



УДК 581.526.325:(262.5)

О. Н. Ясакова¹, н.с., В. К. Часовников², к.х.н., в.н.с., зав.лаб.

¹ Институт аридных зон Южного научного центра РАН, Ростов-на-Дону, Россия

² Южное отделение Института океанологии им П. П. Ширшова, Геленджик, Россия

ВЛИЯНИЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА НА РАЗВИТИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В АКВАТОРИИ НОВОРОССИЙСКОГО ПОРТА (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

В период весна – лето – осень 2007 г. в акватории Новороссийского порта и за его пределами исследованы гидрохимические параметры, а также таксономический состав и количественное развитие фитопланктона. Обнаружено 70 видов фитопланктона. Видовое богатство (56 видов) фитопланктона летом на 25 % выше, чем весной и осенью. «Цветение» воды отмечено в мае (905.5 тыс. кл. л⁻¹ и 2.767 г м⁻³). В дальнейшем средние величины численности сократились более чем в 5 раз, биомассы – почти в 2 раза. В западной и центральной части порта обилие планктонных водорослей в 1.5 раза выше, чем на остальной исследуемой акватории. Здесь же отмечены наиболее высокие концентрации биогенных веществ.

Ключевые слова: численность и биомасса фитопланктона, биогенная насыщенность вод, порт Новороссийск, Чёрное море.

Исследования экологической обстановки в прибрежной зоне Чёрного моря и оценка степени антропогенного влияния на состояние морских экосистем, особенно в акваториях крупных приморских городов и портов, представляется в настоящее время весьма актуальной задачей. Новороссийский порт – крупнейший транспортный узел на юге России, через который ежегодно переваливается свыше 100 млн. т грузов, из них нефтеперевалка сырой нефти и нефтепродуктов составляет 80 %. Пропускная способность Новороссийского морского торгового порта (НМТП) свыше 5 тыс. судов [9]. Индустриализация и урбанизация прибрежной зоны Новороссийской бухты неизбежно приводят к загрязнению её вод органическими и неорганическими веществами, нефтепродуктами. Из общего количества стоков, впадающих в акваторию бухты, на портовую акваторию приходится 65 %. Воды порта в течение года характеризуются низкой прозрачностью, вызванной как общим загрязнением, так и интенсивным взмучиванием грунтов в результате судоходства и конвекции вод, наиболее интенсивной в период ветров северного и северо-восточного направлений [3]. Возросшая в последние десятилетия антропогенная нагрузка на акваторию Новороссийской бухты оказала существенное влияние на развитие планктонных сообществ [12].

Целью нашей работы являлось исследование гидролого-гидрохимических характеристик водных масс и особенностей развития фитопланктона в условиях антропогенной нагрузки внутри акватории порта Новороссийск и за его пределами в течение трёх сезонов 2007 г.

Материал и методы. Пробы фитопланктона отбирали с поверхностного горизонта моря в дневное время суток на акватории Новороссийского порта (станции №№ 1 – 7) и за его пределами (фоновая станция № 8) в 2007 г. в течение месяцев, соответствующих трём сезонам, – в мае, июле и сентябре (рис. 1). Концентрирование проб осуществляли методом обратной мягкой фильтрации [16]. Морскую воду объёмом в 1 – 1.5 л пропускали через ядерные фильтры диаметром пор 1 мкм и доводили до объёма 20 – 50 мл, затем пробу фиксировали формалином до конечной концентрации 1 – 2 % [17]. Идентификацию видов, подсчёт численности и определение объёма клеток фитопланктона производили с помощью камер объёмом 0.05 и 0.1 мл под микроскопом МИКМЕД-2 с увеличением x200 и x400 [4, 18]. Всего отобрано и обработано 24 пробы. Видовой состав фитопланктона классифицировали в соответствии с [1]. При идентификации видов использовали руководства [5, 6, 10, 23, 24].

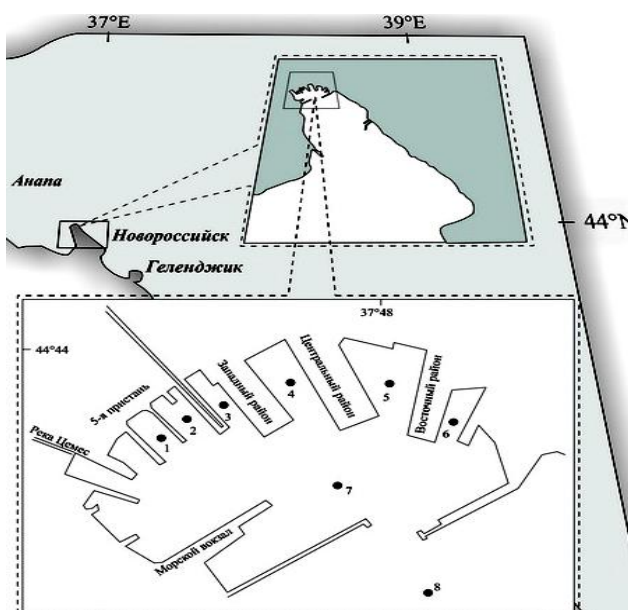


Рис. 1 Схема станций отбора проб фитопланктона в акватории Новоросийского порта

Fig. 1 Scheme of phytoplankton sampling stations in the Novorossiysk port's waters

Для оценки сходства таксономического состава сообществ микроводорослей исследуемых акваторий СВЧМ использовали коэффициент Серенсена-Чекановского, Дайса и пр. [19, 22]:

$$C_s = \frac{2C}{(A+B)} * 100\%$$

где: А, В – число видов, определённых в сравниваемых пробах; С – количество видов, общих для двух сравниваемых проб.

Параллельно в районе исследований на тех же станциях, где отбирали пробы фитопланктона, проведены гидрологические и гидрохимические исследования морской среды. Гидрохимические исследования выполнены сотрудниками Южного отделения Института океанологии (Лаборатория химии моря). Для аналитических определений использовали оборудование Лаборатории химии ЮО ИО РАН, аккредитованной в Системе аккредитации аналитических лабораторий (СААЛ) Госстандарта России (Аттестат № РОСС RU.0001.512500). Приборы проверены в соответствии с требованиями СААЛ Госстандарта РФ. Использовали методы определения гидрохимических параметров в поверхностных водах, принятых для морских экспедиционных работ [11, 15]. Отбор проб из батометров производили сразу же после их изъятия из воды и осуществляли фиксацию проб на растворённый кислород и аммонийный азот. Пробы на определение

биогенных элементов (силикаты, фосфаты, формы азота, валовый азот и фосфор) отбирали отдельно в пластиковую посуду объёмом 0.5 л без консервации.

