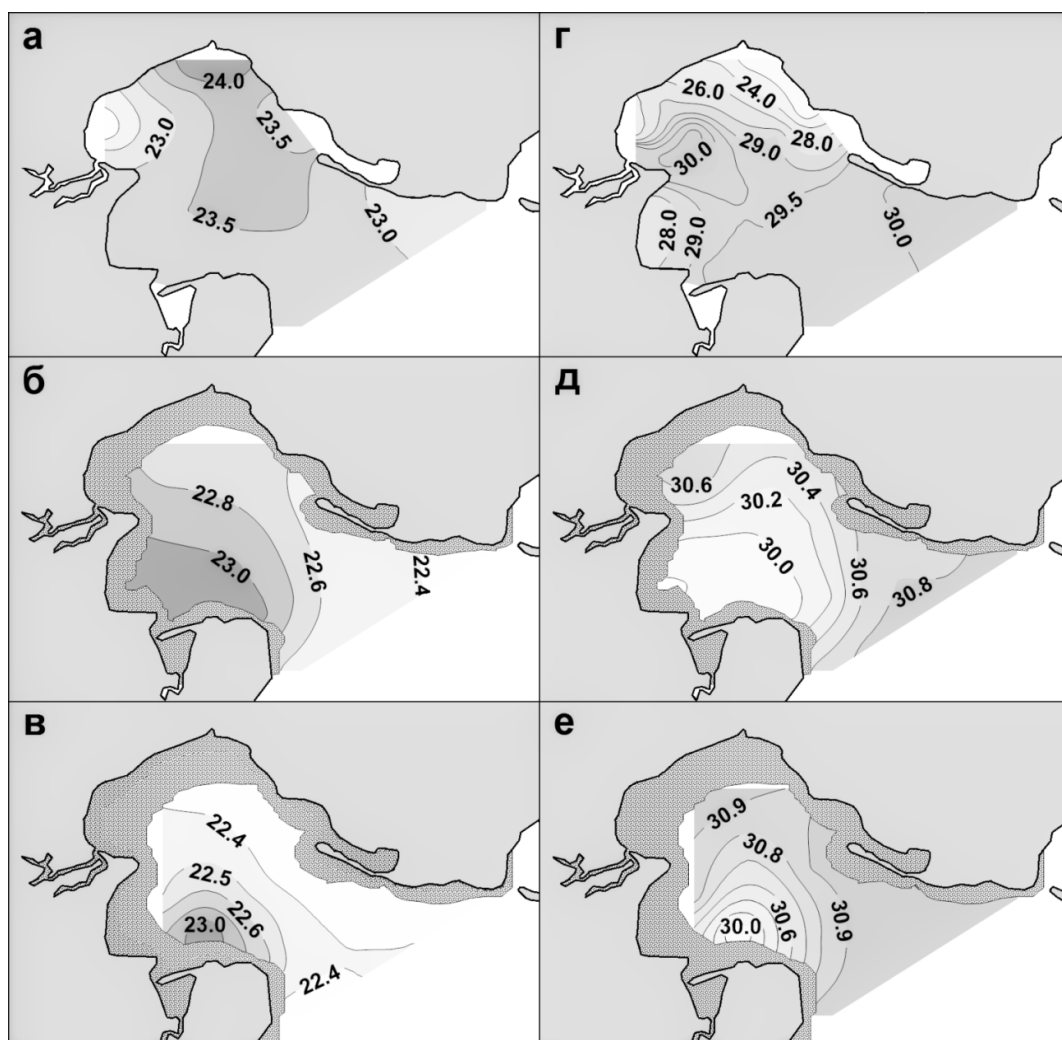


Рис. 4. Пространственное распределение температуры (а–в), солёности воды (г–е) на горизонтах 0 м (а, г), 6 м (б, д) и 8 м (в, е) в бухте Северной в августе 2015 г.

