

ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ В ТАГАНРОГСКОМ ЗАЛИВЕ В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2024 г.

А.С. Михалко^{1,2}, *А.В. Подобедова*^{1,2}, *В.В. Саяпин*¹

¹ Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук, Ростов-на-Дону

² Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
mihalko@ssc-ras.ru, podobedova@ssc-ras.ru, gammarus75@mail.ru

Аннотация. В работе приведены результаты исследований продукционно-деструкционных процессов в планктонном сообществе кутовой части Таганрогского залива, проведенных в апреле и июне 2024 г. Показано изменение интенсивности продукции и деструкции на стандартных горизонтах, соответствующих 0; 0,5; 1; 2 и 3 прозрачности воды по диску Секки. Отмечена большая интенсивность продукционно-деструкционных процессов в раннелетнее время, по сравнению с весенним. Также замечено увеличение их интенсивности, сопровождающееся уменьшением значений чистой продукции планктона на станциях с большей соленостью. Проведено сравнение результатов, полученных в исследованиях этого года, с данными из кутовой и средней частей Таганрогского залива в 2018, 2019 и 2020 гг. Отмечено, что осенью 2020 г. в кутовой части залива исследуемые показатели были сходны с июньскими показателями этого года. Результаты, полученные в июле 2018 и апреле 2019 г., значительно отличаются. Отмечен сходный характер изменения продукции с глубиной (плавное уменьшение) на всех станциях, где работы проводились летом и в начале осени. Показано их отличие от тех станций, которые исследовались весной и для которых подобная закономерность не отмечена. Выявлено, что при сравнении наших результатов с литературными данными за 2008–2010 гг. видно, что весной – летом 2024 г. значения валовой первичной продукции превышали средние значения 2008–2010 гг., $-0,890 \text{ г С/м}^3\cdot\text{сут}$.

Ключевые слова: продукция, деструкция, планктонное сообщество, Таганрогский залив.

Введение. Изучение первичной продукции является важной составляющей комплексных исследований водоемов. Ни численность (плотность) организмов, ни их биомасса не дают полного представления о скорости оборота органического вещества и потока энергии через сообщества гидробионтов. К настоящему времени накоплен значительный объем данных по первичной продукции пресных водоемов, в первую очередь озер и водохранилищ. Немногом менее подробно изучены продукционные процессы в морских водоемах [1–6]. В то же время изучение продукции фитопланктона Азовского моря имеет ряд особенностей, обусловленных как гидрологическими и гидрохимическими особенностями таких водоемов, так и биотическими факторами.

Материалы и методы. В 2024 г. исследование продукционно-деструкционных процессов в планктонном сообществе Таганрогского залива проводилось в ходе апрельского и июньского рейсов НИС «Профессор Панов» (рис. 1).

Экспонирование проводилось непосредственно в водоеме при помощи гирлянды, по стандартным горизонтам, хотя горизонт 0,5 прозрачности выделялся не на всех станциях.

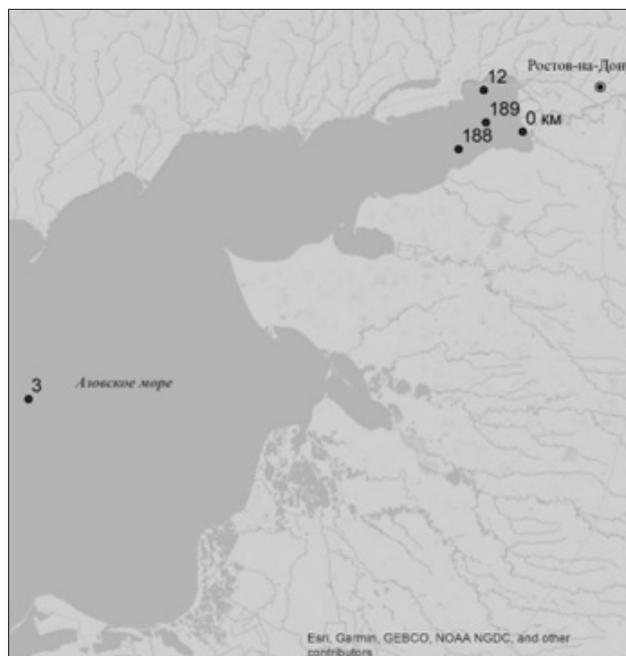


Рис. 1. Район работ и станции постановки экспериментов

Экспонирование начиналось не раньше чем спустя 1 час после восхода Солнца и не позже чем за один час до его захода.

При постановке экспериментов фиксировалось начальное содержание кислорода для каждой станции и для каждого горизонта.

