



УДК 502.2(262.5)

**Е. А. Куфтаркова**, канд. геогр. наук., с. н. с., **В. И. Губанов**, канд. геогр. наук., с. н. с.,  
**Н. П. Ковригина**, канд. геогр. наук., с. н. с., **И. Ю. Еремін**, вед. инж., **М. И. Сеничева**, м. н. с.

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины,  
Севастополь, Украина

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОД В РАЙОНЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ С ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ЧАСТЬЮ МОРЯ

Приводятся данные по термохалинной структуре вод, гидрохимическим показателям (кислород, рН, биогенные соединения) и фитопланктону, полученные в 2002 – 2003 гг. в районе между выходом из Севастопольской бухты и экспериментальной мидийной фермой. Установлено, что в исследуемый период, по сравнению с периодом 1986 – 2000 гг., в районе выхода из бухты произошло снижение средних концентраций аммонийного азота – в 5.5 раза, нитритного азота – в 1.8, фосфатов – в 1.5, органического фосфора – в 1.3 и силикатов – в 2 раза, что свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки в Севастопольской бухте. Вместе с тем, отмечалось повышение средних концентраций нитратного и органического азота в 1.5 раза, обусловленное дождями и паводками на реках Черная и Бельбек в период проведения съемок. Приводятся сопутствующие изменения температуры и солёности. Выполнен расчет индекса эвтрофикации вод (E-TRIX). Получено, что его величина в исследуемом районе изменялась от 1.27 до 4.85; максимальные значения отмечались в районе выхода из Севастопольской бухты, минимальные – на контрольной станции. В районе фермы средняя величина E-TRIX составляла 2.73. Исходя из величины E-TRIX, районы выхода из Севастопольской бухты и мидийной фермы можно классифицировать как акватории среднего трофического уровня. Проведено сравнение результатов численности и биомассы фитопланктона, полученных в настоящее время с материалами прошлых лет. Установлено, что максимальные величины биомассы фитопланктона в весенний период были в 2 – 6 раз, а в летний в 3 – 13 раз ниже, чем в 70-е и 80-е годы прошлого столетия. В районе выхода из Севастопольской бухты зарегистрировано зимнее «цветение» воды, не отмеченное ранее. Существенного влияния вод Севастопольской бухты на гидрохимическую структуру, таксономический состав и количественное развитие фитопланктона в районе фермы не обнаружено.

**Ключевые слова:** термохалинная структура, гидрохимические показатели, численность, биомасса фитопланктона, индекс эвтрофикации E-TRIX, Севастопольская бухта, мидийная ферма

Экологический мониторинг современного состояния вод поступающих из Севастопольской бухты необходим, поскольку в районе, прилегающем к бухте, расположена экспериментальная мидийная ферма. Начатый в 2000 г. комплексный мониторинг состояния вод в районе фермы выявил источники их загрязнения, одним из которых являются воды Севастопольской бухты. При северных и северо-

ро-восточных направлениях ветра основная масса этих вод адвектирует в юго-западном направлении и, таким образом, может попадать в район фермы [5].

В этой связи целью настоящей работы является оценка экологического состояния вод, поступающих из Севастопольской бухты и влияние этих вод на район мидийной фермы.

**Материал и методы.** Статья подготовлена по материалам ежемесячных наблюдений, полученных с февраля 2002 по ноябрь 2003 гг. Исследования были комплексными: одновременно с гидрологическими наблюдениями пробы морской воды отбирали на гидрохимические показатели и фитопланктон. Отбор

проб проводился на выходе из бухты – ст. 17 (глубина 19 м), у входа в бухту – ст. 4 (глубина 20 м), в районе мидийной фермы – ст. 8 (глубина 16 м) и на контрольной станции в 2 милях от берега – ст. 7 (глубина 42 м). Схема станций представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема расположения станций гидрохимического мониторинга на Севастопольском взморье  
Fig. 1. Scheme of hydrochemical monitoring stations on Sevastopol offshore

При проведении гидрологических наблюдений использовали зондирующий СТД-комплекс "Катран", технические характеристики которого позволяют исследовать вертикальную термохалинную структуру вод с дискретностью 0.6 метра.

Выполнена 21 съемка и проведено более 3000 гидрохимических анализов. Отбор проб на ст. 17 проводился с горизонтов 0 и дно; на ст. 4 и ст. 8 – 0, 10 м, дно; на ст. 7 – 0, 10 м, 30 м и дно. В пробах определяли следующие гидрохимические параметры: растворенный кислород, БПК<sub>5</sub>, величину рН, нитритный, нитратный, аммонийный и органический азот, фосфаты, органический фосфор и кремний. Растворенный кислород определяли методом Винклера, рН – электрометрически, минеральный фосфор – по Морфи и Райли, ammo-

ний – по Гроссгофу-Юхансену, нитраты – восстановлением до нитритов омедненным кадмием с последующим их определением единым "цветным" реактивом, общий азот и фосфор – окислением с персульфатом калия до минеральных форм, кремнекислоту – по голубому кремнемолибденовому комплексу [7]. Расчет потока кислорода через границу раздела вода-атмосфера проводился методом В. А. Иванова с соавторами [4]. Скорость ветра, входящая в расчеты потока кислорода между двумя фазами, измерялась ручным анемометром во время отбора проб. Оценка качества вод, поступающих из Севастопольской бухты, рассчитана по индексу эвтрофикации E-TRIX [11]. Гидрохимические анализы выполнены в аккредитованной на техническую компетентность лаборатории.

Кроме собственных данных, полученных в районе выхода из бухты (ст. 17), были привлечены гидрохимические материалы по данному району за 15-летний период (1986 – 2000 гг.) из архива Морского отделения Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института.

Для определения фитопланктона отбирали 1.5 л воды. На контрольной станции и на мидийной ферме пробы отбирали по всем указанным выше горизонтам, а в районе ст. 7 и ст. 4 – с поверхности. В "живой" капле нефльтрованной воды учитывали мелкие жгутиковые и примнезиевые водоросли, разрушающиеся при фильтрации. Затем пробу концентрировали методом обратной фильтрации с использованием ядерных (трековых) фильтров с диаметром пор 1 мкм, изготовленных в Исследовательском центре прикладной ядерной физики (г. Дубна, Россия). В полученном концентрате (50 – 70 мл) проводили учет клеток нанофитопланктона (до 20 мкм) в капле объемом 0.01 и микрофитопланктона (более 20 мкм) – в камере объемом 0.8 мл. Расчет биомассы проводили по объемам клеток, вычисленных с помощью формул геометрического подобия. При анализе использованы материалы, полученные в Севастопольской бухте в 1973 – 1974, 1976, 1996 – 1997 [8,9] и 1982 – 1983 гг. [1].

**Результаты и обсуждение.** *Термохалинная структура.* В период с февраля 2002 по ноябрь 2003 гг. существенных отличий от многолетних сезонных распределений термохалинных (TS) характеристик в данном районе не обнаружено. Отмечено несколько особенностей в среднемесячных значениях температуры воздуха, таких как значительное превышение климатической нормы в августе 2002 г. и ее понижение – в январе – феврале 2003 г. Эти изменения температуры воздуха сказались на температуре верхнего квазиоднородного слоя в исследуемом районе. В жарких погодных условиях июля 2002 г. происходил интенсивный прогрев морских вод, что привело к

аномальной температуре на поверхности моря от 26.1 до 27.4°C. Низкая температура воздуха в январе – феврале 2003 г. привела к выхолаживанию верхнего слоя, вследствие чего температура на поверхности в феврале понизилась до 5.2 – 7.0°C (табл. 1).

Анализ распределения солености в толще вод показал, что распресненные воды Севастопольской бухты прослеживались, в основном, в юго-западном направлении от станции 4. Пониженная соленость отмечалась в 2002 г.: в феврале (ст. 17, 4, 8), в марте (ст. 17, 4, 7, 8), в апреле (ст. 4, 7, 8), в августе (ст. 17, 4, 7) и сентябре (ст. 17, 4); в 2003 г.: в январе (ст. 17, 4, 8), в феврале (ст. 17, 4, 8), в апреле (ст. 17, 4), мае (ст. 17, 4, 7) и июле (ст. 17, 4, 7).

Основными причинами изменения солености на исследуемой акватории являются:

- понижение солености в поверхностном слое, вызванное дождями накануне и в период съемок (апрель, август, сентябрь 2002 г., январь, февраль 2003 г.), паводками на реках Черная (апрель 2003 г.), Бельбек и Кача (май, июль 2003 г.);
- повышение солености в подповерхностном слое за счет подъема глубинных вод (июнь – июль 2003 г.).

Анализ вертикальных распределений TS-характеристик и построенных разрезов свидетельствует о сложной пространственной и вертикальной структуре течений в районе исследований. В основном, выявлено существование двух разнонаправленных потоков на створе входных молов: в верхнем 10 – 15-метровом слое – из бухты, в придонном – в бухту.

Как указывалось выше, основная масса вод, выносящихся из бухты течениями, адвектирует в юго-западном направлении, охватывая район фермы (ст. 8). Такая структура течений отмечена в феврале, марте, апреле и октябре 2002 г. и в январе и феврале 2003 г.

Табл. 1. Сезонное изменение температуры и солености в районе Севастопольского взморья в 2002 – 2003 гг.  
Table 1. Seasonal alteration of temperature and salinity at the Sevastopol offshore in 2002 – 2003