Fig. 4. Spatial distribution of seawater temperature (а–в) and salinity (г–е) in Severnaya Bight at the 0- (а, г), 6- (б, д), and 8-meter (в, е) depth in August 2015

Как видно на рис. 4 (а–в), главной особенностью вертикального распределения температуры в августе является ее уменьшение от поверхности к придонным горизонтам, а также пространственная неоднородность из-за влияния притока различных вод. Так, в поверхностном слое минимальные значения (до 22 °С) выделяются вблизи устья р. Брусья, в северо-западной и западной частях исследуемой акватории. Однако на горизонтах 6 и 8 м минимальные значения температуры воды (соответственно 22,6 и 22,4 °С) наблюдаются в восточной части бухты (за счет поступления сравнительно холодных вод из Амурского залива).

Главной особенностью пространственного распределения солёности у поверхности воды в августе являются минимальные значения на периферии бухты, где происходит основное поступление береговых стоков (рис. 4, г–е). Максимальные пространственные контрасты в поле солёности (от 22 до 30 ‰) характерны для поверхностного слоя, с глубиной они уменьшаются и на горизонтах 6 и 8 м находятся в диапазоне от 30,0 до 30,9 ‰. Максимальные значения солёности вод бухты Северной выделяются, как правило, в ее южной и восточной частях. Таким образом, наблюдаемые контрасты температуры и солёности в бухте хорошо согласуются с представленной выше циклонической системой течений исследуемого региона.

В августе 2015 г., помимо фоновой съемки, которая подробно освещала океанологическое состояние бухты Северной, в центре плантации марикультуры (треугольник на рис. 1, в) были выполнены многосерийные океанологические наблюдения от поверхности до придонного горизонта с минутной дискретностью между ними. По данным многосерийных станций (рис. 5) выявлено, что в слое 6–8 м, где находятся садки с культивируемыми моллюсками, наблюдается слабая (не более 0,1 °С и 0,1 ‰) изменчивость температуры и солёности морской воды как в период прилива, так и в период отлива. Получено, что на фазе прилива изотермы и изохалины (например, кривые 22,4 °С и 31,4 ‰) поднимаются на 1–2 м ближе к поверхности, чем на фазе отлива.

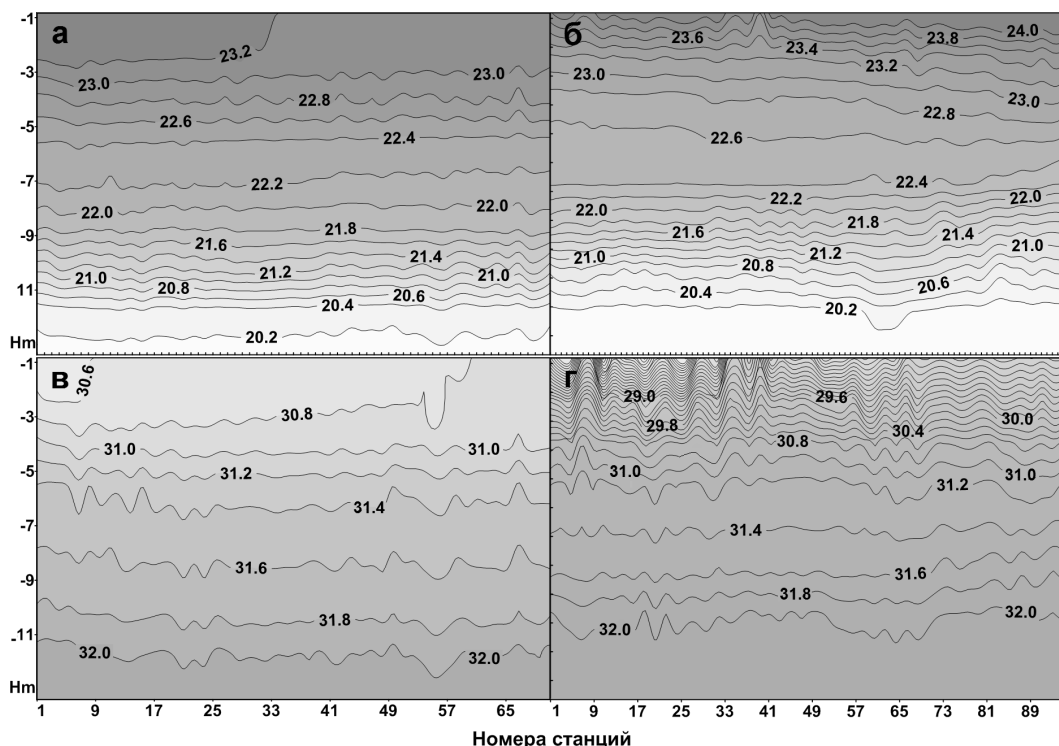


Рис. 5. Короткопериодные колебания температуры (а, б) и солёности (в, г) в фазу прилива (а, в) и фазу отлива (б, г) в августе 2015 г.