Экспозиция продолжалась в течение 2–3 часов в апреле и 1–2 часов – в июне. После экспонирования проводилась фиксация содержания кислорода и его определение по стандартной методике [4; 7].

Расчет величин продукции и деструкции проводился по следующим формулам:

$$P_{\text{вал}} = C_c - C_t/t; \quad (1)$$

$$P_{\text{чист}} = P_{\text{вал}} - D; \quad (2)$$

$$D = C_{\text{си}} - C_c/t \quad (3)$$

где $P_{\text{вал}}$ – валовая продукция фитопланктона ($\text{мгO}_2/\text{л}\cdot\text{ч}$), $P_{\text{чист}}$ – чистая продукция ($\text{мгO}_2/\text{л}\cdot\text{ч}$), D – деструкция ($\text{мгO}_2/\text{л}\cdot\text{ч}$), $C_{\text{си}}$ – концентрация O_2 в начальной склянке (мг/л), C_c – концентрация O_2 в светлой склянке после конца экспозиции (мг/л), C_t – концентрация O_2 в темной склянке после конца экспозиции (мг/л), t – время экспозиции в часах [3].

При пересчете в мг С использовался коэффициент 0,36 [7].

Величины продукции для суточного цикла рассчитывались путем экстраполяции величины,

полученной для одного часа экспозиции на продолжительность светового дня для данной широты, в данное время года, за вычетом 2 часов (1 час после восхода и 1 час до захода Солнца) [6]. Величины деструкции для суточного цикла рассчитывались путем умножения величин, полученных для одного часа эксперимента на 24 часа. Расчет суммарной продукции в водном слое под квадратным метром поверхности производился как для фотического слоя (3,5 прозрачности по диску Секки), так и для всего слоя воды, до дна.

Результаты. В период исследований (апрель 2024 г.) в районе ст. 188 в планктонном сообществе Таганрогского залива продукционные процессы доминировали над деструкционными в светлое время суток, на всех горизонтах постановки склянок (табл. 1). В суточном цикле значения чистой продукции становились отрицательными в поверхностном слое и слое, соответствующем трем прозраностям по диску Секки (3,0 м). Изменение интенсивности продукционно-деструкционных процессов и значений продукции и деструкции на разных горизонтах показаны на рисунке 2.

Таблица 1. Значения продукции и деструкции в планктонном сообществе Таганрогского залива на ст. 188, 13.04.2024 г., в светлое время суток

Горизонт	$P_{\text{вал}}$, $\text{мг O}_2/\text{л}\cdot\text{ч}$	D , $\text{мг O}_2/\text{л}\cdot\text{ч}$	$P_{\text{чист}}$, $\text{мг O}_2/\text{л}\cdot\text{ч}$
Поверхность, 0,0–0,15 м	0,1004	0,0935	0,0069
1 прозрачность по диску Секки, 1,0 м	0,1624	0,0393	0,1231
2 прозрачности по диску Секки, 2,0 м	0,1120	0,0382	0,0738
3 прозрачности по диску Секки, 3,0 м	0,0471	0,0295	0,0176

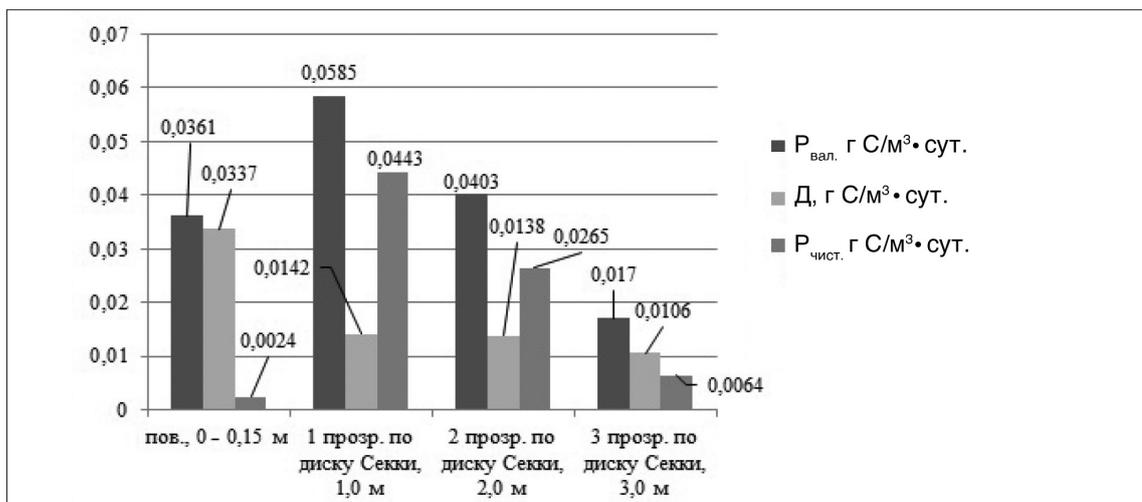


Рис. 2. Значения продукции и деструкции в планктонном сообществе Таганрогского залива на ст. 188, 13.04.2024, в суточном цикле

В целом в фотическом слое продукция доминирует над деструкцией. Но при расчете величин деструкции на всю глубину значения чистой продукции становятся отрицательными (рис. 3).