		2002 г.										
№ ст.	Н, м	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
		Температура, °С										
17	0	8.34	8.92		16.08	19.69	27.36	23.50	23.32	17.70	13.64	9.84
	дно	8.36	8.29		13.59	15.66	12.24		23.13	17.37	13.52	9.46
4	0	8.28	8.88	8.78	16.03	19.46	27.07	23.40	23.30	17.91	14.07	10.06
	10	8.23	8.41	8.52	15.50	18.35	25.30		23.26	17.79	13.73	10.05
	дно	8.35	8.28	8.41	12.66	13.61	11.98		22.99	17.60	13.67	9.41
7	0	8.34	8.62	9.13	15.88	19.42	26.10	22.80		18.11	14.59	10.45
	10	8.29	8.23	8.54	14.71	18.97	24.91			18.13	14.44	10.48
	30	8.24	8.17	8.23	13.90	17.46	10.54			12.46	14.06	10.24
	дно	8.22	8.15	8.13	12.96	16.12	9.30			9.00	13.97	10.03
		Соленость, ‰										
17	0	17.67	17.59		17.73	17.76	17.68	17.34	17.35	17.83	17.84	17.77
	дно	17.73	17.85		17.78	18.04	18.39		17.57	17.85	17.90	17.85
4	0	17.66	17.61	16.20	17.70	17.76	17.71	17.25	17.33	17.79	17.87	17.77
	10	17.68	17.81	17.76	17.78	17.85	17.64		17.51	17.79	17.92	17.79
	дно	17.74	17.84	17.81	17.72	17.96	18.22		17.59	17.83	17.93	17.83
7	0	17.78	17.79	17.26	17.78	17.83	17.78	17.45		17.88	17.97	17.80
	10	17.81	17.87	17.84	17.82	17.93	17.79			17.74	18.01	17.84
	30	17.83	17.88	18.00	17.80	17.86	18.22			17.99	18.07	17.89
	дно	17.84	17.85	18.06	17.86	17.92	18.29			18.28	18.08	18.00
		2003 г.										
№ ст.	Н, м	I	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
		Температура, °С										
17	0	6.71	6.52	8.93	14.30	21.35	22.96		20.97	17.72	10.96	
	дно	7.62	7.29	8.17	9.40	9.48	8.04		10.03	10.48	11.61	
4	0	6.57	5.15	8.90	14.40	21.00	22.89	24.05	20.98	17.69	10.80	
	10	8.42	7.38	8.61	11.51	18.70	10.01	20.65	20.49	14.41	11.56	
	дно	7.59	7.55	8.33	9.34	9.58	8.02	9.92	10.49	10.10	11.62	
7	0	8.73	7.01	9.04	15.96	20.93	22.26	23.72	21.16	17.96	11.73	
	10	8.75	7.06	8.60	10.16	18.22	9.58	23.11	20.96	12.35	11.75	
	30	8.61	7.92	8.29	8.75	8.45	7.38	8.01	7.82	7.41	11.58	
	дно	8.36	7.89	8.29	8.43	7.52	7.15	7.93	7.31	7.46	11.40	
		Соленость, ‰										
17	0	17.44	16.78	17.28	17.09	17.71	17.58	17.75	17.92	17.81	17.72	
	дно	18.00	18.13	18.15	17.55	18.16	18.27	17.93	18.28	18.08	17.93	
4	0	17.50	14.92	17.41	17.14	17.76	17.55	17.76	17.90	17.80	17.65	
	10	17.97	18.12	18.13	17.57	17.94	18.15	17.89	17.99	17.96	17.89	
	дно	18.00	18.18	18.19	17.58	18.07	18.26	17.98	18.13	18.06	17.94	
7	0	17.98	17.99	18.06	17.36	17.96	17.65	17.95	17.92	17.99	17.99	
	10	18.02	18.04	18.11	17.45	18.01	17.90	17.95	17.96	17.72	17.99	
	30	18.09	18.24	18.12	17.77	18.19	18.32	18.01	18.27	18.34	18.05	
	дно	18.11	18.29	18.12	17.81	18.29	18.45	18.19	18.40	18.43	18.07	

Однако необходимо отметить, что ст. 8 расположена в вершине угла, образованного береговой линией к северу и западу от нее, и находится в зоне частичного влияния преобладающего юго-западного потока. По всей видимости, в бухте и на прилегающей акватории формирование двух разнонаправленных потоков и их характеристики (толщина слоя и скорость течений) в значительной мере определяются соотношением уровня моря, что, в свою

Однако необходимо отметить, что ст. 8 расположена в вершине угла, образованного береговой линией к северу и западу от нее, и находится в зоне частичного влияния преобладающего юго-западного потока. По всей видимости, в бухте и на прилегающей акватории формирование двух разнонаправленных потоков и их характеристики (толщина слоя и скорость течений) в значительной мере определяются соотношением уровня моря, что, в свою

очередь, обусловлено сгонно-нагонными процессами и объемом стока р. Черная.

Растворенный кислород. В период с февраля 2002 по ноябрь 2003 гг. абсолютные концентрации растворенного кислорода внутри Севастопольской бухты (ст. 17) в поверхностном слое изменялись от 5.44 (октябрь 2003) до 8.03 мл·л<sup>-1</sup> (январь 2003), в придонном – от 4.72 (сентябрь 2002) до 7.77 мл·л<sup>-1</sup> (апрель 2003). При этом диапазон относительного содержания кислорода был следующим: для поверхностного слоя 92 (октябрь 2002) – 128 % (июль 2002 и июнь 2003), для придонного горизонта 89 (июль 2003) – 106 % (апрель 2003). На прилегающей к бухте акватории (ст. 4) колебания абсолютного содержания кислорода были следующими: на поверхности – от 5.47 в августе 2002 г. до 8.19 мл·л<sup>-1</sup> в январе 2003 г. и у дна – от 4.69 в сентябре 2002 г. до 7.83 мл·л<sup>-1</sup> в ноябре 2003 г. Величина относительного содержания кислорода при этом колебалась на поверхности от 98 до 128 % и у дна – от 87 до 115 %. Максимальные значения степени насыщения воды кислородом отмечены в июле 2002 г., минимальные – в апреле 2003 г. В мае 2002 г. высокие значения кислорода (118 %) были обусловлены массовым развитием диатомеи *Chaetoceros*, а в июне 2003 г. (127 %) – кокколитофоридой *Emiliania huxleyi*.

Экстремальные значения абсолютных и относительных величин растворенного кислорода внутри бухты, на прилегающей акватории и на мидийной ферме в большинстве случаев совпадают во времени, что связано с синхронностью действия факторов, определяющих режим кислорода, и, кроме того, свидетельствует о хорошем водообмене между бухтой и взморьем. Это подтверждается незначительным отличием в диапазоне изменения значений кислорода в исследуемом районе: в районе ст. 17 на поверхности он составляет 2.57 мл·л<sup>-1</sup>, в придонном слое – 3.05 мл·л<sup>-1</sup>; на ст. 4 – 2.72 и 3.13 мл·л<sup>-1</sup>, на ст. 8 – 2.52 и 3.00 мл·л<sup>-1</sup> и на ст. 7 – 2.54 и 2.17 мл·л<sup>-1</sup> соответственно.

В летний период при устойчивой стратификации вод, затрудняющей вертикальный водообмен, в придонном слое ст. 17 содержание растворенного кислорода оставалось достаточно высоким за счет подтока глубинных вод и не снижалось ниже 4.72 мл·л<sup>-1</sup>, что составляло 87 % насыщения. Случаев дефицита кислорода, а тем более гипоксии вод, в придонном слое в районе выхода из Севастопольской бухты в исследуемый период не наблюдалось.

В период с 1986 по 2000 гг. в районе ст. 17 среднегодовые пределы колебания абсолютных значений кислорода составляли: на поверхности 5.90 – 7.20 мл·л<sup>-1</sup>, у дна – 5.60 – 7.25 мл·л<sup>-1</sup>. Насыщение кислородом соответственно 97 – 115 % и 88 – 104 %. Экстремально высокие значения получены в марте 1993 г., когда за счет интенсивного развития фитопланктона абсолютное и относительное содержание кислорода было максимальным (10.00 мл·л<sup>-1</sup> и 129 % соответственно). Минимальное абсолютное 4.59 и 3.62 мл·л<sup>-1</sup> и относительное 78 и 52 % содержание кислорода отмечалось соответственно в поверхностном и придонном слоях в октябре 1993 г. что, по-видимому, связано с перестройкой гидрологической структуры вод в этот период.

Сравнение средних величин растворенного кислорода, полученных в 2002 – 2003 гг., с периодом 1986 – 2000 гг. показало, что в районе выхода из бухты (ст. 17) существенных изменений абсолютного и относительного содержания кислорода в поверхностном и в придонном слоях не обнаружено.

Используя значения величин относительного содержания кислорода, температуры, скорости ветра и толщины квазиоднородного слоя, нами были выполнены расчеты величин эвазии и инвазии растворенного кислорода. Направление потоков кислорода через поверхность раздела «море – атмосфера» зависит, главным образом, от факторов, которые изменяют его содержание в море. К таким факто-

рам относятся сезонные изменения температуры воды, фотосинтез, процессы деструкции органического вещества, физическое состояние морской поверхности и др. Расчеты показали, что в районе станций 17, 4 и 7, в основном, наблюдалось либо равновесное состояние

между двумя фазами, либо отдача кислорода в атмосферу из моря. В то же время, в октябре на всех станциях в незначительных количествах отмечено поглощение морем кислорода из атмосферы (рис. 2).

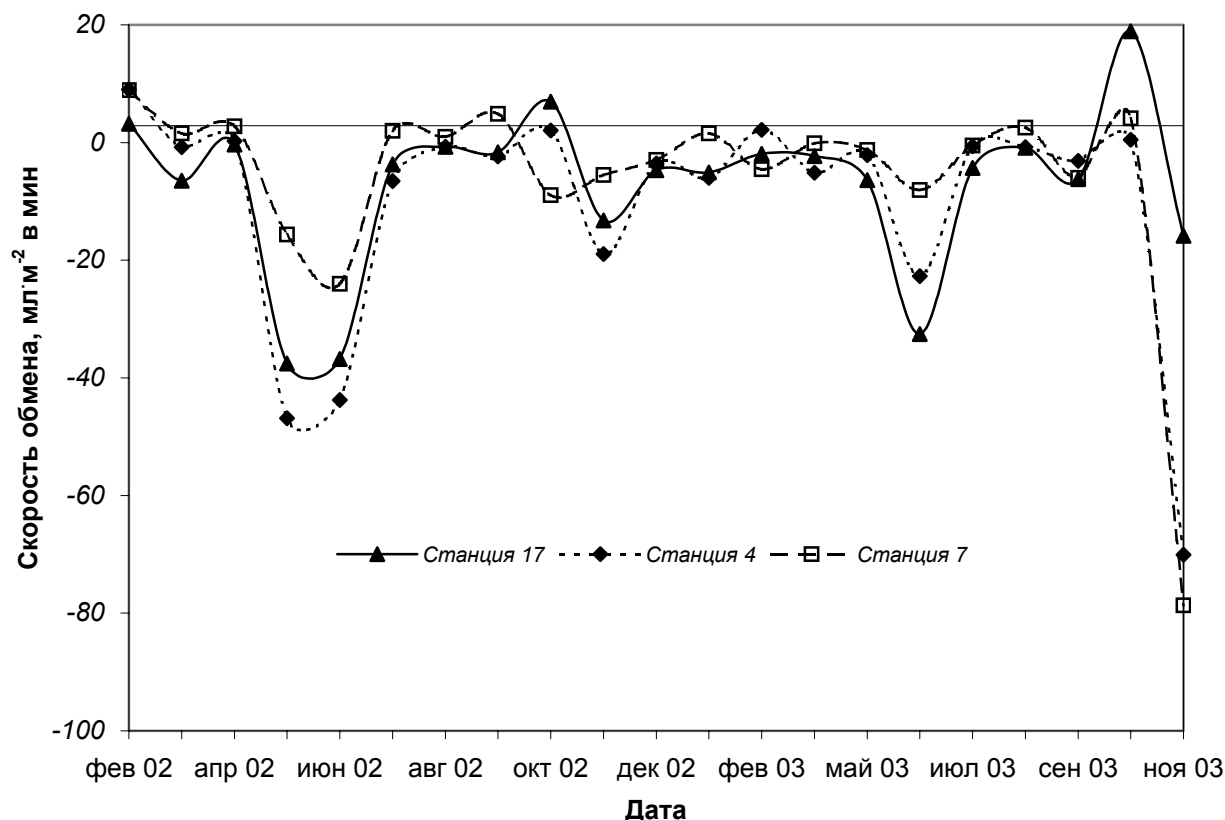


Рис. 2. Обмен кислорода на границе вода-атмосфера в Севастопольской бухте (ст. 17), на выходе из нее (ст. 4) и на контрольной станции 7

Fig. 2. Oxygen exchange on the water-atmosphere boundary in Sevastopol Bay (st. 17), at the exit from its (st. 4) and at the background station 7

В районе ст. 17 процесс эвазии отмечался в июне и ноябре; его значения составляли 40 и 15 мл·м<sup>-2</sup>·мин<sup>-1</sup> соответственно. На прилегающей к бухте акватории тенденция направленности процессов обмена растворенным кислородом сохранялась та же, что и на выходе из нее, но с более высоким значением величин отдачи кислорода морем в атмосферу – до 70 мл·м<sup>-2</sup>·мин<sup>-1</sup> в ноябре 2003 г. Это связано с интенсификацией динамических процессов в открытой части моря. При сильных ветрах, в результате перемешивания, толщина верхнего квазиоднородного слоя, увеличилась.