Fig. 5. Short-term variations in seawater temperature (а, б) and salinity (в, г) during flood tide (а, в) and ebb tide (б, г) in Severnaya Bight in August 2015

Однако на выше- и нижележащих горизонтах эта закономерность не прослеживается. На временных разрезах (рис. 5) отчетливо выделяются также колебания температуры и солености с периодичностями от 3 до 7 мин, что, наиболее вероятно, связано с волновым воздействием на стратифицированную толщу вод бухты. Особенно ярко эти колебания представлены в слое 0–5 м на рис. 5 (г).

В зал. Петра Великого к концу 1980-х гг. был накоплен достаточно большой объем информации по биологии размножения и роста моллюсков в зависимости от абиотических факторов среды (Разин, 1934; Скарлато, 1981; Силина, 1986). Выявлено, что и средние многолетние значения параметров среды обитания, и их экстремумы могут лимитировать их выживаемость. Еще А.И. Разин (1934) отмечал, что приморский гребешок избегает сильно подвижные пески, жидкие или глинистые илы и встречается на глубине от 0,5 до 48,0 м, но главные его скопления находятся в бухтах на глубинах 6–18 м, а на открытых участках шельфа — от 18 до 30 м. Гребешки встречаются в диапазоне температур от минус 2 до плюс 26 °С, однако их плотные поселения формируются в районах, где температура морской воды не выходит за пределы от минус 1,5 до плюс 18,0–20,0 °С; они не поселяются вблизи устьев рек, а наибольшее их количество обитает при солености 32–34 ‰. Минимальная концентрация растворенного кислорода для оптимального развития приморского гребешка составляет 6 мл/л (Брегман и др., 1977). Поскольку для жизнедеятельности двустворчатых моллюсков лимитирующими факторами являются глубины и состояние грунтов исследуемой акватории, температура, соленость и содержание растворенного кислорода в толще вод, а также режим течений (Разин, 1934; Силина, 1986), культивирование (например, подвесное) биологических объектов позволяет ввести дополнительные условия для их успешной жизнедеятельности, резко уменьшить влияние хищников и увеличить их выживаемость (Белогрудов, 1986). Однако правильные технологические решения при культивировании конкретных объектов возможны только при хорошем знании экологических условий акваторий, где планируется разведение гидробионтов.

Представленные нами результаты (см. рис. 2–5, табл. 1–3) указывают на то, что средние горизонты в бухте Северной являются наилучшими для подвешного выращивания гребешков. Несмотря на то, что в поверхностном слое могут наблюдаться высокие значения температуры и происходить опреснения морской воды, горизонты расположения садков (6–8 м) находятся в сравнительно оптимальных условиях для их роста. Хотя ранее уже отмечались случаи массовой гибели гидробионтов в зал. Петра Великого, но, как правило, они происходили преимущественно в прибрежной полосе на небольших глубинах. Так, летом 1983 г. в заливах Посыета и Славянский из-за сильных дождей и опреснения поверхностных вод вымерли почти все малоподвижные моллюски, иглокожие и ракообразные на глубинах до 2,5 м (Раков, 1987). В июле 1989 г. в вершине зал. Восток из-за значительного снижения солености на глубинах до 2,5 м погибло все поселение приморского гребешка, а на остальных участках до глубин 7 м вымерло до 48,2 % особей (Брыков, Селин, 1990).

