



ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦИОННО-ДЕСТРУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА И АВАНДЕЛЬТЕ РЕКИ ДОН В 2025 ГОДУ

¹Михалко А. С. ORCID ID 0009-0008-3502-6776,

¹Подобедова А. В. ORCID ID 0009-0009-9510-5326,

²Решетняк О. С. ORCID ID 0000-0001-7160-2461,

¹Саяпин В. В. ORCID ID 0000-0003-3917-2013,

¹Сазонов А. Д. ORCID ID 0000-0002-1700-9314

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

«Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук»,
Ростов-на-Дону, Российская Федерация, e-mail: mihalko@ssc-ras.ru;

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Статья посвящена изучению продукционно-деструкционных процессов в Таганрогском заливе Азовского моря, что является важной геоэкологической задачей комплексного исследования экосистем южных водоемов в условиях высокой эвтрофикации и изменения солености воды. Целью исследования является оценка характеристик первичной продукции фитопланктона и деструкции органического вещества в водной толще восточной части Таганрогского залива и в авандельте р. Дон в 2025 г. на основе экспедиционных наблюдений. Материалом послужили данные экспериментов по определению продукции и деструкции скляночным методом в кислородной модификации, полученные в ходе четырех рейсов 2025 г. Максимальная активность продукционных процессов наблюдалась в августе, минимальная – в декабре, что согласуется с литературными данными. Средние показатели валовой первичной продукции в исследованный период превышали значения, характерные для 2008–2010 гг. Выявлены различия в вертикальном распределении продукционно-деструкционных показателей в зависимости от месяца и района обследования. Увеличение солености Азовского моря на данный момент не привело к снижению продуктивности в обследованном районе. Полученные новые данные о продуктивности Таганрогского залива Азовского моря могут быть использованы при оценке современного эколого-гидрохимического состояния водоема и разработке мероприятий по сохранению биоресурсов.

Ключевые слова: Таганрогский залив, Азовское море, авандельта Дона, первичная продукция, соленость воды, деструкция органического вещества, продукционно-деструкционные процессы, прозрачность

CHARACTERISTICS OF PRODUCTION-DESTRUCTION PROCESSES IN THE EASTERN PART OF TAGANROG BAY AND THE DON RIVER AVANDELTA IN 2025

¹Mikhalko A. S. ORCID ID 0009-0008-3502-6776,

¹Podobedova A. V. ORCID ID 0009-0009-9510-5326,

²Reshetnyak O. S. ORCID ID 0000-0001-7160-2461,

¹Sayapin V. V. ORCID ID 0000-0003-3917-2013,

¹Sazonov A. D. ORCID ID 0000-0002-1700-9314

¹Federal State Budgetary Institution of Science “Federal Research Centre Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences”, Rostov-on-Don, Russian Federation, e-mail: mihalko@ssc-ras.ru;

²Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
“Southern Federal University”, Rostov-on-Don, Russian Federation

The article is devoted to the study of production-destruction processes in Taganrog Bay of the Sea of Azov, which represents an important geoecological task within the comprehensive investigation of southern water body ecosystems under conditions of high eutrophication and changing water salinity. The aim of the study is to assess the characteristics of phytoplankton primary production and organic matter destruction in the water column of the eastern part of Taganrog Bay and the Don River delta in 2025 based on expeditionary observations. The material comprises data from experiments determining production and destruction using the bottle method in oxygen modification, obtained during four cruises in 2025. Maximum production process activity was observed in August, minimum in December, which agrees with published data. Average gross primary production during the studied period exceeded values typical for 2008–2010. Differences in the vertical distribution of production-destruction parameters depending on the month and study area were revealed. The current increase in salinity of the Sea of Azov has not yet led to a decrease in productivity in the area surveyed. The newly obtained data on the productivity of Taganrog Bay of the Sea of Azov can be used to assess the current ecological and hydrochemical state of the water body and to develop measures for the conservation of biological resources.

Keywords: Taganrog Bay, Sea of Azov, Don avandelta, primary production, organic matter destruction, production-destruction processes, water transparency, water salinity

Введение

Первичная продукция органического вещества и деструкционные процессы в воде являются фундаментальными основами функционирования водных экосистем. Эти процессы происходят с участием планктонных сообществ и характеризуют баланс между образованием органического вещества (первичной продукцией) и его разложением (деструкцией). Уровень первичной продукции определяет уровень биологической продуктивности водоема в целом [1, с. 91], трофности водоема и риск усиления эвтрофирования, а также способность экосистемы к самоочищению и качество воды.