В этот же период в районе ст. 189 в планктонном сообществе наблюдалось доминирование де-

струкционных процессов над продукционными на всех горизонтах, кроме поверхностного, как в светлое время суток, так и в суточном цикле (табл. 2, рис. 4). Доминирование продукции наблюдалось как для фотического слоя, так и для всего слоя воды, под м² (рис. 3).

Таблица 2. Значения продукции и деструкции, в планктонном сообществе Таганрогского залива на ст. 189, 13.04.2024, в светлое время суток

Горизонт	$P_{вал}$, мг O ₂ /л·ч	Д, мг O ₂ /л·ч	$P_{чист}$, мг O ₂ /л·ч
Поверхность, 0,0–0,15 м	0,1209	0,1126	0,0083
½ прозрачности по диску Секки, 0,5 м	0,0817	0,0826	-0,0009
1 прозрачность по диску Секки, 1,0 м	0,0571	0,0641	-0,007
2 прозрачности по диску Секки, 2,0 м	0,000	0,0065	-0,0065
3 прозрачности по диску Секки, 3,0 м	0,0048	0,0288	-0,024

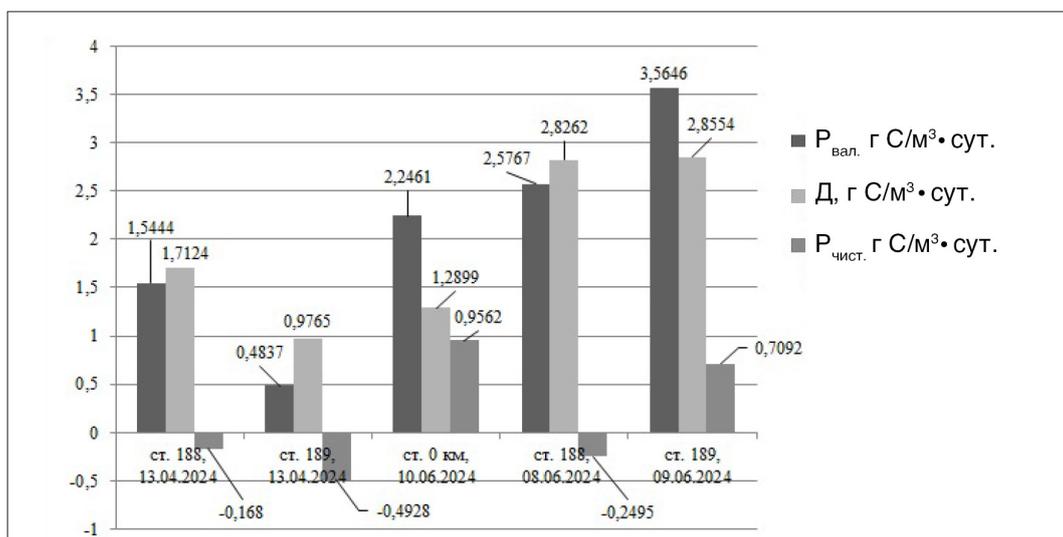


Рис. 3. Значения продукции и деструкции, в планктонном сообществе Таганрогского залива, на различных станциях, в апреле и июне 2024 г., в суточном цикле

В начале июня 2024 г. в районе ст. 188 в планктонном сообществе на всех горизонтах в светлое время суток продукционные процессы доминировали над деструкционными (табл. 3). В суточном цикле, в слое, соответствующем трем прозраностям по диску Секки (1,2 м), значения чистой продукции

становятся отрицательными (рис. 5). В целом для фотического слоя доминирование продукции над деструкцией сохраняется. Но при расчете деструкции на всю глубину картина меняется и доминирующими становятся деструкционные процессы (рис. 3).