Кислород в морской воде определяли иодометрическим методом (метод Винклера) по РД 52.10.243-92 МУ. Пробы морской воды фиксировали на борту судна немедленно после их отбора и помещали в тёмное место. Иодометрическое определение проводили в береговой лаборатории с использованием полуавтоматической титровальной установки "Digitrate" не позднее 4 ч после фиксации.

Фосфор минеральный определяли колориметрически по методу Морфи-Райли в соответствии с РД 52.10.243-92, азот нитритный – колориметрически по РД 52.10.243-92, азот нитратный восстанавливали до нитритов на колонках с омеднённым кадмием с последующим определением до нитритов по РД 52.10.243-92, аммонийный азот определяли по методу Сэджи-Солорзано с образованием фенолгипохлоритного комплекса.

Фенол, нефтепродукты определяли в соответствии с методическими рекомендациями к Флюорат 02 3М. Общий марганец и железо измеряли фотометрически с применением формальдоксима и феррозина, общий азот и фосфор – методом мокрого сжигания с персульфатом калия по РД 52.10.243-92, ртуть – методом «холодного пара» в соответствии с РД 52.10.243-92 на анализаторе ртути «Юлия-5К».

Результаты и обсуждение. В конце мая 2007 г. наблюдался повышенный фон температуры воды – 22.5°C, в отличие от мая 2006 г. (15.5°C). Температура в период исследований имела слабо выраженный сезонный ход с небольшой амплитудой: в июле она возросла до 23.5°C, в сентябре уменьшилась до 20.5°C (табл. 1). Сезонный ход солёности, также как и температура воды, не имел ярко выраженного характера. Во время исследований, солёность внутри акватории порта, куда впадают воды реки Цемес, а также значительный объём вод временных водотоков и ливневых (промышленных) стоков, была, как правило, несколько ниже, чем за пределами портовой акватории и колебалась в пределах 16.7 – 17.72 ‰. В центральной части бухты средние величины солёности составили 17.25 ‰ (табл. 1).

Табл. 1 Гидрологические и гидрохимические характеристики вод в разных районах Новороссийской бухты
Table 1 Hydrological and hydro-chemical characteristics of water in different parts of the Novorossiysk Bay

Дата	29.05.2007		19.07.2007		05.09.2007	
	Станции №№ 1-7	Станция № 8	Станции №№ 1-7	Станция № 8	Станции №№ 1-7	Станция № 8
Температура, °С	22.50	22.60	23.40	23.50	20.50	20.60
Солёность, ‰	16.70	17.00	16.85	16.96	17.72	17.76
Прозрачность, метры	3.4	6.0	4.0	7.0	-	-
Растворённый кислород, O ₂ , мг/дм ³	9.63	8.73	8.65	8.32	9.82	9.83
Насыщенность кислородом, O ₂ %	122.93	111.59	112.81	107.97	121.40	121.71
Биохимическое потребление кислорода БПК ₅ , мг/дм ³	2.91	1.17	1.79	-	1.21	0.73
pH, ед.	8.34	8.31	8.56	8.62	8.49	8.50
Щёлочность (Alk), мг-экв/дм ³	3.142	3.085	3.061	3.039	3.102	3.095
Фосфор минеральный P _{PO4} , мг/дм ³	0.005	0.002	0.002	0.001	0.006	0.002
Фосфор общий, мг/дм ³	0.022	0.007	0.021	0.006	0.012	0.013
Кремнекислота, SiO ₂ , мг/дм ³	0.042	0.012	0.049	0.029	0.082	0.038
Нитратный азот N _{NO3} , мг/дм ³	0.014	0.011	0.007	0.003	0.010	0.006
Нитритный азот N _{NO2} , мг/дм ³	0.003	0.001	0.001	0.000	0.002	0.003
Аммонийный азот N _{NH4} , мг/дм ³	0.012	0.013	0.013	0.013	0.012	0.013
Мочевина (Urea), мг/дм ³	0.021	0.018	0.014	0.013	0.012	0.007
Азот валовый (N _{tot}), мг/дм ³	0.361	0.352	0.353	0.295	0.400	0.335
Азот минеральный (N _{min}), мг/дм ³	0.025	0.014	0.021	0.016	0.023	0.022
Азот органический (N _{org}), мг/дм ³	0.336	0.338	0.332	0.279	0.377	0.313
Фенол, мг/дм ³	0.0014	0.0013	0.0012	0.0017	0.0013	0.0019
Нефтепродукты, мг/дм ³	0.023	0.006	0.023	0.014	0.004	0.028
Марганец (Mn), мг/дм ³	0.022	0.000	0.022	0.007	0.026	0.003
Ртуть (Hg), мг/дм ³	0.00028	0.00041	0.00028	0.00022	0.00014	0.00009
Железо (Fe), мг/дм ³	0.018	0.006	0.044	0.003	0.016	0.003
Взвешенное вещество, мг/дм ³	4.93	16.7	6.43	< 3	3.83	< 3

Примечание: «-» – нет данных

Растворённый кислород (мг дм⁻³). Содержание O₂ в водах порта характеризовалось постепенным понижением от мая к июлю с увеличением абсолютных величин в сентябре, что связано с сезонным ходом температуры воды (табл. 1). Верхний слой в период исследований был перенасыщен растворённым O₂, что говорит об интенсивных продукционных процессах. Максимальные величины насыщения на некоторых участках порта достигали в мае 127 % (среднее значение в порту 118 %, за его пределами 112 %).

Биохимическое потребление кислорода. Содержание БПК₅ внутри акватории порта было повышено по сравнению с фоновыми значениями (ст. 8). Изменчивость величин составила от минимальной 0.73 мг_дм⁻³, отмеченной за пределами порта в сентябре, до максимальной (3.52) – на некоторых участках порта в мае,

превысивших ПДК в 1.17 раз. Средние значения в порту составили 1.97 мг дм⁻³, в центральной части бухты значения БПК₅ понижались до 0.95 мг дм⁻³ (табл. 1).

Водородный показатель (pH) и общая щёлочность. Величина pH изменялась от 8.31 до 8.62 ед., с максимумом в июле. Средние значения в порту – 8.47 ед., за его пределами – 8.48 ед. В распределении общей щёлочности внутри акватории порта наблюдалось постоянное превышение значений над фоном, что указывает на влияние берегового стока. Величины изменялись от 3.033 до 3.181 мг-экв дм⁻³.