Изучение первичной продукции и деструкции органического вещества (ОВ), в отличие от стандартных количественных гидробиологических показателей (численности и биомасса сообществ), позволяет получить более полное представление о скорости трансформации органического вещества и потоках энергии через сообщества гидробионтов [2–4]. Накопленные к настоящему времени данные по первичной продукции описывают продуктивность пресных водоемов (озер и водохранилищ) [5, с. 32; 6; 7]. Особый интерес представляют исследования структуры сообществ фитопланктона и формирования первичной продукции в морских системах, особенно в зонах смешения соленых и пресных вод [8–10].

В научной литературе достаточно много публикаций с результатами изучения продукционно-деструкционных процессов в морских водах различных регионов. Активно описываются не только характеристики этих процессов, но и соотношение «продукция/деструкция», обуславливающее преобладание различных процессов, и влияние различных факторов (температура, свет, биогенная нагрузка, гидрологические условия, скорость водообмена и др.) на интенсивность продукции и деструкции органического вещества. Например, низкие концентрации биогенных веществ и высокая концентрация взвеси в эстуарных зонах рек Дальнего Востока с развитой приливной динамикой вод создают неблагоприятные условия для автотрофной продукции [10; 11].

В зонах смешения речных и морских вод при изменении солености происходит изменение соотношения процессов «продукция/деструкция». Авторами работ [10; 11] показано, что «деструкционные процессы ОВ доминируют при солености < 20 ‰, а доминирование продукционных процессов наблюдается при солености

> 20 ‰ за счет резкого увеличения толщины фотического слоя». Интенсивность продукционно-деструкционных процессов авторы исследуют во взаимосвязи с уровнем рН среды и с параметрами карбонатно-кальциевой системы [11].

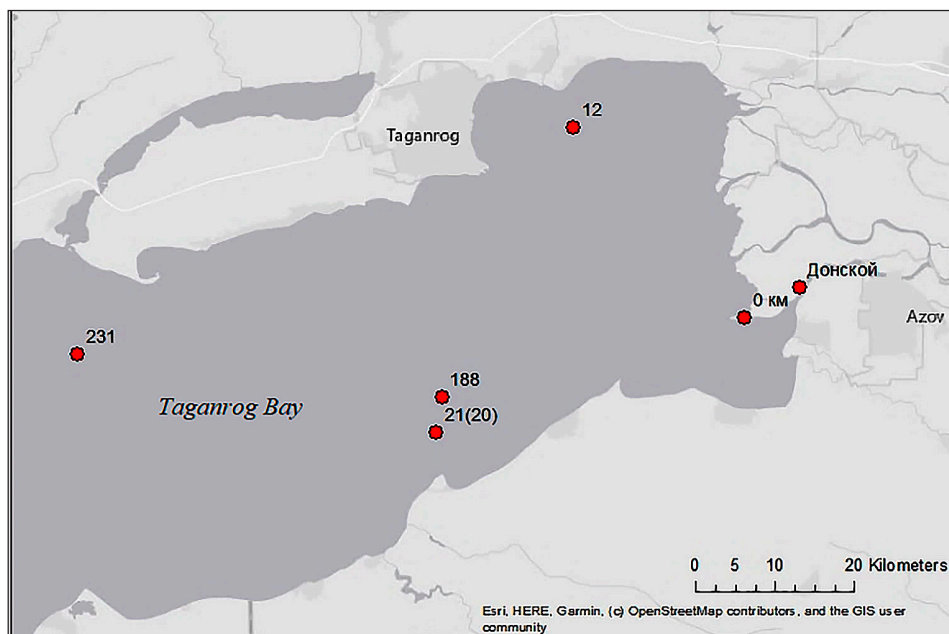
Особенно актуально изучение соотношения процессов «продукция/деструкция» в мелководном высокопродуктивном Азовском море, испытывающем высокую антропогенную нагрузку за счет активной сельскохозяйственной и рекреационной деятельности, влияние речного стока [12] и возможность эвтрофикации прибрежных вод за счет диффузного стока с водосборной территории. Речной сток Дона вносит значительный вклад в формирование гидролого-гидрохимических и гидробиологических характеристик экосистемы Таганрогского залива Азовского моря, который характеризуется высокой динамикой продукционно-деструкционных процессов, особенно в зоне смешения речных и морских вод [12].