Таблица 3. Значения продукции и деструкции, в планктонном сообществе Таганрогского залива на ст. 188, 8.06.2024, в светлое время суток

Горизонт	$P_{вал}$, мг O ₂ /л·ч	Д, мг O ₂ /л·ч	$P_{чист}$, мг O ₂ /л·ч
Поверхность, 0,0–0,15 м	0,5633	0,0605	0,5028
1 прозрачность по диску Секки, 0,4 м	0,3535	0,0702	0,2833
2 прозрачности по диску Секки, 0,8 м	0,1795	0,0296	0,1499
3 прозрачности по диску Секки, 1,2 м	0,1437	0,0849	0,0588

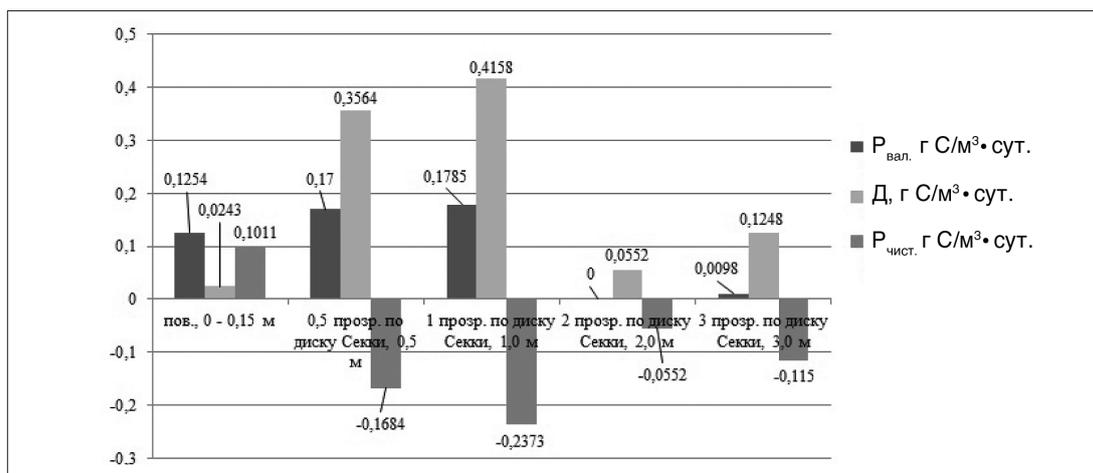


Рис. 4. Значения продукции и деструкции, в планктонном сообществе Таганрогского залива на ст. 189, 13.04.2024, в суточном цикле

В районе ст. 189 в светлое время суток продукционные процессы в планктонном сообществе доминировали над деструкционными на всех горизонтах постановки склянок, за исключением горизонта 2,4 м (три прозрачности по диску Секки)

(табл. 4). Эта же картина наблюдается и в суточном цикле (рис. 5). В целом как в фотическом слое, так и во всём слое воды, под м², на этой станции в период исследования наблюдались положительные значения чистой продукции (см. рис. 3).

Таблица 4. Значения продукции и деструкции в планктонном сообществе Таганрогского залива на ст. 189, 9.06.2024 г., в светлое время суток

Горизонт	$P_{вал}$, мг O ₂ /л·ч	D , мг O ₂ /л·ч	$P_{чист}$, мг O ₂ /л·ч
Поверхность, 0,0–0,15 м	0,4429	0,1538	0,2891
1 прозрачность по диску Секки, 0,8 м	0,3763	0,0838	0,2925
2 прозрачности по диску Секки, 1,6 м	0,1880	0,0761	0,1119
3 прозрачности по диску Секки, 2,4 м	0,1076	0,1257	-0,0181

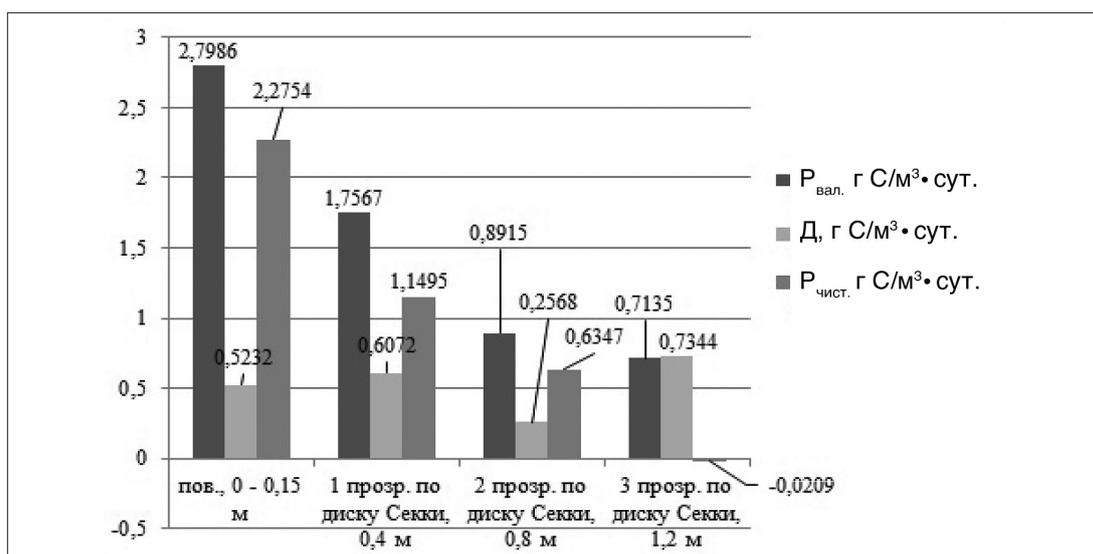


Рис. 5. Значения продукции и деструкции в планктонном сообществе Таганрогского залива на ст. 188, 08.06.2024, в суточном цикле