По этой причине в районе контрольной станции значения отдачи кислорода в атмосферу в ноябре были еще выше, чем в самой бухте и на прилегающей акватории и достигали 90 мл·м<sup>-2</sup>·мин<sup>-1</sup>.

В сезонном распределении направленности потоков обмена кислорода для всех станций характерным было следующее. В мае – июне и в ноябре наблюдалась отдача кислорода морем в атмосферу, обусловленная его пересыщением в поверхностном водном слое. В весенне-летний период это происходило за счет интенсификации процесса фотосинтеза, а поздней

осенью – из-за штормовых условий. В октябре при умеренных ветрах и начале перестройки гидрологической структуры вод доминировал противоположный процесс: поток кислорода был направлен из атмосферы в море. При разной амплитуде величин обмена кислородом отмеченная закономерность четко прослеживается на всех станциях исследуемого района.

Вычисленные корреляционные зависимости показали, что наиболее устойчивая корреляционная связь отмечалась между значениями эвазии и величиной БПК<sub>5</sub>; коэффициент корреляции составлял 0.70. Известно, что не только природные, но и антропогенные факторы могут увеличивать скорость обмена кислородом. Возможность увеличения коэффициента обмена кислородом при биохимическом окислении загрязняющих и легкоокисляющихся органических веществ в 1.4 раза была установлена по экспериментальным данным [10].

Величина рН. Колебания значений величины рН в период исследований на поверхности были следующими: на ст. 17 – от 8.20 в октябре до 8.56 в июле, на ст. 4 – от 8.22 в октябре до 8.57 в июле, на ст. 8 – от 8.23 в октябре до и на ст. 7 – от 8.27 в феврале до 8.56 в июле. В целом межгодовая и сезонная изменчивость величины рН практически совпадают с таковой, полученной для относительного содержания кислорода. В период сгонов (июнь – июль 2003 г.) наблюдалось снижение значений величины рН на 0.19 – 0.20 единиц.

Биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) В районе станций 17, 4 и 7 величину БПК<sub>5</sub> определяли на поверхности, в районе мидийной фермы – на поверхности и у дна. В исследуемый период пределы колебания значений БПК<sub>5</sub> составляли: в Севастопольской бухте – от 0.01 до 1.80 мг·л<sup>-1</sup>, на выходе из бухты – от 0.20 до 1.90 мг·л<sup>-1</sup>. На контрольной станции сохранялась та же сезонная тенденция, но с более низкими абсолютными величинами БПК<sub>5</sub> (0.14 – 1.10 мг·л<sup>-1</sup>). Таким образом, в зоне взаимодействия бухты с прилегающей

частью моря значений БПК<sub>5</sub>, превышающих предельно допустимые концентрации по рыбохозяйственным (2.00 мг·л<sup>-1</sup>) и санитарно-бытовым (3.00 мг·л<sup>-1</sup>) нормативам, не наблюдалось. Построенные нами гистограммы повторяемости БПК<sub>5</sub> показали, что повторяемость величин в районах ст. 17 и ст. 4 практически совпадают. Их значения в 10 % случаев, в отличие от контрольной станции, приближаются к предельно допустимым концентрациям по рыбохозяйственным нормативам (1.51 – 2.00 мг·л<sup>-1</sup>). В районе мидийной фермы значения БПК<sub>5</sub> были значительно ниже, в 50 % случаев их величины колебались от 0.00 до 0.72 мг·л<sup>-1</sup>. По-видимому, создание дополнительных поверхностей в виде гидротехнических конструкций в районе фермы приводит к интенсификации процесса самоочищения в толще вод. Кроме того, благодаря водообмену с открытой частью моря, накопление органического вещества в придонном слое фермы не отмечалось.

В сезонной изменчивости БПК<sub>5</sub> отмечалась следующая тенденция: высокие значения в теплое время года – с апреля по июль, низкие – с октября по март. Периоды максимальных значений БПК<sub>5</sub> (май 2002 и июнь 2003 гг.) совпадали с периодом массового развития фитопланктона, а также с повышением значений величин эвазии, т. е. отдачи кислорода морем в атмосферу. Этот факт свидетельствует о том, что органическое вещество в исследуемом районе в большей степени имеет планктонное происхождение.

Фосфаты. Абсолютные пределы колебаний концентрации фосфатов на выходе из бухты и на сопредельной акватории составляли: от 0 до 1.17 мкМ·л<sup>-1</sup> на поверхности и от 0 до 2.29 мкМ·л<sup>-1</sup> у дна (рис. 3а, 4а). Изменение содержания минерального фосфора в исследуемом районе обусловлено рядом причин. Так, повышение концентрации до 0.39 мкМ·л<sup>-1</sup> в поверхностном слое в апреле 2002 г. было вызвано поступлением в район исследований речных вод после сильных дождей.

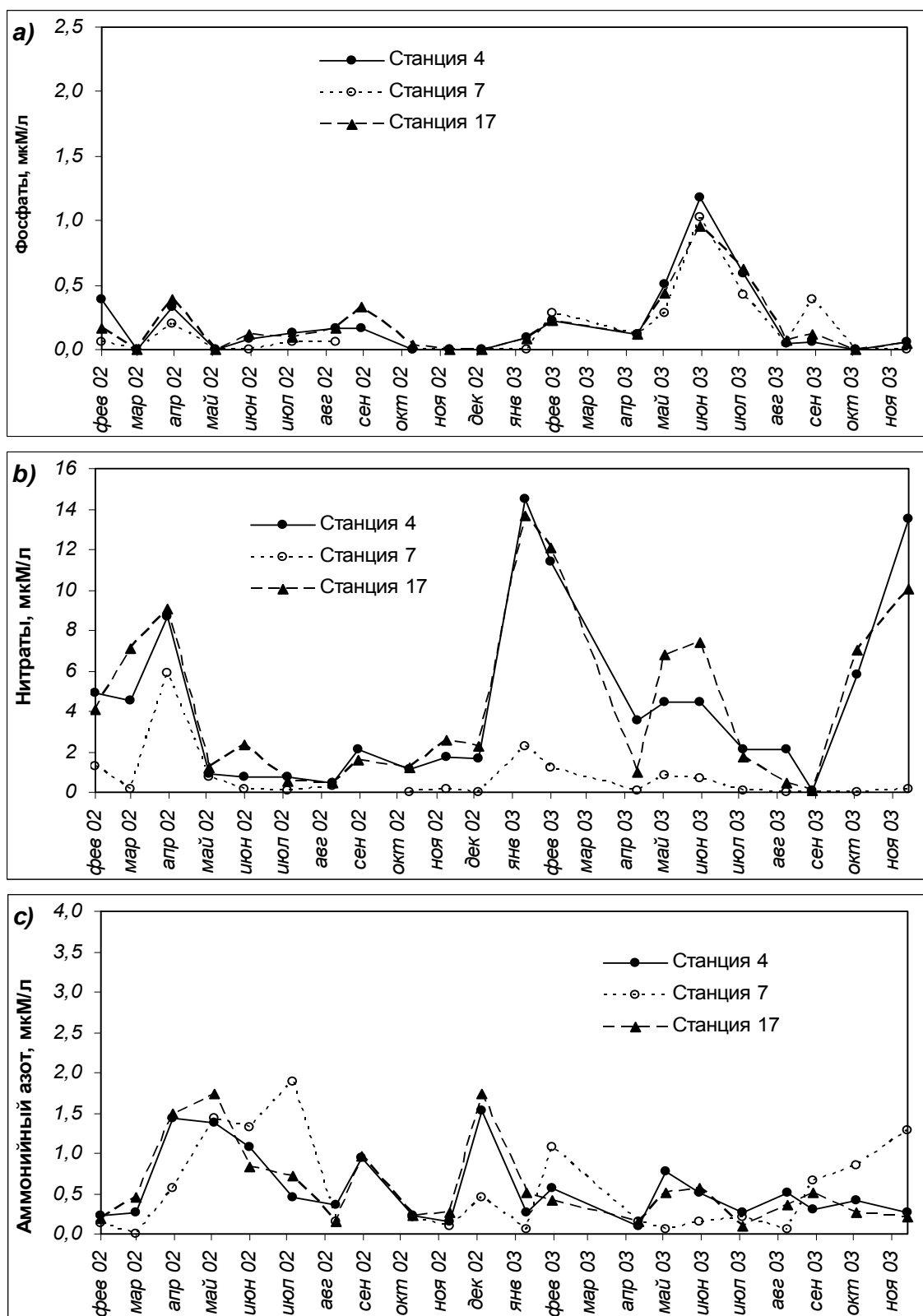


Рис. 3. Сезонные изменения биогенных элементов в поверхностном слое в Севастопольской бухте (ст. 17), на выходе из нее (ст. 4) и на контрольной станции 7; Fig. 3. Seasonal alterations of nutrients at the surface in Sevastopol Bay (st. 17), at the exit from its (st. 4) and at the control station 7