Важно подчеркнуть, что, помимо влияния основных гидрологических параметров, на выживаемость культивируемых беспозвоночных может влиять и эвтрофирование мелководных бухт, так как плантации способствуют заилению бухт и накоплению биоотложений. Непосредственно под ними аккумулируется до 23–38 % веществ с толщиной осадка 13 мм в год, из которых до 62–77 % распространяется по всему водоему (Yuan et al., 2010; Гаврилова, 2012). Поскольку моллюски являются животными-фильтраторами, они могут накапливать много бактерий и вирусов как в самих себе, так и в водной среде (Grodzki, 2012). По данным, полученным в 2008–2012 гг., в бухте Северной в теплый период (с мая по ноябрь) обнаружено 6 видов потенциально токсичных микроводорослей (Шевченко и др., 2011) и достаточно много паразитов, которые благодаря высокой численности беспозвоночных циркулируют в экосистеме бухты (Буторина, 2015). По некоторым данным (Слободскова и др., 2015), культивируемые моллюски в бухте Северной находятся в состоянии окислительного стресса и степень деградации ДНК в 2014 г. оказалась выше, чем в 2008 г. В этой связи наиболее вероятно предположение Т.Е. Буториной и Е.В. Твороговой (2016), что массовая гибель гребешков в 2014 г. является следствием воздействия простейших

рода *Perkinsus*. Все выше перечисленные факторы, которые могут влиять на дальнейшее существование популяций нескольких видов и, соответственно, на экосистему, не оцениваются; и, по последним данным, в настоящее время не существует даже методических разработок, адаптированных к местным условиям (Гаврилова, 2012). Для таких локальных и полузакрытых акваторий, как бухта Северная, в дальнейшем необходима оценка всех существующих рисков (Bondad-Reantaso et al., 2005; Гаврилова, 2012) и, возможно, использование многоуровневой системы технологии выращивания гидробионтов, например гребешков с трепангами (Кучерявенко, 1986). Поэтому необходимы поиск экологических принципов регулирования продукционного процесса, разработка новых биотехнологий, устраняющих выявленные недостатки.

Выводы

В поверхностном слое бухты Северной отмечаются наиболее высокие значения температуры и значительные опреснения морской воды. Максимальные значения температуры (свыше 20 °C) наблюдаются в течение трех месяцев — с июля по сентябрь, вначале у поверхности, а затем, по мере прогрева, и во всей толще воды. Максимум составляет 26,9 °C. Минимальные значения (менее 0 °C) наблюдаются в зимние месяцы, хотя в декабре в отдельные годы могут фиксироваться дни с положительными температурами. Зимой в бухте Северной самая низкая температура (до минус 1,83 °C) и максимальная соленость (до 34,904 ‰). С августа по сентябрь соленость у поверхности воды может снижаться до 2,08–17,54 ‰, в придонном слое (8–12 м) — до 24,42–30,91 ‰. На устьевом мелководье в северо-западной части бухты вследствие речного стока показатели температуры и солености могут отличаться от таковых показателей на остальной акватории.

Размещение плантаций для подвешного культивирования возможно в местах с общей глубиной не менее 10–12 м. Для донного выращивания подходят только локальные участки дна с глубинами до 6–10 м в северной и северо-западной частях бухты, а также к югу и юго-западу от бухточки Миноносок. В вершине бухты гребешки могут подвергаться негативным воздействиям высоких температур и опреснения.

Средние горизонты в бухте Северной являются наилучшими для подвешного выращивания гребешков. Слой воды от 6 до 8 м, где находятся коллекторы и садки, характеризуется сравнительно стабильными и оптимальными для их жизнедеятельности экологическими параметрами. Здесь возможны лишь единичные кратковременные повышения температуры (до 24,78–25,44 °C) и снижения солености (до 24,33–24,42 ‰) и содержания растворенного в воде кислорода (до 3,17–3,88 мл/л, или 58–72 % насыщения).

Наблюдения за течениями в бухте Северной свидетельствуют о высоких (до 25–30 см/с) скоростях суммарных течений и значительной их изменчивости. В холодный период года скорости непериодических течений возрастают и могут превышать летние показатели почти в два раза. Реверсивные потоки наблюдаются преимущественно в вершине бухты.

Квазипостоянная циклоническая циркуляция способствует притоку вод из открытой части зал. Петра Великого, содействует обновлению вод бухты, что исключает застойные ситуации, а также способствует разносу во всей акватории различных взвешенных и загрязняющих веществ, бактерий, личинок и т.п.