В таком контексте изучение продукционно-деструкционных процессов в южных водоемах в условиях высокой эвтрофикации – в Таганрогском заливе Азовского моря и в авандельте Дона является важной задачей комплексного исследования экосистемы в целом. Особый интерес представляет восточная часть залива – зона смешения пресных донских вод с солеными водами Азовского моря.

Цель исследования – изучение характеристик продукционно-деструкционных процессов в водной толще восточной части Таганрогского залива и в авандельте р. Дон в 2025 г. на основе экспедиционных наблюдений.

Материалы и методы исследования

Материалом для данной работы послужили результаты исследований продукционно-деструкционных процессов в водной толще Таганрогского залива и авандельте р. Дон, проведенные в ходе трех рейсов ЮНЦ РАН на научно-исследовательском судне (НИС) «Профессор Панов» с 04 по 10 июня, с 30 июля по 04 августа и с 04 по 09 декабря 2025 г. и одного рейса на НИС «Денеб» с 06 по 16 декабря 2025 г. Район обследования и расположение станций отбора проб воды и проведения экспериментов приведены на рис. 1. Эксперименты по определению первичной продукции и деструкции ОВ были проведены на шести станциях. Четыре из них (ст. 12, 188, 21 (20), 231) расположены в восточной части Таганрогского залива, а станции 0 км и Донской находятся в авандельте р. Дон.



*Рис. 1. Район работ и расположение станций в восточной части Таганрогского залива Азовского моря
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Определение первичной продукции фитопланктона и деструкции ОВ проводилось непосредственно в точке (станции) с помощью гирлянды на стандартных горизонтах скляночным методом в кислородной модификации [1, с. 92]. В декабре на станциях, расположенных в Таганрогском заливе, из-за низкой прозрачности (0,25–0,30 м) и волнения 0,4–0,6 м горизонты 0,5 и 1 п. д. С (прозрачность по диску Секки) выделялись не всегда. Начало экспозиции приходилось на период не ранее чем через час после восхода и не позднее чем за час до захода солнца. При постановке экспериментов для каждой станции и каждого горизонта фиксировали начальное содержание кислорода. Продолжительность экспозиции составляла не менее 2 ч в августе и 2–3 ч в декабре. По окончании экспонирования определяли конечное содержание кислорода в воде по стандартной методике. Титрование из одной кислородной склянки проводили в трехкратной повторности согласно руководству [1, с. 96] и количество кислорода в воде ($\text{мгO}_2/\text{л}$) определяли расчетным способом по формуле, представленной в [1, с. 97], что обеспечивает достоверность результатов измерений. При пересчете $\text{мгO}_2/\text{л}\cdot\text{ч}$ в $\text{мгC}/\text{л}\cdot\text{ч}$ использовался коэффициент 0,375 [1, с. 109].

На каждой станции, где выполнялись эксперименты по определению первичной продукции и деструкции ОВ, измеряли с помощью многопараметрического зонда Fuscip

FS080114 температуру, соленость воды, концентрацию растворенного кислорода и степень насыщения воды кислородом (%).

Расчет продукции в суточном цикле производился путем пересчета величин валовой продукции (в $\text{гC}/\text{м}^3\cdot\text{ч}$) на продолжительность светового дня, исключая час после рассвета и час перед закатом, когда интенсивность солнечного излучения недостаточна для процессов фотосинтеза). Величины деструкции ОВ пересчитывались на 24 ч.

Результаты исследования и их обсуждение

При естественном цикле функционирования водных экосистем в теплый период года (в вегетационный период) в поверхностных слоях водной толщи чаще преобладает процесс продукции органического вещества (ОВ) фитопланктоном, в холодный период – деструкция ОВ. В современных условиях антропогенного воздействия (прямого или косвенного) этот естественный процесс может нарушаться за счет точечного или диффузного поступления биогенных веществ с водосборной территории, за счет изменений солености воды и термического режима моря и других факторов. Результаты исследования продукционно-деструкционных процессов в акватории восточной части Таганрогского залива Азовского моря и в зоне смешения морских и речных вод в районе хутора Донской за 2025 г. представлены на рис. 2.