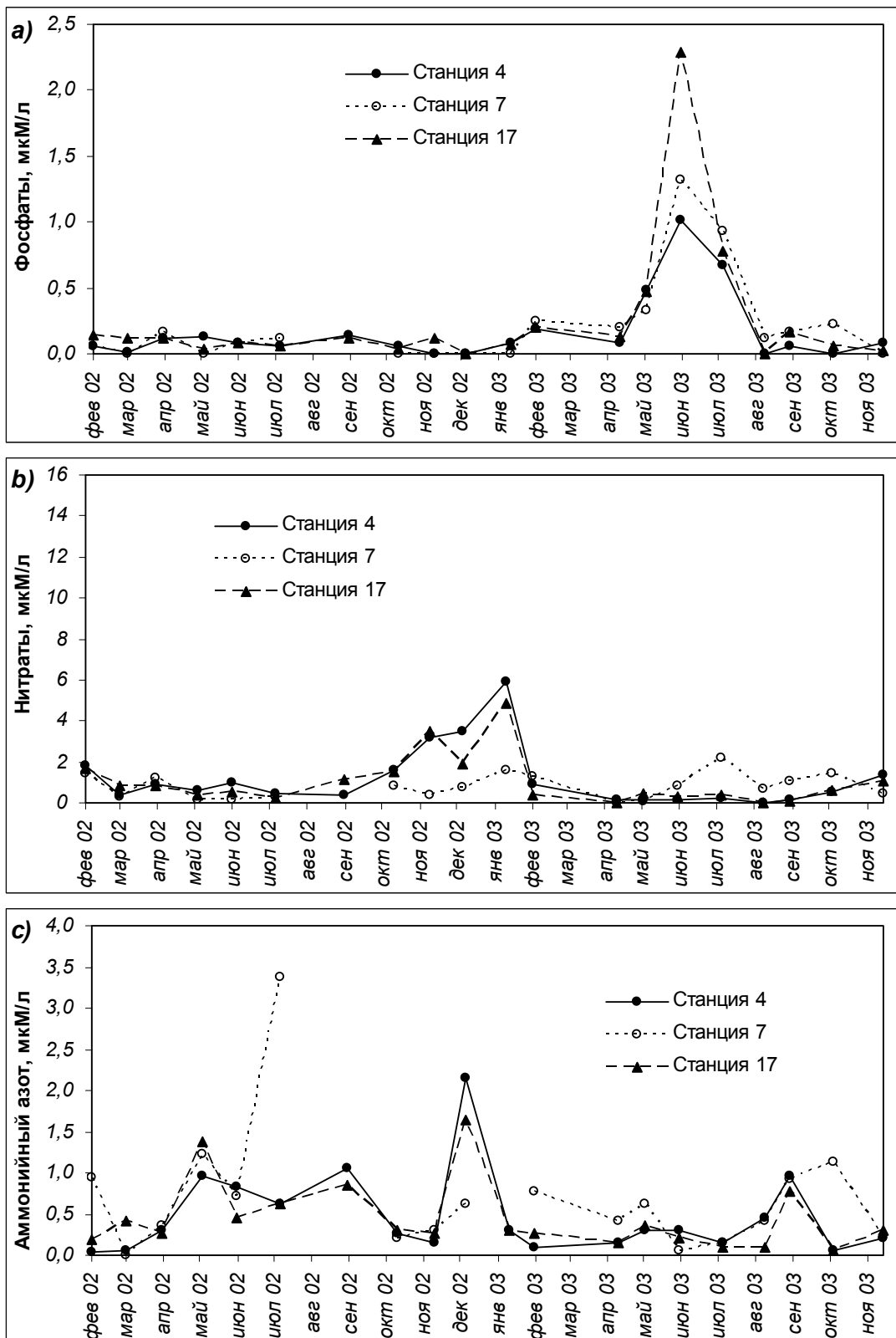


Рис. 4. Сезонные изменения биогенных элементов у дна в Севастопольской бухте (ст. 17), на выходе из нее (ст. 4) и на контрольной станции 7; Fig. 4. Seasonal alterations of nutrients at the bottom in Sevastopol Bay (st. 17), at the exit from its (st. 4) and at the control station 7

Максимальные концентрации наблюдались в мае – июле 2003 г. Повышение в мае было обусловлено паводком рек, в июне – июле – сгонными процессами. Наличие сгонных процессов подтверждалось пониженными значениями температуры и рН, а также повышенной соленостью в слое 10 м – дно по сравнению с таковыми величинами, характерными для этого сезона года. В период повышения фосфатов отмечалось "цветение" воды, вызванное холодолюбивыми видами: в мае – *Skeletonema costatum* (10 млрд.кл.·м<sup>-3</sup>) и в июне – *Emiliania huxleyi* (5 млрд.кл.·м<sup>-3</sup>). Понижение содержания фосфатов с сентября по октябрь связано с развитием крупноклеточных диатомовых водорослей *Pseudosolenia calcaravis* и *Cerataulina pelagica*.

Гистограммы повторяемости распределения концентрации фосфатов в поверхностном слое в районе выхода из бухты и сопредельной с ней акваторией показали, что максимальная повторяемость значений (до 70 %) находится в пределах от 0 до 0.25 мкМ·л<sup>-1</sup>. Величина повторяемости концентраций фосфатов в придонном горизонте аналогична: от 65 до 80 % проб имеют концентрацию 0 – 0.25 мкМ·л<sup>-1</sup> (рис. 5а, б). Наиболее часто низкие значения фосфатов отмечались в районе фермы.

Значения средних величин фосфатов в поверхностном слое моря в районе выхода из Севастопольской бухты в 2002 – 003 гг., по сравнению с 1986 – 2000 гг., в 1.5 раза ниже, что свидетельствует о снижении антропогенного влияния на бухту в исследуемый период.

**Нитраты.** Диапазон изменения концентрации нитратов составлял: от 0 до 14.5 мкМ·л<sup>-1</sup> в поверхностном слое и от 0 до 6.0 мкМ·л<sup>-1</sup> – в придонном (рис. 3б, 4б). Весеннее повышение содержания нитратов в апреле 2002 г., аналогично фосфатам, обусловлено паводком на реках Бельбек и Черная. Подтверждением служит значительное распреснение вод в этот период в поверхностном слое по всей акватории. Наиболее низкие значения солености (16.20 ‰) и высокие нитратов (9.07 мкМ·л<sup>-1</sup>) отмечались в районе ст. 4. Распре-

сненные воды (17.26 ‰) с повышенной концентрацией нитратов (5.86 мкМ·л<sup>-1</sup>) достигали контрольной станции. В районе фермы их значения были в 2 раза ниже, чем в непосредственно прилегающем к бухте и составляли 4.21 мкМ·л<sup>-1</sup>. Это свидетельствует о преобладании западного переноса вод из бухты с повышенным содержанием нитратов и частичным их попаданием в район фермы. К примеру, на акватории открытого взморья, где влияние материкового стока было минимальным, отмечались низкие значения нитратов – 0.43 мкМ·л<sup>-1</sup> и характерные для поверхностного слоя данного района значения солености – 17.70 ‰.

Летом 2002 г. в районе взаимодействия вод бухты с прилегающей частью моря регистрировались минимальные значения нитратов на поверхности и у дна. В январе – феврале 2003 г. отмечалось повышение концентрации нитратов по всей толще вод за счет поступления распресненных вод с повышенным содержанием нитратов из Севастопольской бухты. Максимально высокие концентрации нитратов 14.5 и 13.7 мкМ·л<sup>-1</sup> наблюдались в поверхностном слое в районах ст. 4 и ст. 17 соответственно; в слое 10 м – дно их значения были в 3 – 4 раза ниже. На контрольной станции концентрация нитратов в этот период составляла 2.29 мкМ·л<sup>-1</sup>, а в районе фермы значительно выше – 7.29 мкМ·л<sup>-1</sup>, что свидетельствует о поступлении на ее акваторию трансформированных вод Севастопольской бухты.

Распределение повторяемости концентраций нитратов на поверхности и придонном горизонте различаются между собой. Высокая повторяемость (до 80 %) низких величин (0 – 1.40 мкМ·л<sup>-1</sup>) отмечалась на поверхности в районе контрольной станции; на остальных станциях низкие концентрации встречались только в 30 % случаев. Для придонных горизонтов от 70 до 80 % случаев составляли значения от 0 до 1.40 мкМ·л<sup>-1</sup> (рис. 6а, б).

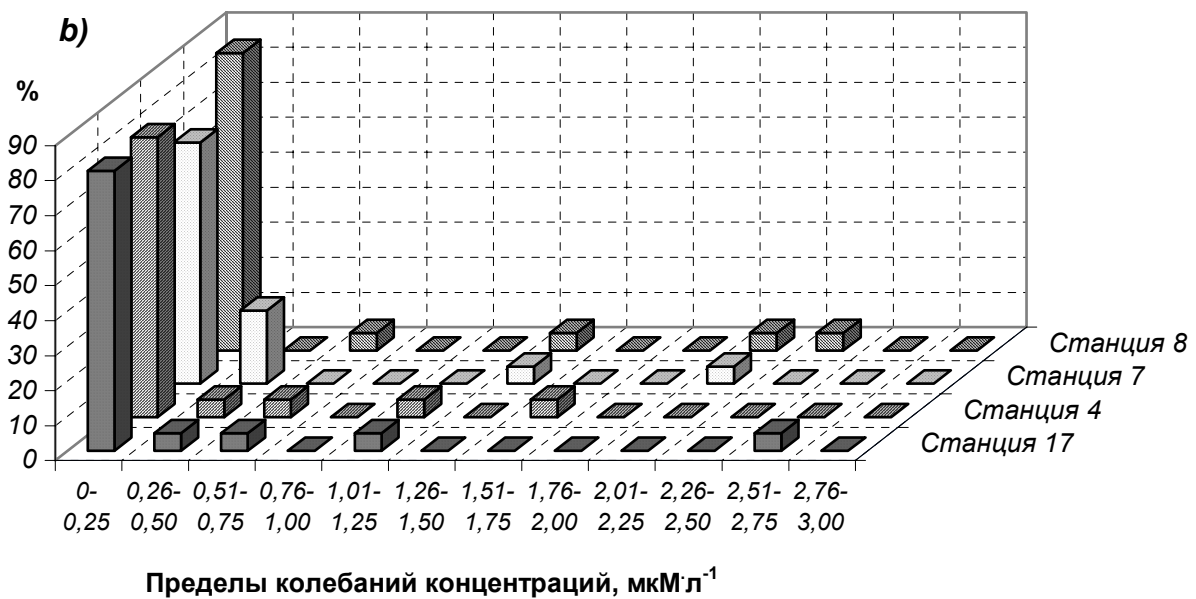
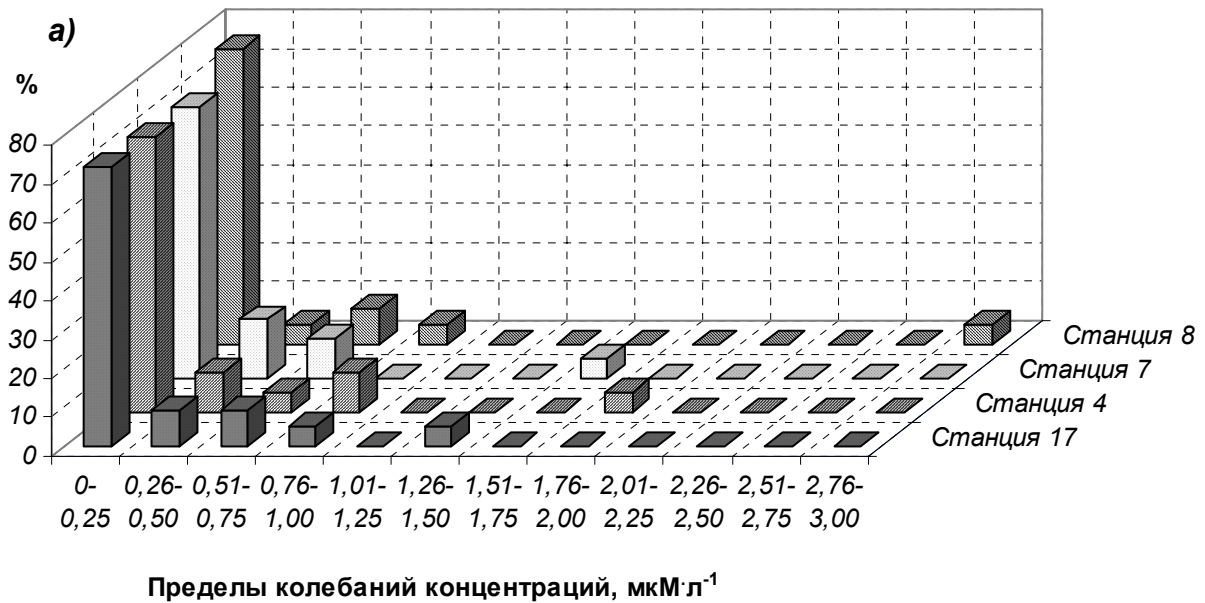