Список литературы

- Белогрудов Е.А. Культивирование // Приморский гребешок. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1986. — С. 201–211.
- Биологические основы марикультуры / под ред. Л.А. Душкиной. — М. : ВНИРО, 1998. — 320 с.
- Брегман Ю.Э., Россошко И.Ф., Тибилова Т.Х. Изучение продуктивности залива Посыет Японского моря в связи с проблемой воспроизводства запасов приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* // Proc. 2nd Sov.-Jap. Joint Symp. Aquaculture. — Moscow ; Tokyo : Tokai Univ, 1977. — P. 166–181.

- Брыков В.А., Селин Н.И.** Воздействие опреснения морской воды на популяцию приморского гребешка // Биол. моря. — 1990. — Т. 16, № 4. — С. 70–72.
- Буторина Т.Е.** Таксономический обзор паразитов гидробионтов бухты Северной (Славянский залив, Японское море) // Науч. тр. Дальрыбвтуза. — 2015. — Т. 35. — С. 3–15.
- Буторина Т.Е., Творогова Е.В.** Заражение моллюсков динофлагеллятами рода *Perkinsus*: этиология, клинические признаки, распространение, диагностика // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана : мат-лы 4-й междунар. науч.-техн. конф. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2016. — Ч. 1. — С. 49–53.
- Гаврилова Г.С.** Приемная емкость аквакультурной зоны залива Петра Великого (Японское море) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2012. — 38 с.
- Гершанович Д.Е., Муромцев А.М.** Океанологические основы биологической продуктивности Мирового океана : моногр. — Л. : Гидрометеиздат, 1982. — 320 с.
- Григорьева Н.И.** Гидрологические и гидрохимические условия культивирования моллюсков в мелководных бухтах залива Посъета (залив Петра Великого, Японское море) // Вопр. рыб-ва. — 2005. — Т. 6, № 3. — С. 476–498.
- Дашко Н.А., Варламов С.М.** Метеорология и климат // Гидрометеорология и гидрохимия морей. — Т. 8 : Японское море, вып. 1 : Гидрометеорологические условия. — СПб. : Гидрометеиздат, 2003. — С. 19–103.
- Дударев О.В., Боцул А.И., Чаркин А.Н. и др.** Современная геоэкологическая обстановка зал. Петра Великого (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 131. — С. 132–140.
- Дулупова Е.П.** Экосистемные исследования ТИНРО-центра в дальневосточных морях // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 141. — С. 3–29.
- Жук А.П.** Методический подход к определению эффективности мероприятий НТП в марикультуре и его реализация // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 131. — С. 468–489.
- Инструкция по технологии садкового и донного культивирования приморского гребешка** / сост. А.В. Кучерявенко, А.П. Жук. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — 44 с.
- Кинне О.** Реализм в аквакультуре — точка зрения эколога // Биол. моря. — 1983. — Т. 9, № 6. — С. 3–11.
- Кочиков В.Н.** Океанологическое обеспечение морских хозяйств по выращиванию беспозвоночных : ОИ / ЦНИИТЭИРХ. — 1979. — Вып. 4. — 56 с.
- Кучерявенко А.В.** Изменение биохимических параметров среды под влиянием культивируемых моллюсков // Антропогенные воздействия на прибрежно-морские экосистемы. — М. : ВНИРО, 1986. — С. 142–148.
- Лучин В.А., Плотников В.В., Варлаты Е.П., Черанев М.Ю.** Океанологические условия и их синоптическая изменчивость в Славянском заливе (Японское море) в августе 2005 г. // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 147. — С. 224–240.
- Лучин В.А., Сагалаев С.Г.** Океанологические условия в Амурском заливе (Японское море) зимой 2005 г. // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 143. — С. 203–218.
- Микулич Л.В., Бирюлина М.Г.** Некоторые вопросы гидрологии и донная фауна залива Посъета // Тр. ДВНИГМИ. — 1970. — Вып. 30. — С. 300–316.
- Моисеев П.А., Карпевич А.Ф., Романычева О.Д. и др.** Морская аквакультура : учеб. — М. : Агропромиздат, 1985. — 253 с.
- Радченко В.И., Мельников И.В., Волков А.Ф. и др.** Условия среды, состав планктона и нектона эпипелагиали южной части Охотского моря и сопредельных океанских вод летом // Биол. моря. — 1997. — Т. 23, № 1. — С. 15–25.
- Разин А.И.** Морские промысловые моллюски южного Приморья : Изв. ТИРХ. — 1934. — Т. 8. — 108 с.
- Раков В.А.** Экология промысловых донных беспозвоночных в морских лагунах, эстуариях и мелководных бухтах залива Петра Великого // Биология океана : тез. докл. 3-го съезда советских океанологов. — Л. : Гидрометеиздат, 1987. — Ч. 3. — С. 49–51.
- Силина А.В.** Распространение и место обитания // Приморский гребешок. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1986. — С. 114–144.
- Скарлато О.А.** Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана : моногр. — Л. : Наука, 1981. — 480 с.
- Слободскова В.В., Лескова С.Е., Челомин В.П.** Оценка физиологического состояния культивируемых гидробионтов *Mizuhopecten yessoensis* // Изв. Самарского науч. центра РАН. — 2015. — Т. 17, № 6-1. — С. 40–44.
- Справочник по культивированию беспозвоночных в южном Приморье** / сост. А.В. Кучерявенко, Г.С. Гаврилова, М.Г. Бирюлина. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2002. — 83 с.
- Супрунович А.В.** Аквакультура беспозвоночных : моногр. — Киев : Наук. думка, 1988. — 156 с.