Фосфор минеральный. Содержание фосфатов было минимальным в июле, в порту в сентябре оно выросло до 0.006 мг дм⁻³ (табл. 1). Средние величины за период исследований составили 0.004 в порту и 0.002 мг дм⁻³ за его пределами.

Фосфор общий. Внутри акватории порта концентрации общего фосфора были всегда выше, чем на фоновой станции (табл. 1).

Нитритный азот присутствовал в районе исследования в течение всего времени, что указывает на постоянно идущие интенсивные окислительно-восстановительные процессы. Исключение составила фоновая станция, где в июле нитриты не были отмечены. За весь период исследований концентрация NO_2 в порту в среднем составила 0.002 мг дм^{-3} , превышая фоновые значения (0.001).

Нитратный азот варьировал от 0.003 до 0.031 мг дм^{-3} на некоторых станциях порта, максимальные концентрации в порту и за его пределами выявлены в мае (табл. 1). В июле и сентябре их содержание было в $1.5 - 2.5$ раза меньше. За весь период исследований концентрация NO_3 в порту составила 0.010 , фоновые значения – 0.007 мг дм^{-3} .

Аммонийный азот. На отдельных станциях порта его распределение характеризовалось повышенными величинами (0.026 мг дм^{-3}), средние концентрации не превышали $0.012 - 0.013 \text{ мг дм}^{-3}$ (табл. 1).

Мочевина. Максимальные концентрации ($0.025 - 0.039$) зарегистрированы на прибрежных станциях (ст. 1 – 4). Фоновые величины (в среднем 0.013 мг дм^{-3}) ниже, чем внутри порта (0.016).

Кремнекислота. На некоторых станциях порта, в районах, подверженных максимально-му территориальному стоку, её содержание было максимальным (0.155 мг дм^{-3}). Среднее значение внутри порта значительно выше (0.058 мг дм^{-3}), чем на фоновой станции (0.026).

Нефтяные углеводороды в морской воде. За период наблюдений концентрации НУ на акватории порта варьировало от 0.005 до 0.058 мг дм^{-3} (ст. 4, июль), что превысило ПДК (0.050). Средние концентрации в порту и за пределами порта схожие, соответственно 0.017 и 0.016 мг дм^{-3} . В 2006 г. концентрации НУ были более чем в 2 раза выше (в среднем 0.050), чем в 2007-м, что вызвал аварийный

разлив горючего в реку Цемес из подземных коммуникаций ОАО «Импортпищепром».

Фенол. Концентрация фенола изменялись в пределах $0.001 - 0.002 \text{ мг дм}^{-3}$ (2 ПДК, ст. 2, июль), средние значения – $0.0015 \text{ мг дм}^{-3}$.

Взвешенное вещество. Его количество варьировало от 2.5 до 16.7 мг дм^{-3} , среднее значение в порту – 5.07 , на фоновой станции – 7.57 мг дм^{-3} .

Марганец. Концентрация Mn изменялась от 0.000 до 0.131 мг дм^{-3} (2.6 ПДК на ст. 4 в сентябре). Средние значения в порту – 0.023 , за его пределами – 0.003 мг дм^{-3} .

Ртуть. Концентрация ртути варьировала от 0.00004 до $0.00041 \text{ мг дм}^{-3}$ (в среднем 0.00023 или 2.3 ПДК). Превышение ПДК отмечено на всех станциях, кроме ст. 7 в сентябре.

Железо. Содержание железа изменялось от 0.003 до 0.258 мг дм^{-3} . Средняя концентрация в порту – 0.026 , в средней части бухты – 0.004 мг дм^{-3} . Превышение ПДК выявлено в июле на станциях 4 и 6 – соответственно 1.48 и 5.16 ПДК.

Акватория Новороссийского порта, представляющая собой часть Цемесской бухты, отгороженную молами и имеющую сложную береговую линию с глубокими карманами, находится в условиях сильно затруднённого водообмена с открытым морем. При этом портовые воды принимают на себя береговые стоки города, а также испытывают воздействие от деятельности самого порта. Таким образом, исследуемая акватория находится в условиях ограниченных возможностей для самоочищения, что отражается на гидрохимическом режиме.

Регистрируемые нами величины содержания биогенных элементов значительно ниже существующих норм ПДК для рыбохозяйственных водоёмов. Даже в акватории восточного и западного районов порта, где осуществляется интенсивная погрузка минеральных удобрений, не наблюдалось повышения фона содержания биогенных элементов, что может быть связано с отсутствием поступления значительного количества удобрений в морскую среду

Второй вероятной причиной пониженных концентраций биогенных веществ в акватории порта могло быть их активное потребление микроводорослями, бурное развитие которых наблюдалось нами во все периоды исследования, особенно в мае.

По всей видимости, главным фактором, определяющим биогенный режим портовой акватории, является береговой сток (реки, ливневые воды) и сточные канализационные сбросы. Об этом свидетельствуют полученные данные о пониженных значениях солёности и повышенных величинах щёлочности, кремния и биогенных элементов на участках порта (ст. 1, 2 и 4), испытывающих значительное влияние сточных вод. Влияние малых рек и ливневых стоков наиболее характерно проявляется в увеличении значений биохимического потребления кислорода, концентрации биогенных веществ непосредственно на прибрежных станциях у уреза воды.

Содержание нефтепродуктов в воде, несмотря на значительный объём их перегрузки в акватории порта, не превышало ПДК, что говорит об отсутствии загрязнения нефтепродуктами в штатном режиме. Более неблагоприятно выглядела обстановка с концентрациями таких загрязняющих веществ, как фенол и ртуть – эти показатели превышали ПДК за всё время исследований. Одним из источников поступления в море фенола является результат взаимодействия нефтепродуктов с водой, сбросы отходов производства нефтехимической, металлообрабатывающей промышленности, предприятий коммунального хозяйства, городских сточных вод.

В период исследований в Новороссийской бухте обнаружено 70 видов фитопланктона, относящихся к 7 отделам – Bacillariophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Euglenophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Cryptophyta (табл. 2). Максимальное видовое богатство отмечено у диатомовых (25) и динофитовых водорослей (29). Среди диатомовых наиболее широко представлены роды *Chaetoceros* (7 видов) и

Pseudo-nitzschia (3), среди динофитовых – *Protoperdinium* (7) и *Ceratium*, *Prorocentrum* (по 3 вида).