При проведении эксперимента на станции 0 км 10.06.2024 г. корректные данные были получены для поверхностного слоя воды и горизонта, соответствующего трем прозрачностям по диску Секки. Результаты, полученные на этих горизонтах, были экстраполированы на весь слой воды. В светлое время суток на обоих горизонтах продукционные

процессы доминировали над деструкционными. В суточном цикле на придонном горизонте деструкция начинает доминировать над продукцией, но так как их интенсивность здесь сильно уступает поверхностному горизонту, то и в фотическом слое, и во всем столбе воды значения чистой продукции остаются положительными (табл. 5, рис. 3).

Таблица 5. Значения продукции и деструкции, в планктонном сообществе Таганрогского залива, на ст. 0 км, 10.06.2024, в светлое время суток

Горизонт	$P_{вал.}$ мг O_2 /л·ч	$D,$ мг O_2 /л·ч	$P_{чист.}$ мг O_2 /л·ч
Поверхность, 0,0–0,15 м	0,3706	0,1049	0,2657
3 прозрачности по диску Секки, 2,4 м.	0,1528	0,0121	0,1407

Сравнивая данные, полученные в одних и тех же районах Таганрогского залива весной и в начале лета, можно увидеть, что интенсивность продукционно-деструкционных процессов в планктонном сообществе закономерно выше в июне, чем в апреле. Весной продукционные процессы шли активней на ст. 188, а летом – на ст. 189. При этом только на последней станции в июне наблюдались положительные значения чистой продукции в слое воды, под м². И только на этой же станции в апреле наблюдалось доминирование деструкционных процессов над продукционными

в фотическом слое (рис. 3). Это может свидетельствовать о большем сезонном разбросе условий существования планктонного сообщества, чем на ст. 188.

В июне было замечено усиление интенсивности продукционно-деструкционных процессов с увеличением солёности. При этом значения чистой продукции были максимальными на пресноводной станции 0 км, а минимальными – в зоне смешения пресной и солоноватой воды, в районе ст. 188. На ст. 189 наблюдались промежуточные значения, но ближе к отмеченным на 0 км (рис. 3).

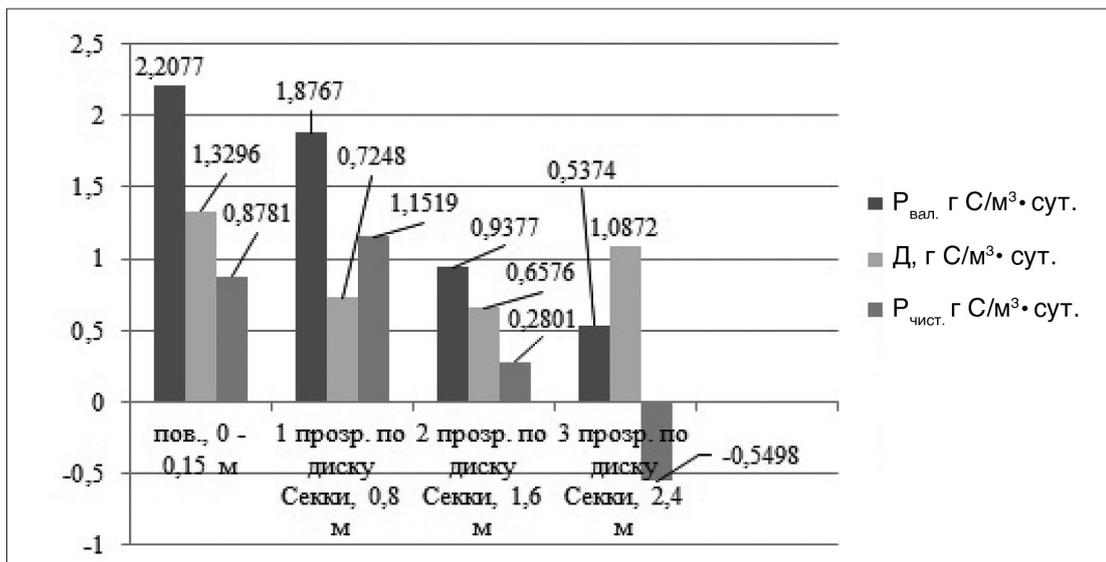


Рис. 6. Значения продукции и деструкции в планктонном сообществе Таганрогского залива на ст. 189, 09.06.2024, в суточном цикле