Таблицы растворимости кислорода в морской воде / под ред. З.И. Мироненко. — Л. : Гидрометеиздат, 1976. — 166 с.

Шевченко О.Г., Маслеников С.И., Бложко Т.В. Мониторинг потенциально токсичных микроводорослей в бухте Северной (Славянский залив) в 2008, 2009 гг. // Науч. тр. Дальрыб-туса. — 2011. — Т. 24. — С. 34–42.

Шунтов В.П. Состояние изученности многолетних циклических изменений численности рыб дальневосточных морей // Биол. моря. — 1986. — Т. 12, № 3. — С. 3–14.

Bondad-Reantaso M.G., Subasinghe R.P., Arthur J.R. et al. Disease and health management in Asian aquaculture // Vet. Parasitol. — 2005. — Vol. 132, Iss. 3–4. — P. 249–272. DOI: 10.1016/j.vetpar.2005.07.005.

Grodzki M. Evaluation of Microbial Contamination in Bivalve Mollusks: Epidemiology and Diagnosis : Diss. thesis. — Bologna : Alma Mater Studiorum Università di. Dottorato di ricerca in Epidemiologia e controllo delle zoonosi, 2012. — 24 Ciclo. DOI 10.6092/unibo/amsdottorato/4834.

Motoda S. Biology and artificial propagation of Japanese scallop (general review) // Proc. 2nd Sov.-Jap. Joint Symp. Aquaculture. — Moscow ; Tokyo : Tokai Univ., 1977. — P. 75–120.

Shigueno K. Problems of prawn culture in Japan // Coast. Aquacult. Indo-Pacif. Reg. L. — 1972. — P. 282–312.

Yuan X., Zhang M., Liang Y. et al. Self-pollutant loading from a suspension aquaculture system of Japanese scallop (*Patinopecten yessoensis*) in the Changhai sea area, Northern Yellow Sea of China // Aquaculture. — 2010. — Vol. 304, Iss. 1–4. — P. 79–87.

References

Belogradov, E.A., Cultivation, *Primorskii grebeshok* (Yesso Scallop), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr Akad. Nauk SSSR, 1986, pp. 201–211.

Biologicheskie osnovy marikul'tury (Biological Basics of Mariculture), Dushkina, L.A., ed., Moscow: VNIRO, 1998.

Bregman, Yu.E., Rossoshko, I.F., and Tibilova, T.Kh., A study of the capacity of Possyet Bay, Sea of Japan, in connection with the problem of reproduction of the Yesso scallop stock, *Proc. 2nd Sov.-Jap. Joint Symp. Aquaculture*, Tokyo: Tokai Univ., 1977, pp. 166–181.

Brykov, V.A. and Selin, N.I., The effect of freshening of seawater on the Yesso scallop population, *Biol. Morya (Vladivostok)*, 1990, vol. 16, no. 4, pp. 70–72.

Boutorina, T.E., Taxonomic review of the parasitic organisms in the Severnaya Bay (Slavyanskii Bay, the Sea of Japan), *Nauchn. Tr. Dal'rybvtuza*, 2015, vol. 35, pp. 3–15.