Наибольшее число видов фитопланктона обнаружено в летний период (56), весной и осенью их видовое разнообразие заметно сокращалось – соответственно до 43 и 46. Коэффициент сходства таксономического состава фитопланктона в порту и в средней части бухты – 79 %. При этом только в акватории порта вегетировали такие мелкоклеточные виды диатомовых и динофитовых, как *Chaetoceros compressus*, *C. insignis*, *C. socialis*, *Cyclotella caspia* и *Peridinium quinquecorne*. В наиболее опреснённых районах порта (сток реки Цемес, солёность 12.8 ‰) отмечены представители зелёных (роды *Monoraphidium*, *Desmodesmus*, *Closterium*) и эвгленовых водорослей (*Eutreptia* sp. и *Euglena* sp.). Мезосапробные эвгленовые *Eutreptia lanowii*, синезелёные родов *Oscillatoria*, *Lyngbya* и криптофитовые *Plagioselmis prolunga* и *Plagioselmis punctata* на акватории порта развивались в значительно большем количестве, чем за его пределами. В то же время исключительно в средней части бухты широкое распространение получили золотистые водоросли *Dictyocha speculum*, *Dinobryon balticum*, *Octactis octonaria*, *Emiliania huxleyi*.

В период весна – лето – осень 2007 г. средние значения численности и биомассы планктонных водорослей в Новороссийской бухте составили 414 тыс. кл. · л⁻¹ и 1.74 г · м⁻³, что характеризует этот район как мезотрофный [8]. Интенсивное развитие планктонного альгоценоза в бухте, вероятно, связано с интенсивным поступлением в её акваторию минеральных и органических форм биогенных элементов. Однако величины развития фитопланктона в исследуемой акватории Новороссийской бухты в 2007 г. в два раза уступали аналогичным величинам (831 тыс. кл. · л⁻¹ и 3.32 г · м⁻³) 2006-го года [20]. Вследствие тёплой зимы и высокой температуры поверхностных вод (16°C) весенняя вспышка биомассы фитопланктона

($4.5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$) в 2007 г. произошла раньше, чем в прошлом году, и приходилась на апрель. В конце мая (22.5°C) обилие планктонных водорослей в среднем по бухте составило 906 тыс. кл. $\cdot \text{л}^{-1}$ и $2.77 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$. Дальнейшее снижение численности и биомассы (160 – 175 тыс. кл. $\cdot \text{л}^{-1}$; $1.10 - 1.35 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$) наблюдали в середине июля и начале сентября. Таким образом, численность фитопланктона в летне-осенний период по сравнению с маем сократилась более чем в 5 раз, биомасса – в 2 раза.

Диатомовые водоросли, наиболее чутко реагирующие на повышенное содержание в воде биогенных веществ, являлись ведущим компонентом планктона портовой акватории, составив в среднем за период исследований 85 % от общей численности и 82 % биомассы [13, 14]. Высокие значения численности и биомассы в мае обусловлены развитием *Cerataulina pelagica*, – одного из наиболее обычных представителей центральных диатомовых, вегетирующих на акватории черноморского шельфа в тёплый период года. В другие месяцы численно преобладали среднеразмерные и мелкие водоросли *Chaetoceros curvisetus*, *Leptocylindrus danicus*, *Thalassionema nitzschioides*, *Skeletonema costatum*, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Thalassiosira* sp. В величинах биомассы фитопланктона основная роль принадлежала крупным видам диатомовых – *Pseudosolenia calcar-avis* и *Proboscia alata*.

Динофитовые водоросли формировали 8 % численности и 14 % биомассы растительного планктона. По биомассе наибольшее значение имели крупноразмерные представители родов *Ceratium*, *Protoperidinium*, *Gyrodinium*. Ведущую роль по численности играли мелко-клеточные виды родов *Prorocentrum*, *Gyrodinium* и *Gymnodinium*. Количественное развитие динофитовых возрастало в период завершения массового развития диатомовых в июле. Органическое вещество (ОВ), образовавшееся после вспышки численности диатомовых, вероятно, стало фактором, стимулирующим их развитие.

Синезелёные, зелёные и эвгленовые водоросли составили 2 % общей численности и 4 % биомассы. Обилие *E. lanowii* (17 тыс. кл. $\cdot \text{л}^{-1}$) в акватории порта наблюдали в июле в период завершения вегетации диатомовых. Как известно, этот вид положительно реагирует на повышенное содержание ОВ в морской среде и при этом переходит на гетеротрофный рост. Возрастание роли *E. lanowii* в прибрежных водах Чёрного моря отмечали и другие исследователи [7]. В прошлые годы численность этого вида достигала 58 тыс. кл. $\cdot \text{л}^{-1}$, что было связано с высоким уровнем насыщенности вод Новороссийского порта биогенными и органическими веществами [21].

В мае зарегистрирован пик развития фитопланктона в порту (967 тыс. кл. $\cdot \text{л}^{-1}$ и $2.94 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$) (табл. 3). В это время диатомовые формировали 94 % общей численности и 86 % биомассы. Доминировала *Cerataulina pelagica* (83 % численности и 89 % биомассы диатомовых). В незначительном количестве встречены *C. curvisetus*, *L. danicus*, *P. pseudodelicatissima*, *T. nitzschioides*. Динофитовые составили не более 6 % общей численности и 13 % биомассы. Массовыми среди них были виды с небольшим объёмом клеток – *Gyrodinium fusiforme* и *Prorocentrum cordatum* (37 и 29 % численности отдела). Основной вклад в биомассу вносили более крупные виды – *Prorocentrum micans*, *P. compressum*, *Diplopsalis lenticula*, *Ceratium tripos* (14, 8, 18 и 13 % биомассы динофитовых), а также представители родов *Protoperidinium* и *Gyrodinium* (в сумме 31 % биомассы отдела).

Максимальное обилие фитопланктона ($1.5 - 1.9$ млн. кл. $\cdot \text{л}^{-1}$ и $4.1 - 5.7 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$) наблюдалось на акватории у пятой пристани (ст. 1 и 2), что в 1.5 – 2 раза выше средних величин по порту (рис. 2 и 3). Интенсивное развитие фитопланктона на этих станциях способствовало более высокой насыщенности вод растворённым-кислородом (126 %). Минимальные значения численности и биомассы фитопланктона (433 тыс. кл. $\cdot \text{л}^{-1}$ и $1.03 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$) выявлены в восточном районе порта (ст. 6).