Было проведено сравнение результатов, полученных нами в 2024 г., с данными различных сезонов прошлых лет. Сравнивались показатели

продукции и деструкции в фотическом слое, под квадратным метром поверхности, в суточном цикле. При этом использовались данные, полученные

на ст. 12, находящейся на траверсе ст. 188, но ближе к северному побережью (рис. 1). Продукция и деструкция планктона изучались в этом районе в июле 2018 и сентябре 2020 г. (рис. 7, 9). Было отмечено, что значения продукции и деструкции были сходны с полученными в июле этого года. В июле 2018 г. на этой станции отмечалась гораздо большая интенсивность продукционно-деструкционных процессов, максимальная за весь период наших исследований. В то же время значение чистой продукции здесь было минимальным (рис. 7). Также большая интенсивность продукционно-деструкционных процессов при меньших значениях чистой продукции наблюдалась 13 апреля

2019 г. на ст. 3, расположенной в центральной части залива (рис. 8). Был выявлен сходный характер распределения значений валовой и чистой продукции по горизонтам, полученных летом и осенью в разные годы. Он характеризуется плавным понижением, с увеличением глубины и уменьшением освещенности. На станциях, где работы велись в весеннее время, такой закономерности не наблюдалось (рис. 2–5, 7–9).

При сравнении наших результатов с данными Е.В. Ермолаевой видно, что весной – летом 2024 г. значения валовой первичной продукции превышали средние значения 2008–2010 гг., $-890 \text{ г С/ м}^3 \text{ сут.}$ [8].

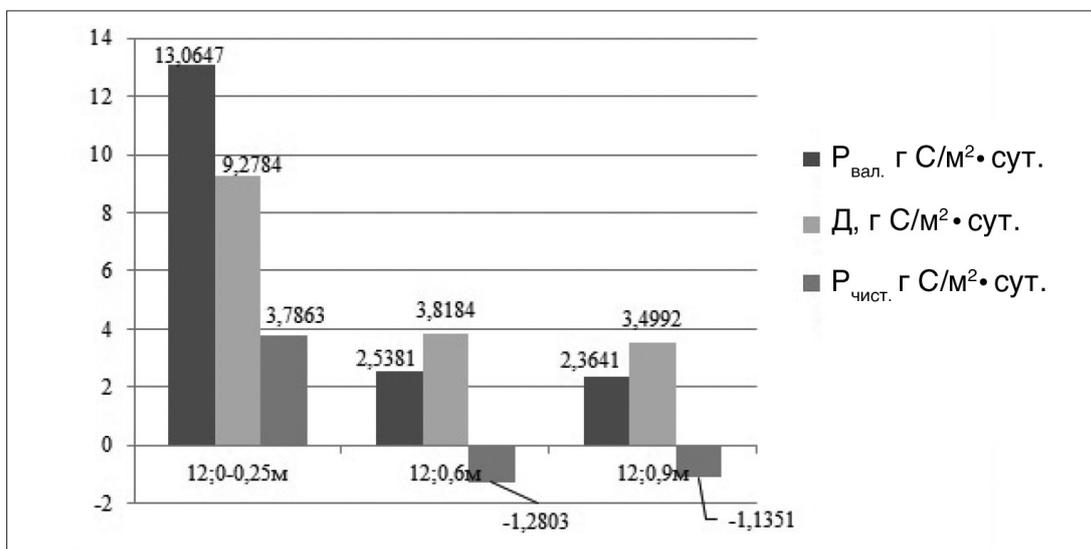


Рис. 7. Значения продукции и деструкции, в планктонном сообществе Таганрогского залива на ст. 12, 28.07.2018, в суточном цикле