Boutorina, T.E. and Tvorogova, E.V., Infestation of mollusks by dinoflagellates of the genus *Perkinsus*: etiology, clinical signs, distribution, and diagnostics, in *Mater. 4 mezhdunar. nauchno-tech. conf. "Aktual'nye problemy osvoeniya biologicheskikh resursov Mirovogo okeana"* (Proc. 4th Int. Sci. Tech. Conf. "The Actual Problems of Development of Biological Resources of the World Ocean"), Vladivostok: Dal'rybvtuz, 2016, part 1, pp. 49–53.

Gavrilova, G.S., The receiving capacity of the aquaculture zone of Peter the Great Bay (Sea of Japan), *Extended Abstract of Doctoral (Biol.) Dissertation*, Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2012.

Gershanovich, D.E. and Muromtsev, A.M., *Okeanologicheskie osnovy biologicheskoi produktivnosti Mirovogo okeana* (Oceanological Basics of the Biological Capacity of the World Ocean), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1982.

Grigoryeva, N.I., Hydrological and hydrochemical conditions of reproduction of commercial molluscs in shallow inlets of the Posyet Bay (Peter of Great Bay, Sea of Japan), *Vopr. Rybolov.*, 2005, vol. 6, no. 3, pp. 476–498.

Dashko, N.A. and Varlamov, S.M., Meteorology and climate, in *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morei. T. 8: Yaponskoye more* (Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, vol 8: Sea of Japan), St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003, issue 1, pp. 19–103.

Dudarev, O.V., Botsul, A.I., Charkin, A.N., Biryulina, M.G., Gavrilova, G.S., Recent geoeological situation in Peter the Great Bay (the Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 131, pp. 132–140.

Dulepova, E.P., Ecosystem researches of TINRO-Center in the Far Eastern Seas, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2005, vol. 141, pp. 3–29.

Zhuk, A.P., Methodical approach to determination of effectiveness of STA actions in aquaculture and its realization, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 131, pp. 468–489.

Kucheryavenko, A.V. and Zhuk, A.P., *Instruktsiya po tekhnologii sadkovogo i donnogo kul'tivirovaniya primorskogo grebeshka* (Instruction on the Technology of Cage and On-Bottom Cultivation of Yesso Scallop), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011.

Kinne, O., Realism in aquaculture – the view of an ecologist, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1983, vol. 9, no. 6, pp. 293–299.

Kochikov, V.N., *Okeanologicheskoe obespechenie morskikh khozyaistv po vyrashchivaniyu bespozvonochnykh* (Oceanographic Provision of Marine Farms Cultivating Invertebrates), Moscow: TsNIITEIRKh, 1979, vol. 4.

Kucheryavenko, A.V., Variation in biochemical parameters of the environment under the effect of cultivated mollusks, *Antropogennyye vozdeistviya na pribrezhno-morskie ekosistemy* (Anthropogenic Impacts on Coastal Marine Ecosystems), Moscow: VNIRO, 1986, pp. 142–148.

Luchin, V.A., Plotnikov, V.V., Varlatyy, E.P., and Cheranov, M.Yu., Oceanographic conditions in the Slavyansky Bay (Japan Sea) and their synoptic variability in August 2005, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2006, vol. 147, pp. 224–240.

Luchin, V.A. and Sagalaev, S.G., Oceanographic conditions in the Amur Bay (Japan Sea) in winter of 2005, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2005, vol. 143, pp. 203–218.

Mikulich, L.V. and Biryulina, M.G., Some issues of hydrology and the bottom fauna of Possyet Bay, *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 1970, vol. 30, pp. 300–316.

Moiseev, P.A., Karpevich, A.F., Romanycheva, O.D., Blinova, E.I., Salnikov, N.E., *Morskaya akvakul'tura* (Marine Aquaculture), Moscow: Agropromizdat, 1985.

Radchenko, V.I., Melnikov, I.V., Volkov, A.F., Semenchenko, A.Yu., Glebov, I.I., Mikheev, A.A., Composition of planktonic and nektonic communities of the epipelagic northern Sea of Okhotsk in the autumn of 1994, *Russ. J. Mar. Biol.*, 1997, vol. 23, no. 3, pp. 123–130.