Табл. 2 Таксономический состав фитопланктона Новороссийской бухты в 2007 г.
Table 2 Taxonomic composition of the phytoplankton of Novorossiysk Bay in 2007

Таксон	29.05	19.07	5.09	Статус
1	2	3	4	5
Bacillariophyta				
<i>Cerataulina pelagica</i> (Cleve) Hendey	x	x	x	M
<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder		x	x	N
<i>C. compressus</i> Lauder		x	x	N
<i>C. curvisetus</i> Cleve	x	x	x	M
<i>C. insignis</i> Protskina-Lavrenko			x	N
<i>C. scabrosus</i> Protskina-Lavrenko	x	x		N
<i>C. socialis</i> Ostfeld	x	x		N
<i>C. peruvianus</i> Brightwell		x	x	R
<i>Chaetoceros</i> sp.	x	x	x	M
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann et Lewin	x			R
<i>Cyclotella caspia</i> Grunow		x		R
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i> (Bergon) Hasle	x	x	x	N
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve	x	x	x	M
<i>L. minimus</i> Gran	x		x	N
<i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kutzing) Grunow		x		R
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mereschkowsky	x	x	x	M
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. Smith			x	R
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle	x	x	x	M
<i>P. pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle			x	N
<i>P. nitzschia seriata</i> (Cleve) H. Peragallo		x	x	N
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) Sundstrom	x	x		M
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundstrom	x	x	x	M
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve	x	x		M
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky	x	x	x	M
<i>Thalassiosira</i> sp.		x	x	M
Dinophyta				
<i>Ceratium furca</i> (Ehrenberg) Claparede et Lachmann		x	x	N
<i>C. fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin	x	x	x	N
<i>C. tripos</i> (Muller) Nitzsch	x			N
<i>Dinophysis caudata</i> Saville-Kent		x	x	N
<i>D. rotundata</i> Claparede et Lachmann	x	x	x	N
<i>Diplopsalis</i> sp.	x			R
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh	x	x		N
<i>Glenodinium</i> sp.	x			R
<i>Gonyaulax digitalis</i> (Pouchet) Kofoid		x		R
<i>G. spinifera</i> (Claparede et Lachmann) Diesing		x	x	R
<i>Gonyaulax</i> sp.		x		R
<i>Gymnodinium simplex</i> (Lohmann) Kofoid & Swezy	x	x	x	M
<i>Gymnodinium</i> sp.	x	x	x	M
<i>Gyrodinium fusiforme</i> Kofoid et Swezy	x	x	x	M

Обилие фитопланктона (481 тыс. кл. л⁻¹ и 1.72 г·м⁻³) на фоновой станции (ст. 8) почти в 1.7 – 2 раза уступало средним величинам, отмеченным в порту. Как и в акватории порта, доминировала *C. pelagica* (86 % общей численности и биомассы фитопланктона). Среди динофитовых, составляющих 5 % численности и 10 % общей биомассы, интенсивно развивались *Gyrodinium fusiforme*, *Gyrodinium* sp. и *Prorocentrum cordatum* (11, 28 и 39 % численности отдела). Биомассу формировали *Prorocentrum compressum*, *P. micans*, виды родов *Gyrodinium* и *Protopteridinium* (11, 20, 48 и 7 % биомассы отдела).

В июле завершилось массовое развитие планктонных водорослей. В порту величины их численности снизились более чем в 5 раз, биомасса – в 2 раза (190 тыс. кл. л⁻¹; 1.43 г·м⁻³) (табл. 3). Диатомовые формировали 68 % численности и 63 % биомассы фитопланктона. Доминировали *C. pelagica* и *L. danicus* (соответственно 24 и 28 % численности и 24 и 12 % биомассы отдела). На уровне субдоминант развивались мелкоклеточные *Skeletonema costatum*, *P. pseudodelicatissima*, *T. nitzschioides* и представители рода *Chaetoceros* (в сумме 37 % численности отдела). Значительную роль в формировании общих значений биомассы фитопланктона играл крупный вид диатомовых *Pseudosolenia calcar-avis* (51 % биомассы диатомовых). В сравнение с маем возросла роль динофитовых – 22 % от общей численности и 24 % от биомассы фитопланктона.

Продолж. табл. 2

1	2	3	4	5
<i>Gyrodinium</i> sp.	x	x	x	M
<i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein	x		x	R
<i>Prorocentrum compressum</i> (Bailey) Abe ex Dodge	x	x	x	M
<i>P. cordatum</i> (Ostenfeld) Dodge	x	x	x	M
<i>P. micans</i> Ehrenberg	x	x	x	M
<i>Prorocentrum</i> sp.		x		R
<i>Peridinium quinquecorne</i> Abe			x	R
<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech	x	x		R
<i>P. divergens</i> (Ehrenberg) Balech	x	x		R
<i>P. granii</i> (Ostenfeld) Balech		x	x	R
<i>P. pellucidum</i> Bergh		x		R
<i>P. steinii</i> (Jorgensen) Balech	x	x	x	R
<i>P. thorianum</i> (Paulsen) Balech		x		R
<i>Protoperidinium</i> spp.	x	x	x	N
<i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Balech	x	x	x	N
Chrysophyta				
<i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg			x	R
<i>Dinobryon balticum</i> (Schutt) Lemmermann			x	N
<i>Octactis octonaria</i> (Ehrenberg) Hovasse		x	x	R
<i>Emiliania huxleyi</i> (Lohmann) Hay et Mohler		x		M
Euglenophyta				
<i>Eutreptia lanowii</i> Steuer	x	x	x	M
<i>Eutreptia</i> sp.	x	x	x	N
<i>Euglena</i> sp.		x		R
Chlorophyta				
<i>Closterium</i> sp.	x			R
<i>Monoraphidium</i> sp.	x	x		R
<i>Monoraphidium convolutum</i> (Corda) Komárková-Legnerová	x	x		R
<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald		x	x	R
Cyanophyta				
<i>Oscillatoria</i> sp.	x	x	x	N
<i>Lyngbya</i> sp.	x	x	x	N
<i>Lyngbya limnetica</i> Lemmermann	x	x	x	N
Cryptophyta				
<i>Plagioselmis prolonga</i> Butcher ex Novarino	x	x	x	N
<i>P. punctata</i> Butcher	x	x	x	N