В восточной части Таганрогского залива и в авандельте интенсивность продукционно-деструкционных процессов в теплый и холодный периоды характеризовалась четкими различиями. В теплый период значения продукции и деструкции ОВ в поверхностном горизонте были значительно выше, чем в холодный период (декабрь 2025 г.). Самые максимальные значения продукции ОВ фитопланктоном зафиксированы в августе 2025 г. на станциях 12 и 21 (20) на уровне 8,14 и 9,22 гС/м³ в сут. В фитопланктонном сообществе Таганрогского залива продукционные процессы в августе протекали намного интенсивнее, чем в июне 2025 г. В холодный период значения продукции и деструкции были минимальны, но соответствовали среднемноголетним величинам. Исключение составляет ст. 188 в заливе, где в декабре деструкция ОВ преобладала над продукционными процессами, что может быть связано с влиянием локального загрязнения и дополнительным поступлением биогенных и органических соединений в прибрежные акватории с прилегающей территории.

Во время проведения исследований *in situ* (при экспонировании склянок) проводились измерения основных гидролого-гидро-

химических характеристик поверхностного горизонта воды (табл. 1). Температурный режим морских масс полностью соответствовал периодам исследования. В августе температура воды (в среднем 26,8 °С) была выше, чем в июне (22,6–23,8 °С), а в декабре – варьировала от 3,3 до 7,3 °С. Значительных различий в значениях температуры воды в поверхностном и придонном слое не выявлено.

В научных статьях современного периода отмечается резкий рост солености воды Азовского моря [13; 14], который вызван длительным периодом маловодья, ростом температуры воды и воздуха в последние десятилетия и, соответственно, повышением испарения с акватории моря. Соленость морских вод в точках исследования на станциях восточной части Таганрогского залива (опресненной части Азовского моря) составляла в теплый период 1,66–6,24 е. п. с., в холодный период – 6,93–9,72 е. п. с. (табл. 1). Кислородный режим в исследуемой части моря можно считать благополучным, насыщение кислородом в теплый период в поверхностном слое достигало 107–131 %, в холодный период варьировало в пределах 93–99 %, что связано со снижением активности фитопланктона.

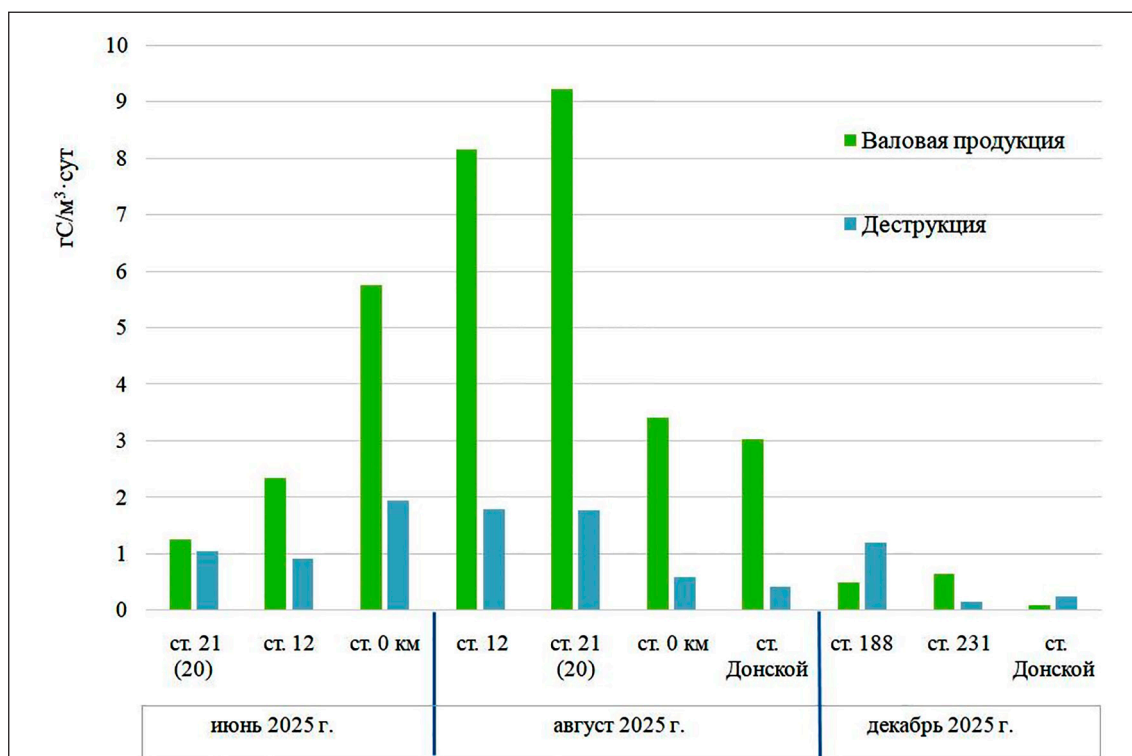


Рис. 2. Значения валовой первичной продукции и деструкции ОВ в поверхностном горизонте в восточной части Таганрогского залива Азовского моря в 2025 г.