Рис. 5. Гистограммы повторяемости (%) концентраций фосфатов в Севастопольской бухте (ст. 17), на выходе из нее (ст. 4), на контрольной станции 7 и на мидийной ферме (ст. 8): а – поверхностный слой, б – придонный слой

Fig. 5. The bar graph of recurrence in phosphates in Sevastopol Bay (st. 17), at the exit from its (st. 4), at the control station 7 and at the mussel farm (st. 8): a – surface layer, b – bottom layer

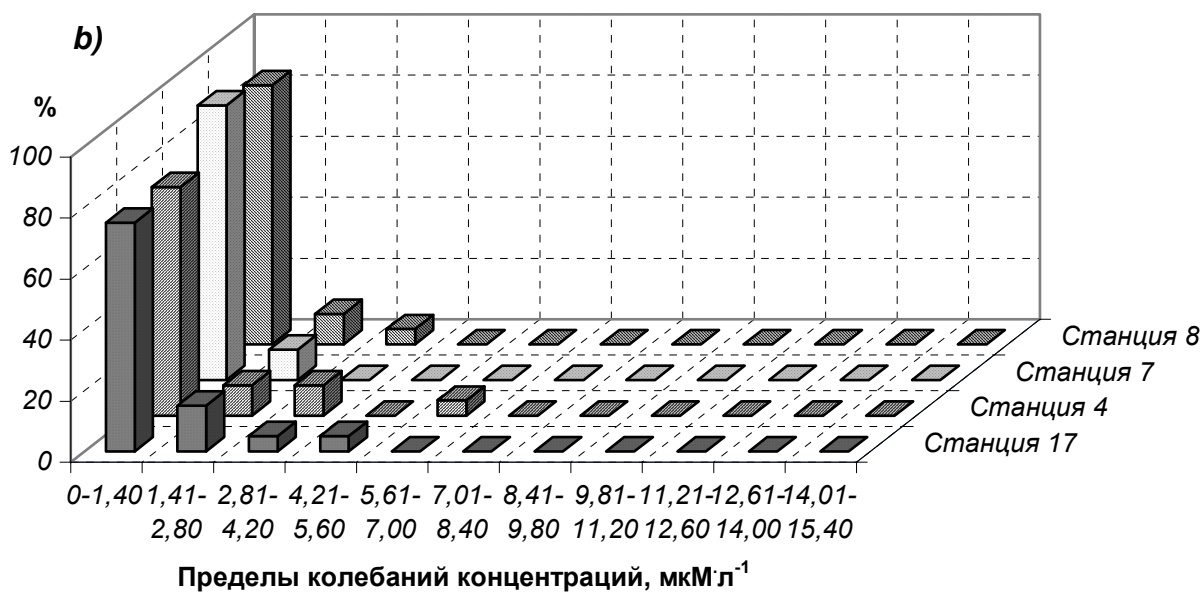
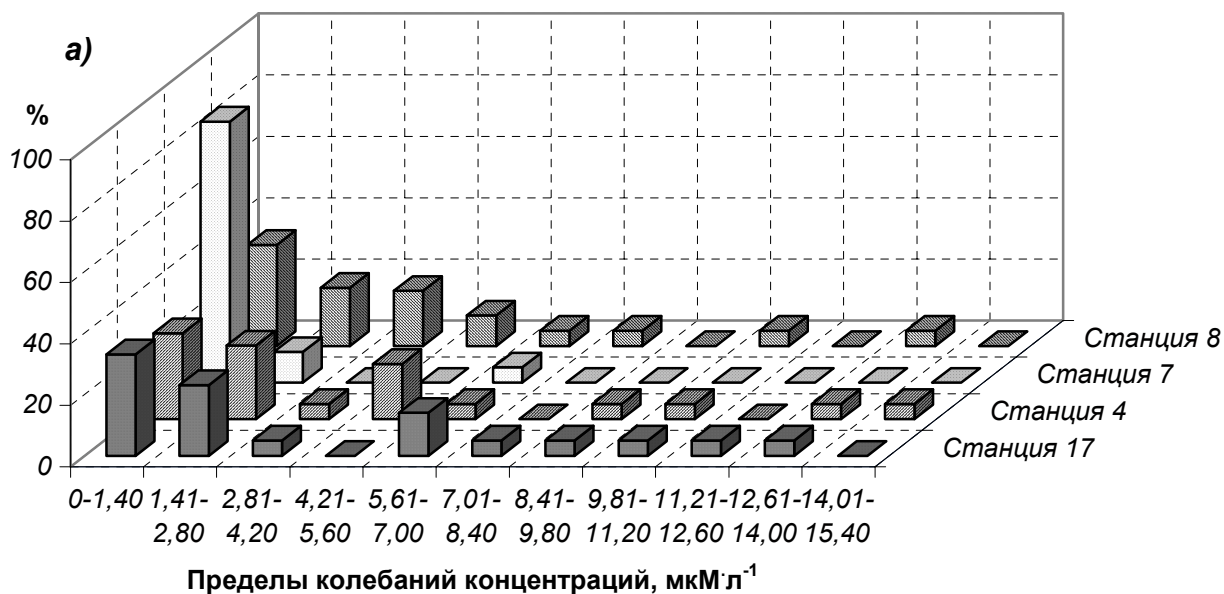


Рис. 6. Гистограммы повторяемости (%) концентраций нитратов в Севастопольской бухте (ст. 17), на выходе из нее (ст. 4), на контрольной станции 7 и на мидийной ферме (ст. 8): а – поверхностный слой, б – придонный слой

Fig. 6. The bar graph of recurrence in nitrates in Sevastopol Bay (st. 17), at the exit from its (st. 4), at the control station 7 and at the mussel farm (st. 8): a – surface layer, b – bottom layer

Четко прослеживается сходство повторяемости величин нитратов в поверхностном слое между мидийной фермой и станциями 4 и 17, что свидетельствует о поступлении распресненных, обогащенных нитратами вод Севастопольской бухты на акваторию фермы. В придонном слое до 80 % случаев повторяемости низких концентраций нитратов отмечались в районе фермы и контрольной станции.

Средние величины нитратов, полученные в районе выхода из бухты в период исследований по сравнению с периодом 1986 – 1991 гг., в целом, увеличились в 1.5 раза.

Аммонийный азот. Диапазон изменения концентрации аммонийного азота составлял на поверхности от 0 до 1.89 мкМ·л<sup>-1</sup> (рис. 3с), у дна – от 0 до 3.38 мкМ·л<sup>-1</sup> (рис. 4с). Максимальные величины отмечались в июле 2002 г. на контрольной станции. Гистограмма повторяемости концентраций аммонийного азота на поверхности в районе ст. 17, 4, 7 и 8 представлена на рис. 7. В 60 % случаев повторяемость минимальных значений аммонийного азота отмечалась в районе фермы.

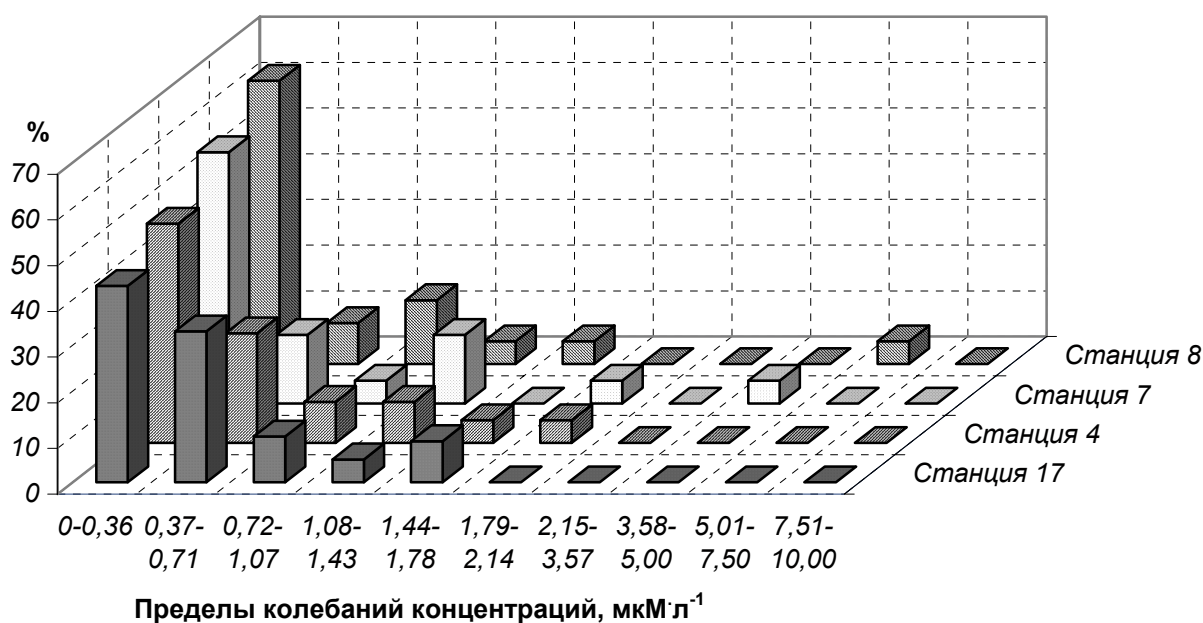


Рис. 7. Гистограммы повторяемости (%) концентраций аммонийного азота на поверхностном горизонте в Севастопольской бухте (ст. 17), на выходе из нее (ст. 4), на контрольной станции 7 и на мидийной ферме (ст. 8)  
 Fig. 7. The bar graph of recurrence in ammonium in the surface layer in Sevastopol Bay (st. 17), at the exit from its (st. 4), at the control station 7 and at the mussel farm (st. 8)

Средние величины аммонийного азота в районе выхода из бухты на поверхности и у дна в исследуемый период снизились в 5 и 6 раз соответственно по сравнению с 1986 – 1991 гг. (после 1991 г. определения аммонийного азота не проводились).