Примечание: R – вид, редко встречающийся; N – обычный; M – массовый

Notes: R – species rarely found; N – common; M – in mass

Наиболее интенсивно среди них развивались *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, виды рода *Gymnodinium* (37, 10 и 34 % обилия клеток динофитовых). Основная (14, 18 и 22 %) биомасса динофитовых была сформирована, главным образом, крупноклеточными видами *Ceratium fusus*, *C. furca*,

P. micans. Значительную часть (30 %) биомассы отдела формировали также представители родов *Dinophysis*, *Prorocentrum* и *Protoperidinium*. Представители эвгленовых и зелёных водорослей родов *Monoraphidium* и *Desmodesmus*, показательные для опреснённых вод, формировали 10 % общей численности и 13 % биомассы фитопланктона порта. В значительном количестве (17 тыс. кл. · л⁻¹; 0.17 г·м⁻³) в порту развивался мезосапробный вид эвгленовых водорослей *E. lanowii*, численность которого за пределами порта была на порядок ниже.

Наибольшее обилие фитопланктона (352 тыс. кл. л⁻¹ и 2.49 г·м⁻³) наблюдали в центральном районе порта (ст.4), что почти в 2 раза выше, чем в среднем по порту (рис. 2 и 3). Минимальные величины количественного развития планктонных водорослей (105 тыс. кл. · л⁻¹ и 0.85 г·м⁻³) отмечены в восточном районе порта (ст. 6).

Значения численности и биомассы фитопланктона фоновой станции (71 тыс. кл. · л⁻¹ и 0.8 г·м⁻³) более чем в 1.8 – 2.7 раза уступали величинам, отмеченным на акватории порта. Диатомовые формировали до 31 % численности и 79 % биомассы фитопланктона. Среди них доминировали *C. pelagica*, *L. danicus*, *T. nitzschoides*, виды рода *Chaetoceros* (15, 35, 10 и 15 % численности отдела). В открытой части бухты возросла роль крупноклеточной *Pseudosolenia calcar-avis* (25 % численности и 93 % биомассы отдела). Динофитовые, главным образом *Prorocentrum cordatum*, *P. micans*, виды родов *Gymnodinium*, *Gonyaulax*, *Protoperidinium* составили 65 % общей численности и 19 % биомассы планктонных водорослей.

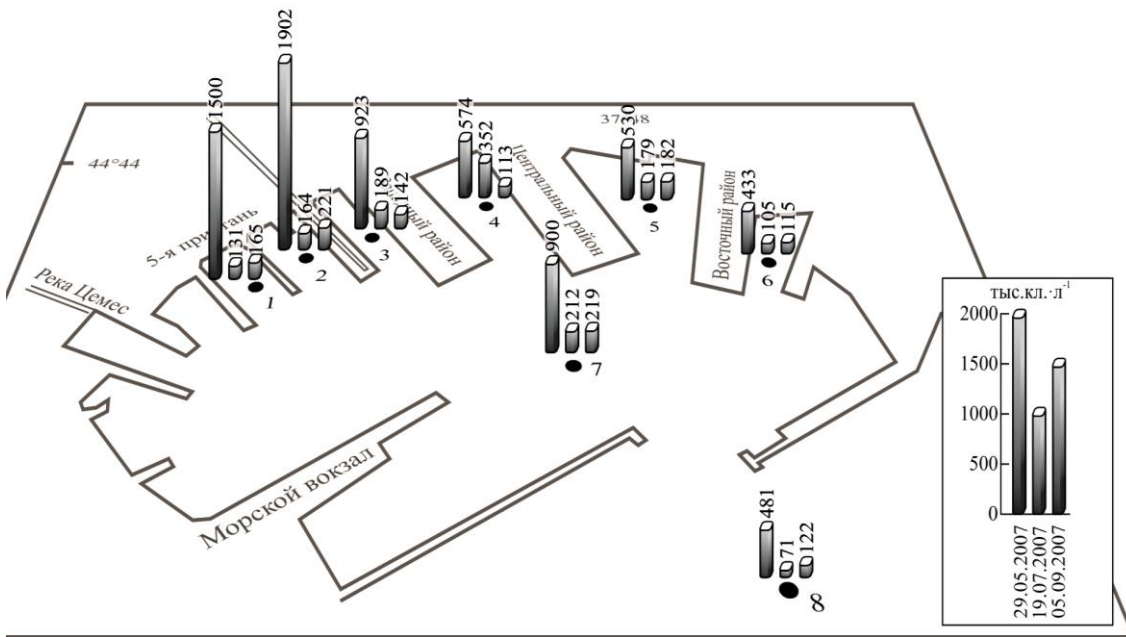


Рис. 2 Величины численности фитопланктона в акватории Новороссийского порта (1 – 7) и за его пределами (8) – фон в разные сезоны 2007 г.

Fig. 2 The values of phytoplankton abundance in the waters of the port of Novorossiysk (1 – 7) and outside (8) in different seasons of 2007