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Таблица 1

Гидролого-гидрохимические характеристики поверхностного горизонта воды восточной части Таганрогского залива и авандельты р. Дон в 2025 г.

Станция – дата 2025 г.	Прозрачность по диску Секки, м	Кислород, мг/дм ³	Степень насыщения O ₂ , %	Температура, °С	Соленость, е. п. с
Летний (теплый) период					
Ст. 21(20) – 05.06.	0,50	9,0	109	23,1	6,24
Ст. 12 – 06.06.	0,50	9,1	107	22,6	2,52
Ст. 0 км – 07.06.	0,40	11,0	131	23,8	0,68
Ст. 21(20) – 01.08.	0,35	9,3	117	25,9	4,93
Ст. 12 – 01.08.	0,35	10,0	125	26,2	1,66
Ст. 0 км – 02.08.	0,40	8,8	112	27,9	0,61
Ст. Донской – 04.08.25	0,40	9,1	115	27,3	0,61
Зимний (холодный) период					
Ст. Донской – 04.12.	0,70	12,7	93	7,3	0,69
Ст. 188 – 10.12.	0,30	11,8	97	4,2	9,72
Ст. 231 – 10.12.	0,40	12,6	99	3,3	6,93

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таблица 2

Значения валовой первичной продукции (P_{вал}) и деструкции (Д) органического вещества в восточной части Таганрогского залива и в авандельте в теплый период 2025 г.

Горизонт	P _{вал} , гС/м ³ *сут	Д, гС/м ³ *сут	Горизонт	P _{вал} , гС/м ³ *сут	Д, гС/м ³ *сут
	ст. 12, 06.06.2025			ст. 0 км, 07.06.2025	
0–0,15 м	2,34	0,91	0–0,15 м	5,76	1,94
1 п.д.С. (0,50 м)	2,36	3,11	1 п.д.С. (0,40 м)	6,21	1,72
2 п.д.С. (1,00 м)	2,67	2,58	2 п.д.С. (0,80 м)	3,83	2,04
3 п.д.С. (1,50 м)	0,86	0,78	3 п.д.С. (1,20 м)	1,91	4,74
Горизонт	ст. 21 (20), 01.08.2025		Горизонт	ст. 12, 01.08.2025	
0–0,15 м	9,22	1,77	0–0,15 м	8,14	1,79
1 п.д.С. (0,35 м)	7,02	1,21	1 п.д.С. (0,35 м)	2,88	1,76
2 п.д.С. (0,70 м)	3,54	1,14	2 п.д.С. (0,70 м)	4,00	1,66
3 п.д.С. (1,05 м)	2,12	2,23	3 п.д.С. (1,05 м)	1,96	1,51
Горизонт	ст. 0 км, 02.08.2025		Горизонт	ст. Донской, 04.08.2025	
0–0,15 м	3,41	0,59	0–0,15 м	3,03	0,41
1 п.д.С. (0,40 м)	2,06	0,33	1 п.д.С. (0,40 м)	1,12	0,03
2 п.д.С. (0,80 м)	1,55	0,31	2 п.д.С. (0,80 м)	0,54	0,02
3 п.д.С. (1,20 м)	1,50	0,13	3 п.д.С. (1,20 м)	0,61	0,03

Примечание: составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таким образом, никаких аномальных значений гидролого-гидрохимических параметров, способных значительно повлиять на продукционно-деструкционные процес-

сы, в исследуемой части Таганрогского залива и авандельты р. Дон в 2025 г. не выявлено.

Интенсивность продукционно-деструкционных процессов значительно варьирует

в зависимости от глубины водного объекта, мутности воды и глубины проникновения солнечной энергии. Результаты оценки и распределения валовой первичной продукции и деструкции ОВ на разных глубинах в восточной части Таганрогского залива Азовского моря в теплый период (июнь – август 2025 г.) приведены в табл. 2, в холодный период (декабрь 2025 г.) – в табл. 3. В теплый период распределение значений продукции и деструкции ОВ по горизонтам происходило практически однотипно и характеризовалось плавным снижением значений с глубиной (табл. 2, рис. 3, а). Исключение составил участок акватории залива на ст. 21 (20), где с глубиной отмечался рост интенсивности деструкции ОВ (рис. 3, б).