Отношение значений аммонийного азота к нитратам ( $\text{NH}_4 : \text{NO}_3$ ) в районе ст. 17 в поверхностном и придонном слоях составляло со-

ответственно: в мае – 1.41 и 3.39, в июле – 1.32 и 2.61, в ноябре – 0.10 и 0.07, декабре – 0.77 и 0.86, т. е. в теплый период года в балансе двух форм минерального азота преобладает аммонийная форма. Это обусловлено повышением концентрации  $\text{NH}_4$  за счет увеличения антропогенной составляющей, а также понижением содержания  $\text{NO}_3$  в результате потребления его фитопланктоном.

На ст. 4 и ст. 8 величины отношения  $\text{NH}_4 : \text{NO}_3$  были того же порядка, что и на выходе из бухты (ст. 17). На контрольной станции величины этого отношения на поверхности и у дна были выше: в мае – 1.93 и 7.17, в июле – 26.5 и 12.1, в ноябре – 0.50 и 0.88, в декабре – 16 и 0.72 соответственно, что связано с повышенным содержанием аммонийного азота и низкой концентрацией  $\text{NO}_3$  в 2-мильной зоне моря. Средняя концентрация нитратного азота на контрольной станции составляла  $0.71 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$ , а на выходе из бухты –  $4.43 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$ .

Нитриты. Средние концентрации нитритного азота на поверхности и у дна имели низкие значения – от  $0.07$  до  $0.14 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$ . Это наиболее неустойчивая форма минерального азота, которая обнаруживается в значительных количествах только в случае загрязнения вод, являясь индикатором активно протекающих процессов деструкции органического вещества. В целом, в районе выхода из Севастопольской бухты среднее содержание нитритного азота за исследуемый период по сравнению с периодом 1986 – 2000 гг. снизилось в 1.8 раза.

Стехиометрическое соотношение  $\text{N} : \text{P}$ , рассчитанное для района прилегающего к Севастопольской бухте (ст. 4), имело широкий диапазон колебаний: от 1 до 250. Его величина с июля по сентябрь 2002 г. и с апреля по сентябрь 2003 г., т. е. в теплый период года была ниже 15, что обусловлено снижением концентрации нитратного азота за счет активного развития фитопланктона в этот период.

Кремний. Колебания средних концентраций кремния находились в пределах от  $5.96 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$  на поверхности до  $6.75 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$  у дна. Максимальные величины отмечались в послепаводковый период в июне 2002 г. и составляли на поверхности  $13.68 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$  (ст. 17),  $11.7 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$  (ст. 4) и  $10.50 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$  (ст. 7). В районе фермы в этот период значения кремния также были повышенные –  $12.64 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$ , что свидетельствует о поступлении речных вод на ее акваторию. Повышение его концентраций от-

мечалось также ранней весной, обусловленное поступлением речных и склоновых вод в период обильных дождей и таяния снега.

В послепаводковый период и в период летнего сгона (июнь 2002 г. и июль 2003 г.), когда концентрация кремния была максимальной, в планктоне появились крупноклеточные диатомовые водоросли *Pseudosolenia calcaravis* и *Cerataulina pelagica*, что привело к интенсивному потреблению кремния в осенний период.

Уровень средних концентраций кремния в районе выхода из бухты в 2002 – 2003 гг., по сравнению с уровнем 1986 – 2000 гг., снизился примерно в 2 раза.

Органический азот и фосфор. Распределение органических форм азота и фосфора на поверхности было следующим: пределы колебаний  $\text{N}_{\text{орг}}$  – от 9.5 до  $1435.7 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$ ,  $\text{P}_{\text{орг}}$  – от 0.03 до  $3.35 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$ . Максимальные по всему взморью концентрации  $\text{N}_{\text{орг}}$  (от 51.61 до  $1435.7 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$ ) отмечались в марте 2002 г. в период таяния снега, что, по-видимому, связано с поступлением органического азота со всей водосборной площади и, в том числе, с сельскохозяйственных угодий (рис. 8a). Максимальные на всех станциях концентрации  $\text{P}_{\text{орг}}$  (от 2.10 до  $3.35 \text{ мкМ}\cdot\text{л}^{-1}$ ) отмечались в июле 2003 г., обусловленные подъемом глубинных вод, а также, по-видимому, в результате повышения рекреационной нагрузки и увеличения объемов поступления в прибрежную зону моря хозяйственно-бытовых стоков (рис. 8b). В июле – августе 2003 г. в планктоне преобладали мелкие жгутиковые водоросли, в основном, гетеротрофные криптозоны – виды, принимающие активное участие в процессах самоочищения вод, загрязненных органическим веществом [6]. Благодаря водообмену с прилегающей частью моря и хорошей динамической и самоочищающей активности вод случаев с повышенной концентрацией органического азота и фосфора в придонном слое района фермы не наблюдалось.

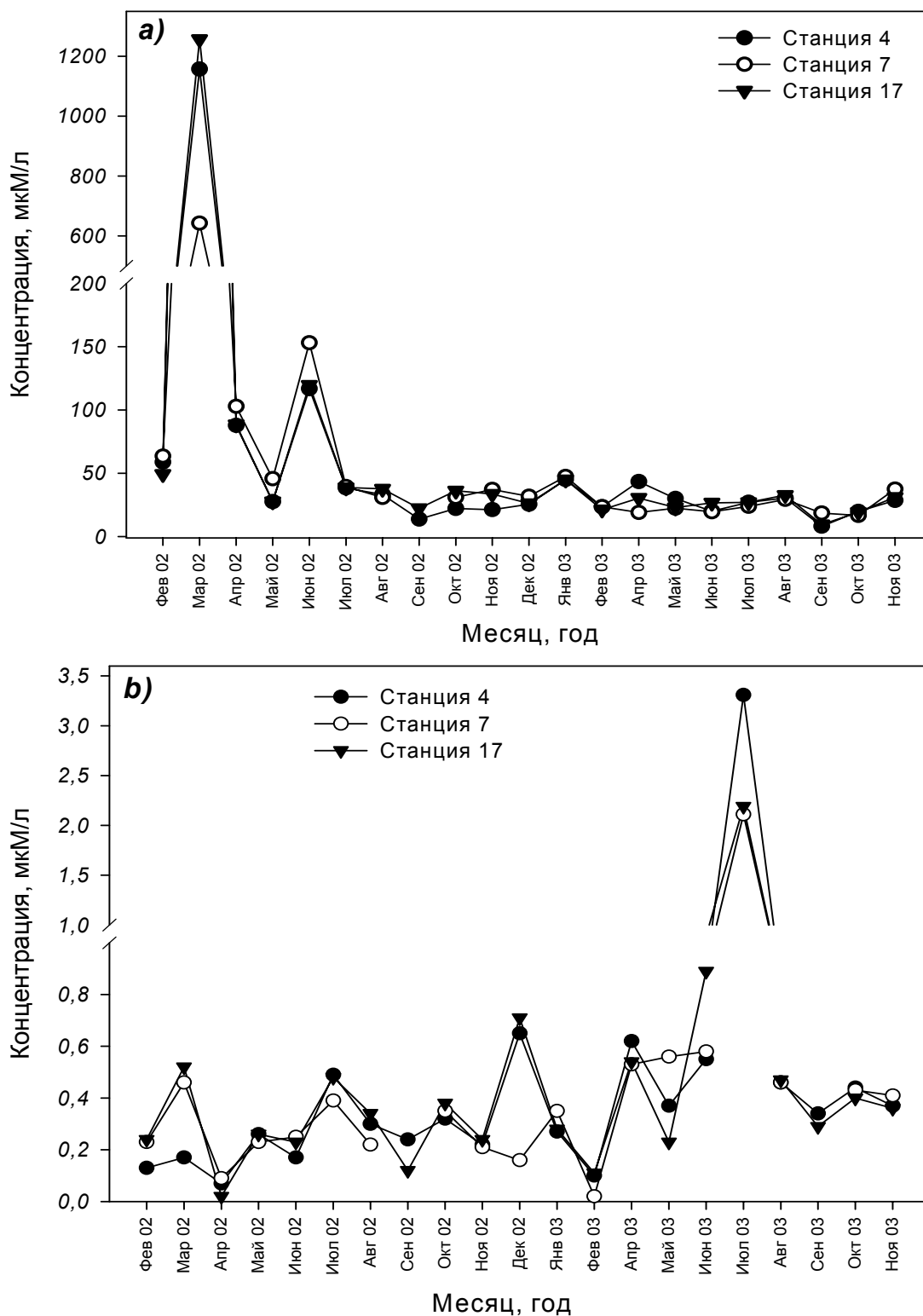


Рис. 8. Распределение органических форм азота (а) и фосфора (б) в Севастопольской бухте (ст. 17), на выходе из нее (ст. 4) и на контрольной станции 7

Fig. 8. Distribution of organic nitrogen (a) and phosphorus (b) in Sevastopol Bay (st. 17), at the exit from its (st. 4) and at the control station 7

Средние величины  $N_{\text{орг}}$ , полученные нами в исследуемый период были в 1.5 раза выше средних значений, полученных в период 1986 – 1991 гг.; средние концентрации  $P_{\text{орг}}$ , напротив, понизились в 1.3 раза, по сравнению с периодом 1986 – 1991 гг.

**Фитопланктон.** За период наблюдений в прибрежной зоне Севастополя обнаружено 236 видов и разновидностей микроскопических водорослей, относящихся к 103 родам и 8 отделам, в Севастопольской бухте – 174 вида и разновидности, что значительно выше, чем в 70-е (153 вида), 80-е (112) и 90-е (84) годы прошлого столетия. Увеличение таксономического разнообразия связано с появлением в планктоне редких видов, ранее не отмеченных в районе Севастополя и характерных для речных и распресненных морских вод, а также видов, исчезнувших из планктона Черного моря в 80 – 90-е годы.

Под влиянием изменяющихся гидрологических условий в районе исследований происходили значительные сезонные и межгодовые колебания величин суммарной численности (23 млн. – 12.3 млрд.л.·м<sup>-3</sup>) и биомассы (20 мг – 8.5 г·м<sup>-3</sup>) фитопланктона. Особенностью современного периода было не отмеченное ранее зимнее «цветение» воды в Севастопольской бухте. При максимальной концентрации нитратов отмечено массовое развитие диатомеи *Skeletonema costatum*. Наибольшее количество *S. costatum* (10.8 млрд. кл.·м<sup>-3</sup> и 4.9 г·м<sup>-3</sup>) зарегистрировано в январе 2003 г. в районе ст. 4 на стыке морских и распресненных вод бухты. В это время в районе мидийной фермы и на контрольной станции количество водорослей было соответственно на 2 – 3 порядка ниже.

В отличие от 70-х и 80-х годов, когда весеннее «цветение» в бухте наблюдалось с февраля по май, в марте – апреле 2002 г. и феврале 2003 г. оно прерывалось потоком паводковых вод р. Черная, в результате численность фитопланктона снижалась до 80 млн. кл.·м<sup>-3</sup>.