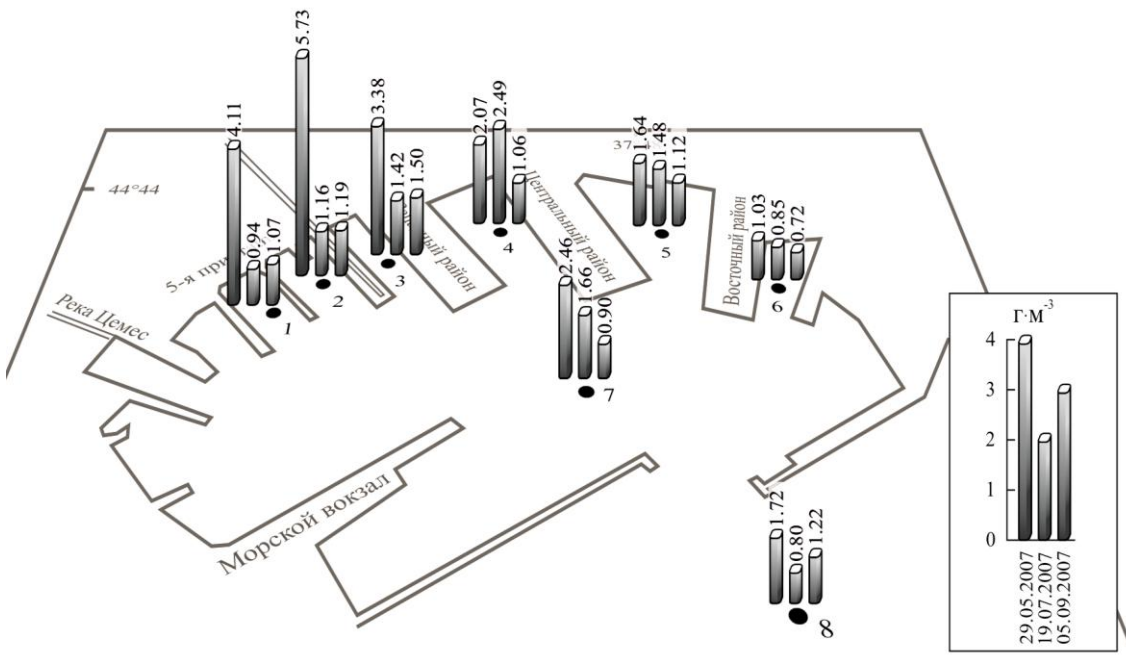


Рис. 3 Величины биомассы фитопланктона в акватории Новороссийского порта (1-7) и за его пределами (8) – фон в разные сезоны 2007 г.

Fig. 3 The values of the biomass of phytoplankton in the water area of the port of Novorossiysk (1-7) and outside (8) in different seasons of 2007

В сентябре численность планктонных водорослей в порту была минимальной (165 тыс. кл. · л⁻¹ и 1.08 г · м⁻³) за весь период исследований (табл. 3). В это время доля диа-

томовых была максимальной и составила 95 и 96 % соответственно численности и биомассы фитопланктона.

Табл. 3 Основные параметры фитопланктона, вегетирующего в Новороссийской бухте в 2007 г.
Table 3 The main parameters of the phytoplankton cells, vegetating in Novorossiysk Bay in 2007

Дата	Численность, тыс. кл. · л ⁻¹ (thousand cells · l ⁻¹)		Биомасса, г · м ⁻³ (g · m ⁻³)		Средний объём клеток, мкм ³ (μ)	
	1 – 7	8	1 – 7	8	1 – 7	8
Дата / станции	1 – 7	8	1 – 7	8	1 – 7	8
29.05	967	481	2.94	1.72	310	360
19.07	190	71	1.43	0.8	760	1130
05.09	165	122	1.08	1.22	660	1010
Среднее за год	441	224	1.82	1.25	577	833

Численно преобладали мелкие виды *Leptocylindrus danicus*, *Thalassiosira* sp., виды рода *Chaetoceros* (48, 18 и 13 % численности отдела). Крупные виды диатомовых – *Proboscia alata* и *Pseudosolenia calcar-avis* формировали основную биомассу фитопланктона (63 %); виды *L. danicus* и *C. pelagica* составили 22 % этих величин. Максимальное развитие планктонных водорослей (220 тыс. кл. л⁻¹) отмечали на ст. 2 и 7, биомассы (1.5 г · м⁻³) – на ст. 3 (рис. 2 и 3), минимальная численность зарегистрирована на ст. 4 и 6 (113 – 115 тыс. кл. л⁻¹), биомасса (0.72 и 0.90 г · м⁻³) – на ст. 6 и 7.

Вследствие интенсивного развития крупного вида *Proboscia alata*, составившей 45 % и 87 % численности и биомассы фитопланктона, значения биомассы фоновой станции (1.22 г · м⁻³) несколько превышали средние показатели по порту. При этом значения численности водорослей за пределами порта (122 тыс. кл. · л⁻¹) уступали портовым показателям в 1.3 раза. На уровне субдоминант вегетировали *Leptocylindrus danicus*, *Thalassiosira* sp., виды рода *Chaetoceros* (28, 11 и 8 % численности отдела). Динофитовые водоросли формировали не более 2 и 3 % общих значений численности и биомассы планктонного сообщества.

Средний объём клеток планктонных водорослей в средней части Новороссийской бухты в период исследований был в 1.5 раза выше, чем в порту Новороссийск (табл. 3). Доминирование в порту более мелких видов водорослей по сравнению с открытыми водами бухты указывает на более высокий уровень продукционных процессов, протекающих в этой Морський екологічний журнал, № 2, Т. XIII, 2014

акватории моря вследствие, как показано выше, большей биогенной насыщенности вод.

Выводы. 1. Результаты гидрохимических и гидробиологических исследований, выполненных в период май – сентябрь 2007 г. в акватории Новороссийского порта и за его пределами, показали, что распределение фитопланктона напрямую зависит от содержания в воде минеральных и органических форм биогенных элементов. Отмечена положительная корреляция между распределением количественных величин планктонных водорослей и биогенных элементов. **2.** В Новороссийской бухте наблюдалось значительное превышение величин биогенных элементов в водах порта по сравнению с фоном. Для минеральных и органических форм фосфора и кремния превышение составляло более чем в 2 раза, для минеральных форм азота – 1.5 раза. Наблюдалось также значительное увеличение показателей биохимического потребления кислорода. **3.** В период «цветения» планктонных водорослей воды порта были максимально насыщены кислородом (123 %). Наиболее высокие концентрации биогенных элементов в акватории порта отмечены в мае (PO₄ – 0.006, NO₃ – 0.031, NO₂ – 0.003, Urea – 0.039 мг дм⁻³), тогда же наблюдали вспышку развития фитопланктона вследствие вегетирования *Cerataulina pelagica* (967 тыс. кл. · л⁻¹ и 2.94 г · м⁻³). **4.** Максимальное развитие планктонных водорослей (514 тыс. кл. · л⁻¹ и 2.07 г · м⁻³), а также наиболее высокие концентрации биогенных элементов (в среднем за весь период: PO₄ – 0.006, NO₃ – 0.011, NO₂ – 0.002, Urea – 0.018 мг дм⁻³) выявлены в акватории западного и центрального районов порта,

отнесённой нами к категории мезотрофных. Минимальные численность и биомасса фитопланктона (246 тыс. кл. · л⁻¹ и 1.18 г · м⁻³), а также низкий уровень биогенных веществ (в среднем

за исследуемый период PO₄ – 0.003, NO₃ – 0.005, NO₂ – 0.001, Urea – 0.011 мг дм⁻³) зафиксированы в восточной части порта и на фоновой станции (ст.5, 6, 8).