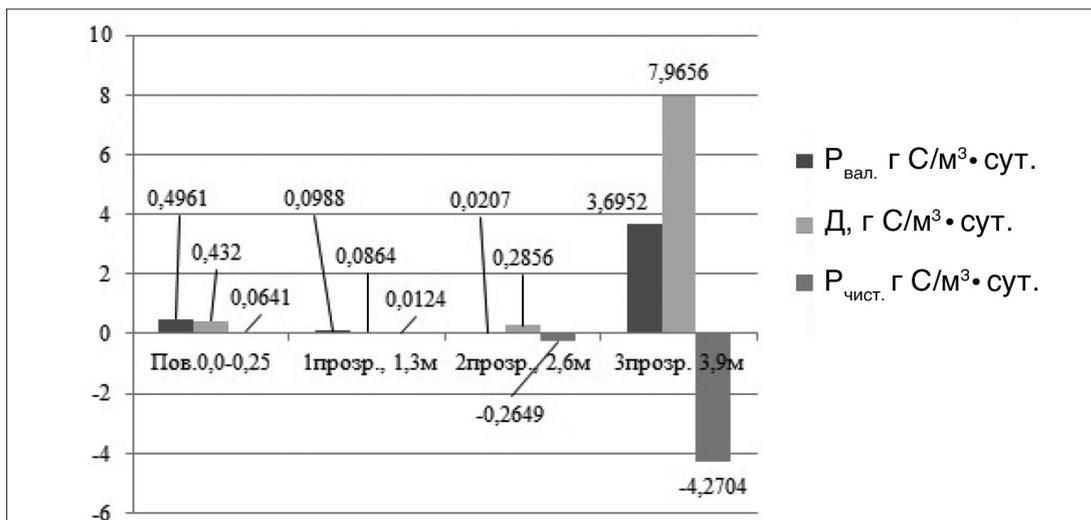


Рис. 8. Значения продукции и деструкции, в планктонном сообществе Таганрогского залива на ст. 3, 13.04.2019, в суточном цикле

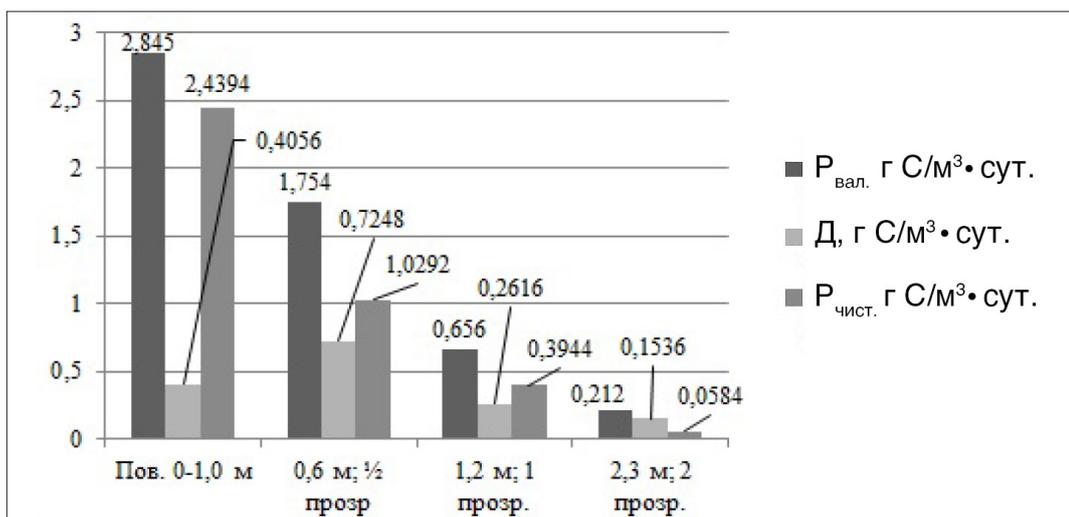


Рис. 9. Значения продукции и деструкции в планктонном сообществе Таганрогского залива на ст. 12, сентябрь 2020, в суточном цикле

Работа выполнялась в рамках тем НИР ГЗ ЮНЦ РАН: № госрегистрации 122011900153–9, направление ПФНИ 1.5.9.4; НИР ГЗ ЮНЦ РАН № 122103100027–3.

Список литературы

1. Биологическая продуктивность северных озер. 1. Озера Кривое и Круглое. (Тр. Зоол. ин-та). Л.: Наука (Ленинградское отделение). 1975. Т. LVI. 228 с.
2. Биологическая продуктивность северных озер. 2. Озера Зеленецкое и Акулькино. (Тр. Зоол. ин-та). Л.: Наука (Ленинградское отделение), 1975. Т. LVII. 182 с.
3. Бульон В.В. Первичная продукция планктона внутренних водоемов / отв. ред. Г.Г. Винберг. (Тр. Зоол. ин-та, т. 98). Л.: Наука (Ленинградское отделение), 1983. 128 с.
4. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 146 с.
5. Макаревич П.Р. Первичная продукция Баренцева моря // Вестник МГТУ (Труды Мурманского государственного технического университета), 2012. Т. 15, № 4. С. 786–793.
6. Суханова И.Н., Флинт М.В., Мошаров С.А., Сергеева В.М. Структура сообществ фитопланктона и первичная продукция в Обском эстуарии и на прилежащем Карском шельфе // Океанология. М.: Наука, 2010. Т. 50. № 5. С. 785–800.
7. Абакумов В.А. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. С. 245–266.
8. Ермолаева Е.В. Распределение и сезонная динамика продукции и деструкции органического вещества в Азовском море в 2008–2010 гг. // Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна. Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. С. 131–140.