В холодный период распределение интенсивности продукции и деструкции ОВ по горизонтам значительно различалось по районам обследования. Так, на станциях, относящихся к акватории восточной части Таганрогского залива, происходило снижение значений с глубиной (табл. 2), на станции Донской в аванделъте – отмечалось увеличение продукции и деструкции ОВ на глубинах 1,40 м и 0,70 м (1–2 п. д. С.) до максимальных значений 0,34 и 1,18 гС/м³ в сут. соответственно (табл. 3, рис. 4).

Таким образом, распределение интенсивности продукции и деструкции ОВ по глубине имеет общие черты, значения параметров в большинстве случаев снижались с глубиной.

Таблица 3

Значения валовой первичной продукции ($P_{\text{вал}}$) и деструкции (Д) органического вещества в восточной части Таганрогского залива и в аванделъте в холодный период 2025 г.

Станция	Горизонт	$P_{\text{вал}}$, гС /м ³ *сут	Д, гС /м ³ *сут
Ст. 188, 10.12.2025	0–0,15 м	0,500	1,198
	1 п.д. С. (0,30 м)	–	–
	2 п.д. С. (0,60 м)	0,046	0,101
	3 п.д. С. (0,90 м)	–	–
ст. 231, 10.12.2025	0–0,15 м	0,657	0,155
	1 п.д. С. (0,40 м)	0,174	0,158
	2 п.д. С. (0,80 м)	0,121	0,117
	3 п.д. С. (1,20 м)	0,064	0,087
ст. Донской, 04.12.2025	0–0,15 м	0,096	0,252
	1 п.д.С. (0,70 м)	0,121	1,183
	2 п.д.С. (1,40 м)	0,342	0,573
	3 п.д.С. (2,10 м)	0,036	0,487

Примечание: прочерк означает, что эксперимент не получился.

Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

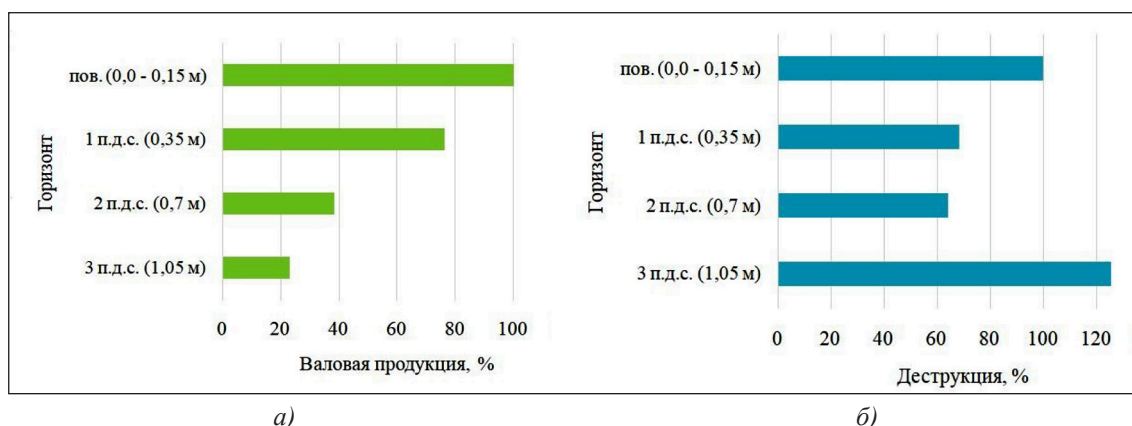


Рис. 3. Изменчивость в теплый период продукции (а) и деструкции (б) на различных горизонтах станции 21 (20) в восточной части Таганрогского залива 01.08.2025

Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

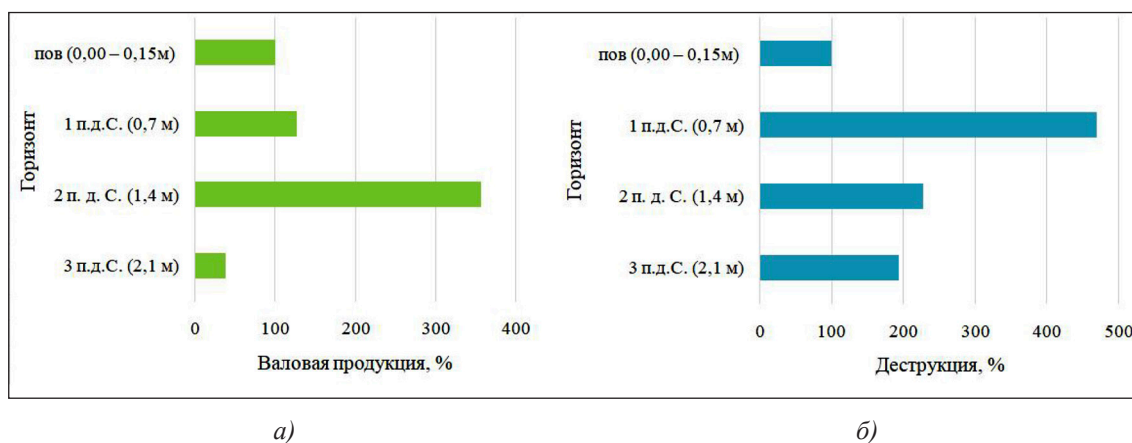


Рис. 4. Изменчивость в холодный период продукции (а) и деструкции (б) на различных горизонтах станции Донской в авандельте 04.12.2025
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Важность изучения и оценки первичной продукции Азовского моря обусловлена необходимостью этих данных для оценки рыбопродуктивности водоема и сохранения биоресурсов, особенно ценных сортов рыб. По многолетним данным исследований Южного научного центра РАН [15, с. 132], начиная с 1980-х гг. наблюдается рост первичной продукции в Азовском море. По данным Ю. В. Косенко с соавт. [14], в современный период осолонения Азовского моря происходит снижение первичной продукции Таганрогского залива (данные на 2021 г.) относительно среднемноголетнего уровня.

По нашим данным за 2025 г., в восточной части Таганрогского залива, наиболее продуктивной части Азовского моря, первичная продукция экосистемы превышает показатели периода 2008–2010 гг. [15], что подтверждает ранее представленный возрастающий тренд. Полученные результаты имеют предварительный характер и будут уточняться в дальнейших исследованиях.

Заключение

Проведена оценка изменчивости продукционно-деструкционных процессов в восточной части Таганрогского залива и авандельте р. Дон в 2025 г. Отмечено, что максимальная продукционная активность экосистемы ОВ вещества над процессами деструкции указывает на то, что в экосистеме накапливается органика, что может усиливать процесс эвтрофирования. Выявлена выраженная разнонаправленная вертикальная стратификация валовой первичной продукции и деструкции ОВ с глубиной.

Сравнение значений валовой первичной продукции и деструкции ОВ 2025 г. в вос-

точной части Таганрогского залива и авандельте р. Дон с аналогичными данными за более ранний период 2008–2010 гг. показало, что продуктивность экосистемы возрастает, что требует дальнейших детальных исследований и уточнения взаимосвязи с соленостью воды и другими гидролого-гидрохимическими параметрами.

Полученные результаты об интенсивности продукционно-деструкционных процессов Таганрогского залива Азовского моря имеют высокую прикладную значимость и могут быть использованы при оценке современного эколого-гидрохимического состояния водоема и разработке экологически обоснованных мероприятий по сохранению биоресурсов.

Список литературы

1. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. к.б.н. В. А. Абакумова. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с. [Электронный ресурс]. URL: https://mgmtmo.ru/edumat/hydrochem/Abakumov_hydrobiological_analysis.pdf (дата обращения: 02.05.2026).
2. Lim A. S., Jeong H. J. Primary production by phytoplankton in the territorial seas of the Republic of Korea // *Algae*. 2022. Vol. 37. Is. 4. P. 265–279. URL: <https://www.e-algae.org/journal/view.php?viewtype=pubreader&number=2981> (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.4490/algae.2022.37.11.28.
3. Rusanov I. I., Savichev A. S., Zasko D. N., Sigalevich P. A., Pipko I. I., Pugach S. P., Pimenov M. V., Semiletov I. P. Primary production and microbial heterotrophy in the Siberian arctic seas, Bering Strait, and Gulf of Anadyr, Bering Sea // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2024. Vol. 299. P. 108673. URL: <https://www.poi.dvo.ru/ru/node/2388> (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.1016/j.ecss.2024.108673.
4. Guo C., Zhou Y., Zhou H., Su C., Kong L. Aerosol nutrients and their biological influence on the Northwest Pacific Ocean (NWPO) and its marginal seas // *Biology*. 2022. Vol. 11. Is. 6. P. 842. URL: <https://www.mdpi.com/2079-7737/11/6/842> (дата обращения: 25.04.2026). DOI: 10.3390/biology11060842.
5. Алимов А. Ф. Введение в продукционную гидробиологию. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 152 с. URL: <https://>

bio.sfu-kras.ru/files/3451_Alimov1989.pdf (дата обращения: 23.04.2026).