1. *Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П.* Водоросли. Справочник. – Киев: НД, 1989. – 608 с.
2. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР.* – СПб: Гидрометеоздат, – 1991. – 4, Вып. 1. – 430 с.
3. *Жукова С. В., Шишкин В. М., Куропаткин А. П., Лутынская Л. А., Фоменко И. Ф., Подмарева Т. И.* Пространственно-временная изменчивость факторов гидрометеорологического режима северо-восточной части Чёрного моря в 2007 // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Сб. научн. тр. (2006-2007 гг.). – Ростов на Дону: ООО «Диапазон», 2008. – С. 76 – 85.
4. *Кольцова Т. Н., Лихачева Н. Е., Федоров В. Д.* О количественной обработке проб фитопланктона // Биол. Науки. – 1979. – № 6. – С. 96 – 100.
5. *Коновалова Т. В., Орлова Т. Ю., Паутова Л. А.* Атлас фитопланктона Японского моря. – Л.: Наука, 1989. – 160 с.
6. *Киселев Н. А.* Панцирные жгутиконосцы. – М.: Л.: АН СССР, 1950. – 280 с.
7. *Нестерова Д. А., Василенко Л. С.* Фитопланктон мелководных заливов Чёрного моря // Экология моря. – 1986. – Вып. 10. – С. 24-30.
8. *Оксиук О. П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П.* Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. – 1993. – 29, № 4. – С. 62 – 91.
9. *Официальный сайт ФГУ АМПН,* <http://www.ampnovo.ru/>
10. *Прошкина-Лавренко А.И.* Диатомовые водоросли планктона Чёрного моря. – М.: АН СССР, 1955. – 216 с.
11. *Руководство по химическому анализу морских вод.* РД 52.10.243. – С.-Петербург: Гидрометеоздат, 1993. – 264 с.
12. *Селифонова Ж. П., Якушев Е. В., Часовников В. К., Ясакова О. Н., Антипова Е. А.* Планктон Новороссийской бухты Чёрного моря в июле 2005 г.: таксономический состав, биомасса и их связь с гидрохимической структурой вод // Экосистемные исследования Азовского, Чёрного и Каспийского морей. – Апатиты: ММБИ КНЦ РАН, 2006. – 8. – С. 90 – 103.
13. *Сеничкина Л. Г.* Численность и видовой состав фитопланктона Новороссийской бухты. – Гидрологические исследования и охрана недр. – М.: ООО Геоинформцентр, 2002. – Вып. 2. – С. 50 – 57.
14. *Сеничкина Л. Г., Чепурнова Э. А., Куфтаркова Е. А., Ковригина Н. П.* Влияние хозяйственно-бытового загрязнения на гидробиологический и гидрохимический комплекс прибрежной зоны Чёрного моря // Изменчивость экосистемы Чёрного моря. Естественные и антропогенные факторы. – М.: Наука, 1991. – С. 322 – 327.
15. *Современные методы гидрохимических исследований океана /* Под ред. Бордовского О.К., Черняковой А.М. – Москва: ИО РАН. 1992. – 253 с.
16. *Сорокин Ю.И.* К методике концентрирования фитопланктона // Гидробиол. журн. – 1979. – №2. – С. 71 – 76.
17. *Фёдоров В. Д.* О методах изучения фитопланктона и его активности. – М.: МГУ, 1979. – С. 106 – 108.
18. *Цыбань А. В.* Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. – 191 с.
19. *Шмидт В. М.* Математические методы в ботанике. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 288 с.
20. *Ясакова О. Н.* Планктон портовой акватории Новороссийской бухты Чёрного моря в условиях антропогенного эвтрофирования вод. Фитопланктон // Экосистемные исследования Азовского, Чёрного и Каспийского морей. ММБИ КНЦ РАН. Апатиты. 2007. – 9. – С. 95 – 100.
21. *Ясакова О. Н.* Многолетние исследования фитопланктона Новороссийской бухты Чёрного моря // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата: тезисы докл. межд. симпозиума (Астрахань 18 – 20 апреля 2007 г.). – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2007. – С. 249 – 252.
22. *Clarke K. P., Warwick R. M.* Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. – Bournemouth: Natural Environment Res. Council, 1994. – 144 p.
23. *Dodge J. D.* Marine dinoflagellates of the British Isles. – London: HMSO, 1982. – 301 p.
24. *Tomas C. (ed.)* Identifying marine phytoplankton. – San Diego, CA. Acad. Press. Harcourt Brace Company, 1997. – 821 p.

Поступила 09 сентября 2013 г.
После доработки 14 марта 2014 г.

Вплив гідрохімічного режиму на розвиток фітопланктону в акваторії Новоросійського порту (Чорне море). О. Н. Ясакова, В. К. Часовников. Представлено результати дослідження таксономічного складу та кількісного розвитку фітопланктону і гідрохімічних параметрів води у зоні впливу Новоросійського порту та за його межами в період весна – літо – осінь 2007 р. Виявлено 70 видів фітопланктону. Встановлено, що видове різноманіття (56 видів) фітопланктону влітку на 25 % вище, ніж навесні і восени. «Цвітіння» води відмічено у травні (905.5 тис. кл. · л⁻¹, 2.767 г · м⁻³). Пізніше середня величина чисельності скоротилася більше ніж у 5 разів, біомаса – майже у 2 рази. Велика кількість планктонних водоростей в західній і центральній частині порту було в 1.5 рази вище, ніж на іншій досліджуваній акваторії. Тут же були відзначені найбільш високі концентрації біогенних речовин.

Ключові слова: чисельність і біомаса фітопланктону, біогенна насиченість, порт Новоросійськ, Чорне море.

Effect of hydro-chemical state on the development of phytoplankton in Novorossiysk port (the Black Sea). O. N. Yasakova, V. K. Chasovnikov. The qualitative structure and quantitative development of the phytoplankton and hydro-chemical parameters of water in the port of Novorossiysk and open part of the bay during the spring – summer – autumn of 2007 have been studied. In total 70 species of the phytoplankton were found. Their species number (56) was found to be greater in summer; it is 25 % higher than in the spring and autumn. The maximal abundance and biomass of the phytoplankton (905.5 thousand cell/l; 2.767 g/m³) were fixed in May. These values in summer and autumn were 5 times lower, biomass - 2 times lower. The abundance of the phytoplankton in the western and central parts of the port was in 1.5 times higher than in open part of the bay. Biological index was correlated with hydro-chemical structure of the water and the highest concentration of nutrition elements was marked there.

Key words: abundance and biomass of the phytoplankton, nutrition elements, port of the Novorossiysk, Black Sea.