PRODUCTIVE AND DESTRUCTIVE PROCESSES OF PLANKTON COMMUNITIES
IN TAGANROG BAY IN THE SPRING-SUMMER PERIOD 2024

A.S. Mikhalko^{1,2}, A.V. Podobedova^{1,2}, V.V. Sayapin¹

¹Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don

²Southern Federal University, Rostov-on-Don

mihalko@ssc-ras.ru, podobedova@ssc-ras.ru, gammarus75@mail.ru

Abstract: The paper presents the results of production and destruction processes investigations in the plankton community in the apex of the Taganrog Bay, conducted in April and June 2024. The changes in the production and destruction intensity at standard horizons corresponding to 0; 0,5; 1; 2 and 3 times of the transparency of water according to the Secchi disk is shown. There is a high intensity of production and destruction processes in early summer, compared with spring. An increase in their intensity was also noted, accompanied by a decrease in the values of net plankton production at stations with higher salinity. The results obtained in this year's studies were compared with data from the apex and middle parts of the Taganrog Bay in 2018, 2019 and 2020. It was noted that in the autumn of 2020, in the apex of the bay, the investigated indicators were similar to the June indicators of this year, the results obtained in July 2018 and April 2019, differs significantly. A similar pattern of product changes with depth (smooth decrease) was noted at all stations where work was carried out in summer and early autumn. Their difference from those stations that were investigated in the spring, and for which a similar pattern was not noted, was shown. It was revealed that when we compared our results with the literature data for 2008–2010, we saw that in the spring – summer of 2024, the values of gross primary production exceeded the average values of 2008–2010, $-0,890 \text{ gC/ m}^3\cdot\text{day}$.

Keywords: Production, destruction, plankton community, Taganrog Bay.

References

1. *Biologicheskaya produktivnost' severnyh ozyor. 1. Ozyora Krivoe i Krugloe. (Tr. Zool. in-ta). [Biological productivity of the northern lakes. 1. The lakes Krivoe and Krivoe. (Proceedings of the Zoological Institute)].* 1975. Leningrad, "Nauka" (Leningradskoe otdelenie). LVI. 228 p. (In Russian).
2. *Biologicheskaya produktivnost' severnyh ozyor. 2. Ozyora Zeleneckoe i Akul'kino (Tr. Zool. in-ta). [Biological productivity of the northern lakes. 2. Lakes Zelenetskoye and Akulkino (Proceedings of the Zoological Institute)].* 1975. Leningrad, "Nauka" (Leningradskoe otdelenie). LVII. 182 p. (In Russian).
3. Bul'ov V.V. 1983. Pervichnaya produkciya planktona vnutrennih vodoemov. [Primary production of plankton of inland reservoirs], otv. red. G.G. Vinberg (Tr. Zool. in-ta). Leningrad., "Nauka": 128 p. (In Russian).
4. Alimov A.F. 1989. Vvedenie v produkcionnyu gidrobiologiyu. [Introduction to Production Hydrobiology]. Leningrad., "Gidrometeoizdat": 146 p. (In Russian).
5. Makarevich P.R. 2012. [Primary products of the Barents Sea]. Pervichnaya produkciya Barenceva morya. *Vestnik MGTU (Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta)*. 15(4): 786–793. (In Russian).
6. Suhanova I.N., Flint M.V., Mosharov S.A., Sergeeva V.M. 2010. [The structure of phytoplankton communities and primary products in the Ob estuary and on the adjacent Kara shelf]. *Struktura soobshchestv fitoplanktona i pervichnaya produkciya v Obskom estuarii i na prilizhashchem Karskom shelfe. Okeanologiya*. Moscow, "Nauka". 50(5): 785–800. (In Russian).
7. Abakumov V.A. 1992. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnyh ekosistem. [Guidelines for hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems]*. Saint-Petersburg, "Gidrometeoizdat": 245 – 266. (In Russian).
8. Ermolaeva E.V. 2012. [Distribution and seasonal dynamics of organic matter production and degradation in the Sea of Azov in 2008-2010]. *Raspredelenie i sezonnaya dinamika produkci i destrukcii organicheskogo veshchestva v Azovskom more v 2008–2010 gg. Ekosistemnye issledovaniya sredi i bioty Azovskogo bassejna*. Rostov-on-Don, Publ. SSC RAS: 131–140. (In Russian).