В апреле 2003 г. «цветение» воды на Севастопольском взморье было вызвано сгонным процессом, в результате которого в прибрежную зону с глубинными водами открытого моря поступила крупноклеточная диатомея *Proboscia alata*. На контрольной станции и у фермы высокое количественное развитие этого вида отмечалось на всех горизонтах от поверхности до дна; биомасса достигала 11 г·м<sup>-3</sup>. В Севастопольской бухте, где соленость не превышала 17.28 ‰, биомасса ее не превышала 3.8 г·м<sup>-3</sup>. В мае 2002 г. после обильных дождей и солености 17.73 ‰ «цветение» воды в Севастопольской бухте вызвали мельчайшие редкие виды диатомовых водорослей *Chaetoceros lorenzianus f. subsalinus* и *Cyclotella caspia*; в мае 2003 г. при более низкой солености 17.00 ‰ – *S. costatum*. Численность фитопланктона в мае 2002 и 2003 гг. достигала соответственно 12 – 10 млрд. кл.·м<sup>-3</sup>, биомасса 2 – 4.3 г·м<sup>-3</sup>. В это время на контрольной станции и ферме количество водорослей было на 1 – 2 порядка ниже, доминировали другие виды.

В июне 2003 г. в результате сгонного процесса отмечались максимальные концентрации минерального фосфора во всей толще вод, что вызвало развитие мелкоклеточной холодолюбивой кокколитофориды *Emiliania huxleyi*. На поверхности моря ее численность изменялась от 1 до 3 млрд. кл.·м<sup>-3</sup>, а на глубине 30 м возрастала до 5 млрд. кл.·м<sup>-3</sup>. Биомасса составляла 400 мг – 1 г·м<sup>-3</sup>.

В августе 2002 г. после обильных дождей в бухте отмечалось массовое развитие мелкоклеточных диатомовых водорослей тех же видов, которые доминировали в мае. Общая численность фитопланктона достигала 3 млрд. кл.·м<sup>-3</sup>, биомасса – 2 г·м<sup>-3</sup>. В районе фермы преобладала крупноклеточная диатомея *Pseudosolenia calcar-avis*, создающая биомассу до 6 г·м<sup>-3</sup>. В это время на поверхности контрольной станции отмечена вспышка синезеленых водорослей. В июле – августе



2003 г. с высокой концентрацией органического фосфора на поверхности всех станций связано обилие в планктоне мелких жгутиковых (до 4 млрд. кл. $\cdot$ м<sup>-3</sup>), в основном, зеленых и гетеротрофных криптофитовых водорослей, принимающих активное участие в процессе самоочищения загрязненных вод. В этот период в придонном слое с холодными глубинными водами в прибрежную зону поступали холодолюбивые виды водорослей – диатомей *Pseudosolenia calcar-avis*, *Cerataulina pelagica* и динофлагеллата *Peridinium acciculiferum*. Они создавали основную часть биомассы, которая в бухте и на контрольной станции составляла соответственно 750 мг и 1 г $\cdot$ м<sup>-3</sup>, а на ферме достигала 2.7 г $\cdot$ м<sup>-3</sup>.

Осеннее «цветение» в октябре 2002 г. в исследуемом районе, обусловленное подъемом глубинных вод, вызывали крупноклеточные колониальные диатомовые водоросли *Dactyliosolen fragilissimus* и *Cerataulina pelagica*. Их массовое развитие наблюдали во всем слое воды от поверхности до дна. Биомасса фитопланктона в бухте достигала 5 г $\cdot$ м<sup>-3</sup>, в районе фермы 9 г $\cdot$ м<sup>-3</sup>. На контрольной станции преобладала диатомея *Pseudosolenia calcar-avis*, биомасса которой была на порядок ниже, чем в бухте и на ферме. В октябре 2003 г. массовое развитие диатомей *C. pelagica* (3.6 млрд. кл. $\cdot$ м<sup>-3</sup>, 5.5 г $\cdot$ м<sup>-3</sup>) отмечено только в Севастопольской бухте. В районе фермы и контрольной станции в планктоне преобладали зеленые водоросли и кокколитофориды.

Таким образом, в мае, августе и октябре 2002 г. и январе 2003 г. при массовом развитии диатомовых водорослей в Севастопольской бухте в районе мидийной фермы численность и биомасса фитопланктона были на 1 – 2 порядка ниже, что свидетельствует о незначительном влиянии вод бухты на ферму.

Результаты гидрохимического мониторинга, а также материалы наблюдений за концентрацией хлорофилла «а» позволили установить уровень трофности вод района ис-

следований с помощью комплексного индекса эвтрофикации E-TRIX [11]. Последний является функцией концентраций относительного содержания кислорода (следовательно, учитывает также термохалинные показатели), минерального и органического фосфора, нитритного, нитратного и аммонийного азота и хлорофилла «а». В зависимости от величины E-TRIX морские воды подразделяются на четыре трофических уровня: низкий (< 4), средний (4 – 5), высокий (5 – 6) и очень высокий (6 – 10). Впервые предварительная оценка качества вод Севастопольского взморья по индексу эвтрофикации была проведена в 2002 г. [2, 3].

Расчеты индекса эвтрофикации показали, что в районе исследований его величина изменялась от 1.27 до 4.85. Максимальные значения E-TRIX обычно наблюдались в районе выхода из Севастопольской бухты, а минимальные – на контрольной станции. В районе мидийной фермы средняя величина E-TRIX составляла 2.73 при экстремальных значениях 1.68 – 4.33. На всех станциях тренд E-TRIX был положительным (рис. 9).

В водах Севастопольской бухты и взморья г. Севастополя сезонный ход E-TRIX обнаруживает максимум весной, а минимум – в осенне-зимний период (рис. 10). Следует отметить, что наибольшая динамика величины E-TRIX в течение года была характерна для мидийной фермы. Так, например, в августе 2002 г. наименьшие значения индекса эвтрофикации на взморье г. Севастополя (1.68) наблюдали в районе ст. 8. Спустя месяц на этой же станции E-TRIX была максимальной и составляла 3.07. Широкий диапазон значений E-TRIX на ферме, очевидно, связан как с природными (например, жизнедеятельность моллюсков, изменения в интенсификации процесса фотосинтеза, выпадение обильных осадков и последующее поступление ливневых вод в прибрежную зону взморья), так и с антропогенными (аварийные сбросы промышленных, и хозяйственно-бытовых сточных вод) факторами.

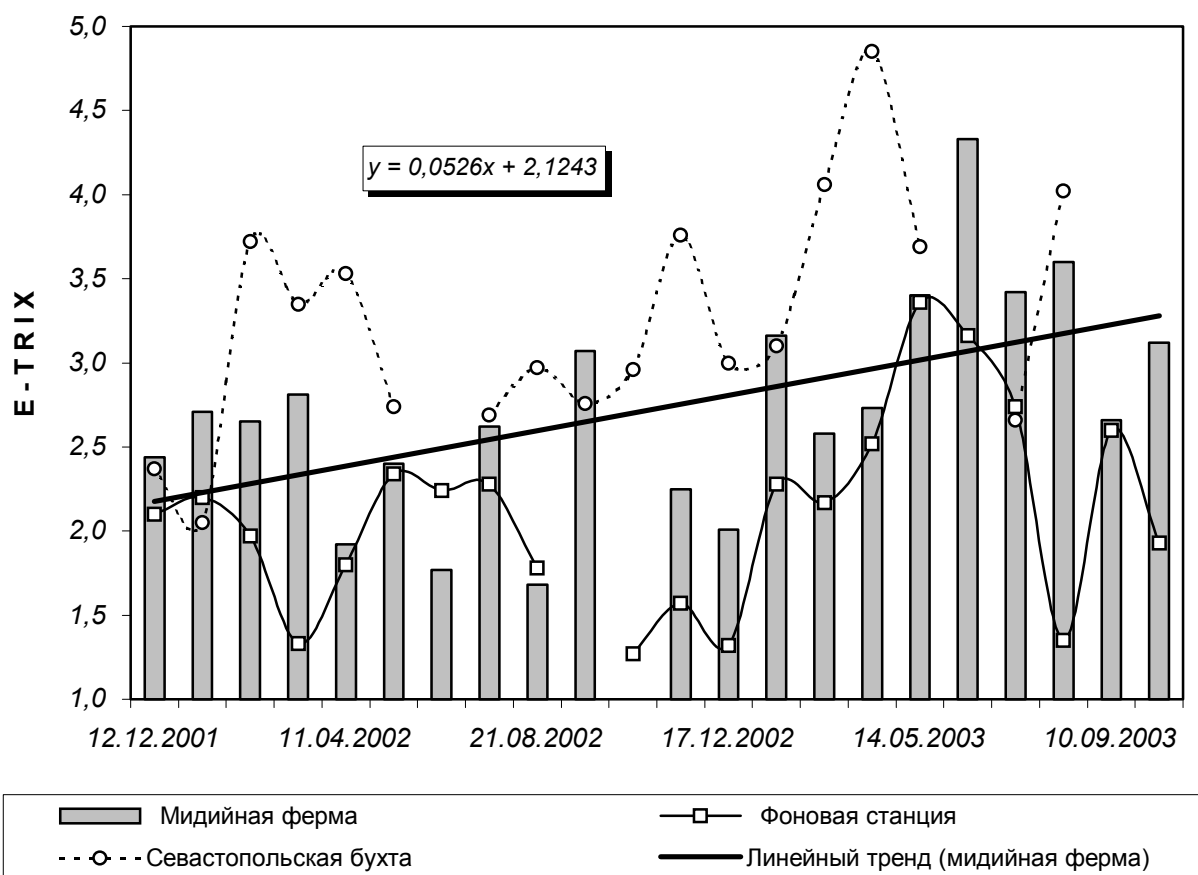


Рис. 9. Динамика E-TRIX в водах Севастопольской бухты и на взморье г. Севастополя  
 Fig. 9. E-TRIX dynamics in Sevastopol Bay and on the offshore