6. Бульон В. В. Сравнительная оценка первичной продукции наземных и водных экосистем // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2023. № 5. С. 21–33. URL: <https://waterjournal.ru/files/wj/1698665248.pdf> (дата обращения: 27.04.2026). DOI: 10.35567/19994508_2023_5_2. EDN: HCSSKK.

7. Исаев А. В., Рябченко В. А. Модельные оценки межгодовой изменчивости характеристик экосистемы Ладожского озера в период с 1980 по 2020 годы // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2024. Т. 17. № 4. С. 32–42. URL: <https://hydrophysics.spbr.ru/jour/article/view/1379> (дата обращения: 25.04.2026). DOI: 10.59887/2073–6673.2024.17(4)–2. EDN: EHTXVP.

8. Македонская И. Ю., Медведева Е. В., Отченаш Н. Г., Студенов И. И., Торцев А. М., Коница Ю. М. Внутригодовая изменчивость планктонных сообществ устьевой области реки Северная Двина // Труды Института биологии внутренних вод РАН. 2023. № 102 (105). С. 65–80. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnutrigodovaya-izmenchivost-planctonnyh-soob-schestv-ustievoy-oblasti-reki-severnaya-dvina> (дата обращения: 26.04.2026). DOI: 10.47021/0320-3557-2023-65-80. EDN: YTYMFE.

9. Суханова И. Н., Флинт М. В., Мошаров С. А., Сергеева В. М. Структура сообществ фитопланктона и первичная продукция в Обском эстуарии и на прилегающем Карском шельфе // Океанология. 2010. Т. 50. № 5. С. 785–800. EDN: MVSGYN.

10. Семкин П. Ю., Тищенко П. П., Тищенко П. Я., Павлова Г. Ю., Сагалаев С. Г., Ходоренко Н. Д., Шкир-

никова Е. М., Швецова М. Г. Характеристика продукционно-деструкционных процессов в эстуариях рек Уда и Усалин (Охотское море) в период летнего паводка // Вестник ДВО РАН. 2020. № 2. С. 88–96. DOI: 10.37102/08697698.2020.210.2.011.

11. Семкин П. Ю., Тищенко П. Я., Павлова Г. Ю., Тищенко П. П., Сагалаев С. Г., Шкирникова Е. М., Швецова М. Г. Карбонатная система эстуариев рек Сыран и Ульбан (Ульбанский залив Охотского моря) в период летнего паводка // Водные ресурсы. 2022. Т. 49. № 5. С. 650–661. URL: <https://elibrary.ru/zzoknu> (дата обращения: 25.04.2026). DOI: 10.31857/S0321059622050145. EDN: ZZOKNU.

12. Герасюк В. С., Лихтанская Н. В., Сорокина В. В., Бердников С. В. Сток органических веществ с рекой Дон в Азовское море в маловодный период 2007–2020 гг. // Водные ресурсы. 2025. Т. 52. № 2. С. 68–83. DOI: 10.31857/S0321059625020061. EDN: UBXUVW.

13. Бердников С. В., Кулыгин В. В., Дашкевич Л. В. Причины стремительного роста солености воды Азовского моря в XXI веке // Морской гидрофизический журнал. 2023. Т. 39. № 6. С. 760–778. EDN: QPFZZT.

14. Косенко Ю. В., Баскакова Т. Е., Жукова С. В., Косенко Е. С. Влияние солености воды на развитие придонной гипоксии и уровень первичного продуцирования органического вещества в Таганрогском заливе // Водные биоресурсы и среда обитания. 2023. Т. 6. № 1. С. 34–47. DOI: 10.47921/2619–1024_2023_6_1_34. EDN: JIEEVJ.

15. Экосистемные исследования среды и биоты Азовского бассейна / Отв. ред. чл.-корр. РАН Д. Г. Матишов. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2012. 272 с. ISBN 978-5-4358-0048-7. EDN: RTTEOV.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН № гос. рег. 125040404857-4, № гос. рег. 125012100503-4.

Financing: The publication was prepared within the framework of the state assignment of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (SSCRAS), state registration No. 125040404857–4 and No. 125012100503–4.