Razin, A.I., Marine commercial mollusks of southern Primorsky Krai, *Izv. Tikhookean. Inst. Rybn. Khoz.*, 1934, vol. 8.

Rakov, V.A., Ecology of commercial bottom invertebrates in marine lagoons, estuaries and shallow bays of Peter the Great Bay, *Tezisy dokl. 3 s'ezda sov. okeanologov "Biologiya okeana"* (Proc. 3rd Meet. Sov. Oceanologists "Marine Biology"), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987, part 3, pp. 49–51.

Silina, A.V., Distribution and habitat, *Primorskii grebeshok* (Yesso Scallop), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr Akad. Nauk SSSR, 1986, pp. 114–144.

Skarlato, O.A., *Dvustvorchatye mollyuski umerennykh shirot zapadnoi chasti Tikhogo okeana* (Bivalves in Temperate Latitudes of the Western Pacific Ocean), Leningrad: Nauka, 1981.

Slobodskova, V.V., Leskova, S.E., and Chelomin, V.P., Assessment the physiological state of cultivated hydrobionts *Mizuhopecten yessoensis*, *Izv. Samar. Nauchn. Tsentra Ross. Akad. Nauk*, 2015, vol. 17, no. 6–1, pp. 40–44.

Kucheryavenko, A.V., Gavrilova, G.S., and Biryulina, M.G., *Spravochnik po kul'tivirovaniyu bespozvonochnykh v yuzhnom Primorye* (A Reference Book for Cultivation of Invertebrates in Southern Primorsky Krai), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2002.

Suprunovich, A.V., *Akvakul'tura bespozvonochnykh* (Invertebrate Aquaculture), Kiev: Naukova Dumka, 1988.

Tablitsy rastvorimosti kisloroda v morskoi vode (Tables of Oxygen Solubility in the Sea Water), Mironenko, Z.I., ed., Leningrad: Gidrometeoizdat, 1976.

Shevchenko, O.G., Maslennikov, S.I., and Blozhko, T.V., Monitoring of potentially toxic microalgae in Severnaya Cove (Slavyanka Bay) in 2008 and 2009, *Nauchn. Tr. Dal'rybvtuza*, 2011, vol. 24, pp. 34–42.

Shuntov, V.P., The present state of knowledge of long-term cyclical fluctuations in the abundance of fish in seas of the Far East, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1986, vol. 12, no. 3, pp. 127–137.

Bondad-Reantaso, M.G., Subasinghe, R.P., Arthur, J.R., Ogawa, K., Chinabut, S., Adlard, R., Tan, Z., Shariff, M., Disease and health management in Asian aquaculture, *Vet. Parasitol.*, 2005, vol. 132, nos. 3–4, pp. 249–272. doi 10.1016/j.vetpar.2005.07.005

Grodzki, M., Evaluation of microbial contamination in bivalve mollusks: Epidemiology and diagnosis, *Doctoral Dissertation Thesis*, Bologna: Università di Bologna, 2012. doi 10.6092/unibo/amsdottorato/4834

Motoda, S., Biology and artificial propagation of Japanese scallop (general review), *Proc. 2nd Sov.-Jap. Joint Symp. Aquaculture*, Tokyo: Tokai Univ., 1977, pp. 75–120.

Shigueno, K., Problems of prawn culture in Japan, *Coastal Aquacult. Indo-Pac. Reg. L.*, 1972, pp. 282–312.

Yuan, X., Zhang, M., Liang, Y., Liu, D., and Guan, D., Self-pollutant loading from a suspension aquaculture system of Japanese scallop (*Patinopecten yessoensis*) in the Changhai sea area, Northern Yellow Sea of China, *Aquaculture*, 2010, vol. 304, nos. 1–4, pp. 79–87.

Lotsiya severo-zapadnogo berega Yaponskogo morya. Ot reki Tumannaya do mysa Belkina (Northwestern Sea of Japan Coast Pilot. From the Tumen River to Cape Belkin), St. Petersburg: Gl. Upr. Navig. Okeanogr. Minist. Oborony, 1996, no. 1401.

Поступила в редакцию 11.05.18 г.

Принята в печать 13.07.18 г.