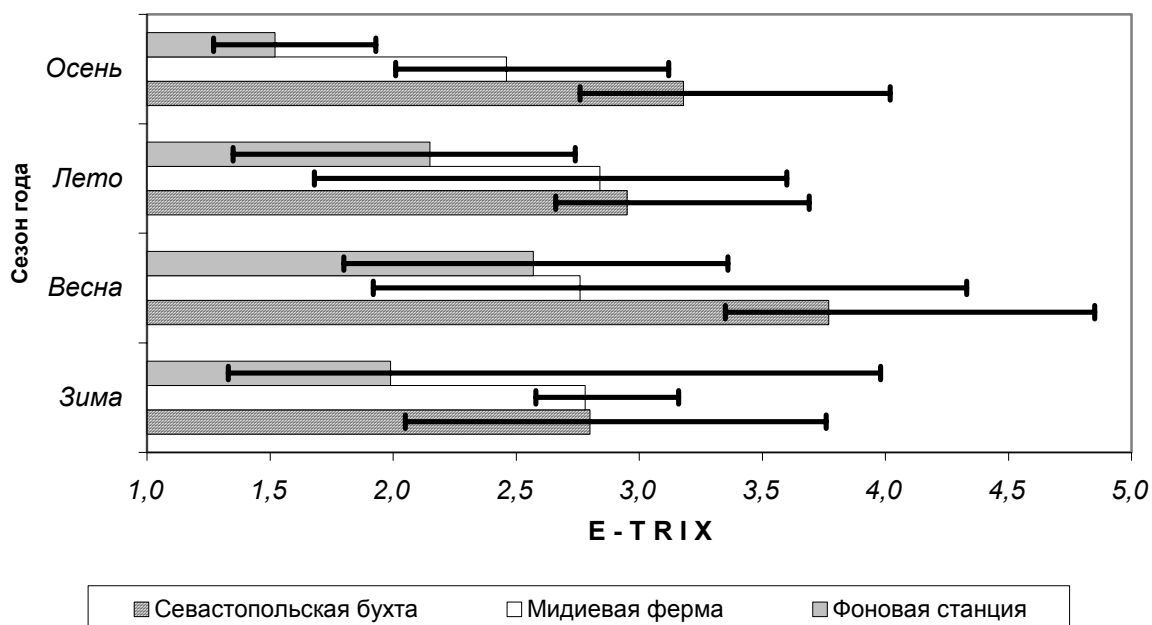


Рис. 10. Сезонная динамика E-TRIX в водах Севастопольской бухты и на взморье г. Севастополя  
 Fig. 10. E-TRIX season dynamics in Sevastopol Bay and on the offshore

За период исследований величина индекса эвтрофикации на контрольной станции 7 всегда была менее 4. Таким образом, воды контрольной акватории относятся к низкому трофическому уровню. В районе расположения мидийной фермы и в предпроливной части Севастопольской бухты значение E-TRIX в одном и в трех случаях соответственно превышало 4. Исходя из этого, воды двух последних районов можно классифицировать как переходные от низкого к среднему трофическому уровню.

**Выводы. 1.** В исследуемый период в районе взаимодействия вод Севастопольской бухты с прилегающей частью моря случаев дефицита кислорода, а тем более гипоксии, в придонном слое не наблюдалось. Средние величины абсолютного и относительного содержания растворенного кислорода в поверхностном и придонном слоях в 2002 – 2003 гг. по сравнению с периодом 1986 – 2000 гг. существенных изменений не претерпели. **2.** В исследуемый период по сравнению с 1986 – 2000 гг. произошло снижение средних концентраций аммонийного азота в 5.5, нитритного азота – в 1.8, фосфатов – в 1.5, органического фосфора – в 1.3 и силикатов – в 2 раза, что свидетельствует об уменьшении антропогенной нагрузки на акваторию Севастопольской бухты. Вместе с тем, отмечалось повышение концентрации нитратного и органического азота в 1.5 раза, обусловленное дождями и паводками на реках Черная и Бельбек в пе-

риод проведения съемок. **3.** В районе исследований значений БПК<sub>5</sub>, превышающих ПДК по рыбохозяйственным (2 мг/л) и по санитарно-бытовым (3 мг/л) нормативам, не наблюдалось; в районе мидийной фермы в 50 % случаев величины БПК<sub>5</sub> находились в пределах от 0 до 0.72 мг/л. **4.** Величина индекса эвтрофикации изменялась от 1.27 до 4.85. Максимальные значения E-TRIX наблюдались в районе взаимодействия Севастопольской бухты и взморья, минимальные – на контрольной станции. В районе мидийной фермы средняя величина E-TRIX составляла 2.73 при экстремальных значениях от 1.68 до 4.33. На всех станциях тренд E-TRIX был положительным. **5.** Максимальные величины численности и биомассы фитопланктона, полученные в настоящее время, по сравнению с данными 70 – 80-х годов прошлого столетия были ниже в 2 – 6 раз весной и в 3 – 13 раз – летом; в осенний период существенных отличий в количественном развитии фитопланктона не отмечено. Таксономическое разнообразие фитопланктона возросло за счет видов-вселенцев – редких видов, не отмеченных ранее, характерных для речных и сильно распресненных морских вод и появления, исчезнувших из планктона видов в 80 – 90-е годы. **6.** Существенного влияния вод Севастопольской бухты на гидрохимическую структуру, таксономический состав и количественное развитие фитопланктона за исследуемый период в районе фермы не обнаружено.

1. Георгиева Л. В., Климентова О. В. Мониторинг фитопланктона Севастопольской бухты // Результаты биологического мониторинга вод Севастопольской бухты. – К 200-летию города-героя Севастополя. – Севастополь. – 1983. – С. 5 – 23.
2. Губанов В. И., Мальченко Ю. А., Куфтаркова Е. А., Ковригина Н. П. Реализация системы экологического мониторинга за гидрохимическими характеристиками на примере Севастопольского взморья (Черное море) // Экологическая безопасность прибрежной шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа. –

- Сб. науч. тр. МГИ НАН Украины. – 2004. – Вып. 10. – С. 141 – 148.
3. Губанов В. И., Стельмах Л. В., Клименко Н. П. Комплексные оценки качества вод Севастопольского взморья // Экология моря. – 2002. – Вып. 62. – С. 76 – 80.
4. Иванов В. А., Любарцева С. П., Михайлова Э. Н., Шапиро Н. Б., Штейнман Б. С. Моделирование термического и кислородного режимов озера Киннерет (Израиль) // Морск. Гидрофиз. журн. – 2002. – № 1. – С. 69 – 80.
5. Куфтаркова Е. А., Немировский М. С., Родионова Н. Ю. Гидрохимический режим района

- експериментальной мидиевой фермы (рейд Севастополя) // Экология моря. – 2002. – Вып. 59. – С. 61 – 65.
6. *Матвієнко О. М., Литвієнко Р. М.* Визначник прісноводних водоростей Української РСР. – Київ: Наук. думка. – 1977. – Ч. 2. – 3. – 386 с.
  7. *Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов.* – М.: ВНИРО, 1988. – 119 с.
  8. *Сеничева М. И.* Сезонная динамика численности, биомассы и продукции фитопланктона Севастопольской бухты // Биология моря. – 1980. – Вып. 1. – С. 3 – 11.
  9. *Сеничева М. И.* Годичные изменения фитопланктонного сообщества в районе Севастопольского океанариума // Экология моря. – 2000. – Вып. 53. – С. 15 – 19.
  10. *Tsao G. T.* Simultaneous gas – liquid interfacial oxygen absorption and biochemical oxidation // *Biotechnol. Bioeng.* – 1968. – 10. – P. 1289 – 1290.
  11. *Vollenweider R. A., Kerekes J. J.* Eutrophication of waters: monitoring assessment and control. – Paris, 1982. – 154 p.

*Поступила 21 января 2005 г.*

*После доработки 25 ноября 2005 г.*

**Екологічна оцінка сучасного стану вод у районі взаємодії Севастопольської бухти з прилягаючою частиною моря.** **Є. А. Куфтаркова, В. І. Губанов, Н. П. Коврігіна, І. Ю. Єремін, М. І. Сеничева.** Наводяться дані з термохаліної структури вод, гідрохімічним показникам (кисень, рН, біогенні з'єднання) й фітопланктону, отримані в 2002 – 2003 рр. у районі між виходом із Севастопольської бухти й експериментальною мідійною фермою. В досліджуваній період у порівнянні з періодом 1986 – 2000 рр., у районі виходу з бухти відбулося зниження середніх концентрацій амонійного азоту у 5.5 рази, нітрітного азоту – у 1.8, фосфатів – у 1.5, органічного фосфору – у 1.3 і силікатів – у 2 рази, що свідчить про зниження антропогенного навантаження в Севастопольській бухті. Разом з тим, відзначалося підвищення середніх концентрацій нітратного й органічного азоту в 1.5 рази, обумовлене дощами і паводками на річках Чорна і Бельбек у період проведення зйомок. Приводяться супровідні зміни температури і солоності. Виконано розрахунок індексу евтрофікації вод (E-TRIX). Отримано, що його величина в досліджуваному районі змінювалася від 1.27 до 4.85; максимальні значення відзначалися в районі виходу із бухти, мінімальні – на контрольній станції. У районі ферми середня величина E-TRIX складала 2.73. Виходячи з величини E-TRIX, райони виходу із бухти й мідійної ферми можна класифікувати як акваторії середнього трофічного рівня. Проведено порівняння результатів чисельності і біомаси фітопланктону, отриманих у даний час з матеріалами минулих років. Установлено, що максимальні величини біомаси фітопланктону у весняний період були в 2 – 6 разів, а в літній – у 3 – 13 разів нижче, ніж у 70-і і 80-і роки минулого сторіччя. У районі виходу із Севастопольської бухти зареєстроване зимове «цвітіння» води, не відзначене раніше. Істотного впливу вод Севастопольської бухти на гідрохімічну структуру, таксономічний склад і кількісний розвиток фітопланктону в районі ферми не виявлено.

**Ключові слова:** Севастопольська бухта, мідійна ферма, термохаліна структура, гідрохімічні показники, індекс евтрофікації E-TRIX, чисельність, біомаса фітопланктону

**Ecological assessment of modern state of waters in the region of interaction of the Sevastopol bay and part of the sea contiguous to it.** **E. A. Kuftarkova, V. I. Gubanov, N. P. Kovrigina, I. Y. Eremin, M. I. Senicheva.** There are adduced data on a thermohaline structure of waters, hydrochemical parameters (oxygen, pH, nutrients) and phytoplankton obtained in 2002 – 2003 in a region between the exit from Sevastopol bay and an experimental mussel farm. It is ascertained that in the investigated period in comparison with 1986 – 2000, in the region of the exit from the bay there was a decrease of average ammonium in 5.5 times, nitrites – in 1.8, phosphates – in 1.5, organic phosphorus – in 1.3 and silicates – in 2 times, that testifies to the decrease of an anthropogenic load in Sevastopol bay. At the same time, the increase of average nitrate and organic nitrogen concentrations in 1.5 times because of rains and high waters on the Black and Belbek rivers during surveys was noted. The concomitant temperature and salinity variations are sited. A water eutrophication index (E-TRIX) was calculated. It is obtained, that it changed from 1.27 to 4.85 in the studied region; the maximum ratings were noted at the exit from the bay, minimum – at the control station. At the farm average E-TRIX was 2.73. Outgoing from E-TRIX, the regions of the exit from the bay and the mussel farm can be categorized as an aquatorium of a mean trophic level. There were compared phytoplankton number and biomass of past years with ones obtained now. It is ascertained, that the maximum values of phytoplankton biomass in spring were in 2 – 6 times, and in summer – in 3 – 13 times lower than in 70 – 80th of the past century. At the exit of Sevastopol bay there was registered winter blooming of water, that didn't observed earlier. Essential influencing of Sevastopol bay waters on the hydrochemical structure, the taxonomic composition and quantitative development of phytoplankton at the farm is not revealed.

**Keywords:** Sevastopol bay, mussel farm, thermohaline structure, hydrochemical parameters, an eutrophication index E-TRIX, number and biomass of phytoplankton