

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
И ХЛОРОФИЛЛА «А» В ВОДАХ АЗОВСКОГО МОРЯ
И ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2025 ГОДА**

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

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

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

¹Поважный В. В. ORCID ID 0000-0003-4370-6380

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

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

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

В результате комплексных гидрохимических исследований Южного научного центра Российской академии наук в октябре 2025 г. получены новые данные о солености, мутности воды, распределении биогенных элементов и хлорофилла «а» в Азовском море. Цель – анализ пространственного распределения биогенных элементов (нитритов, нитратов, ионов аммония, фосфатов, растворенного кремния) и хлорофилла «а» на фоне изменения гидролого-гидрохимических показателей морской среды в акватории Азовского моря и Таганрогского залива в октябре 2025 г. Определение минеральных форм биогенных элементов выполнялось на пятиканальном автоанализаторе Scalar San++ по стандартным методикам. В открытом море мутность низкая, насыщение кислородом высокое, иногда с превышением нормы. В Таганрогском заливе соленость и насыщение кислородом снижались, а мутность заметно возрастала. В водах залива несколько выше содержание нитритов и ниже содержание нитратов и ионов аммония по сравнению с открытым морем. По содержанию хлорофилла «а» исследуемые экосистемы относятся к мезотрофному типу или имеют переходное состояние к эвтрофному. В дельте Дона зафиксированы экстремальные концентрации биогенов и дефицит кислорода, что может вызвать усиление эвтрофикации. На основании полученных данных обоснована необходимость регулярного мониторинга биогенной нагрузки в Таганрогском заливе.

Ключевые слова: Азовское море, Таганрогский залив, биогенные элементы, антропогенное эвтрофирование, трофность, хлорофилл «а», растворенный кислород, мутность

**SPATIAL DISTRIBUTION OF MINERAL FORMS OF BIOGENIC
ELEMENTS AND CHLOROPHYLL “A” IN THE WATERS OF THE SEA
OF AZOV AND TAGANROG BAY IN THE AUTUMN PERIOD OF 2025**

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

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

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

¹Povazhnyy V. V. ORCID ID 0000-0003-4370-6380

¹Federal State Budgetary Institution of Science

“Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”,
Rostov-on-Don, Russian Federation, e-mail: podobedova@ssc-ras.ru;

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

As a result of comprehensive hydrochemical studies conducted by the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences in October 2025, new data on salinity, water turbidity, the distribution of biogenic elements, and chlorophyll-a in the Sea of Azov were obtained. The aim was to analyse the spatial distribution of biogenic elements (nitrites, nitrates, ammonium ions, phosphates, dissolved silicon) and chlorophyll-a against the background of changes in hydrological and hydrochemical parameters of the marine environment in the Sea of Azov and Taganrog Bay in October 2025. The determination of mineral forms of biogenic elements in water was carried out using a five-channel Scalar San++ autoanalyser following standard methods. In the open sea, turbidity was low, and oxygen saturation was high, sometimes exceeding the norm. In Taganrog Bay, salinity and oxygen saturation decreased, while turbidity increased markedly. In the waters of the bay, nitrite content was somewhat higher, whereas nitrate and ammonium ion contents were lower compared to the open sea. Based on chlorophyll-a content, the studied ecosystems are classified as mesotrophic or in a transitional state from mesotrophic to eutrophic. In the Don River delta, extreme concentrations of biogenic elements and oxygen deficiency were recorded, which may enhance eutrophication. On the basis of the obtained data, the need for regular monitoring of the biogenic load in Taganrog Bay is substantiated.

Keywords: Sea of Azov, Taganrog Bay, biogenic elements, anthropogenic eutrophication, trophic state, chlorophyll “a”, dissolved oxygen, turbidity

Введение

Азовское море является одним из наиболее продуктивных и в то же время уязвимых морских бассейнов Российской Федерации, испытывающих значительное антропогенное воздействие, связанное с речным стоком, активной сельскохозяйственной и рекреационной деятельностью, эвтрофикацией прибрежных вод. Таганрогский залив Азовского моря, представляющий собой эстуарный [1] район моря, характеризуется высокой динамикой гидрохимических параметров, обусловленной смешением речных и морских вод, мелководностью и активными продукционно-деструкционными процессами [2]. В осенний период, как и в летний, особое значение приобретает оценка содержания биогенных элементов (N и P), определяющих первичную продукцию, а также их органических форм, влияющих на формирование придонной гипоксии [3].

Как известно, минеральные формы азота и фосфора, являясь питательной составляющей для фитопланктона и фотосинтеза, обеспечивают биологическую продуктивность и рыбохозяйственную значимость водоема в целом. По данным [4], в изменчивости среднегодовых концентраций биогенных веществ в водной толще Азовского моря в период с 2007 по 2016 г. отмечено достоверное снижение содержания минеральных форм азота в Таганрогском заливе (относительно периода с 1998 по 2006 г.). В целом «уменьшение концентрации биогенных элементов в современный период осолонения в Таганрогском заливе не привело к снижению скорости первичного продуцирования органического вещества фитопланктоном», при этом их содержание «в собственно море остается на уровне среднепогодных значений» [4].

Цель исследования – анализ пространственного распределения биогенных элементов (нитритов, нитратов, ионов аммония, фосфатов и растворенного кремния) и содержания хлорофилла «а» на фоне изменения гидролого-гидрохимических показателей морской среды в акватории Азовского моря и Таганрогского залива в октябре 2025 г.

Материалы и методы исследования

Экспедиционные работы выполнены на научно-исследовательском судне (НИС) «Денеб» ЮНЦ РАН в период с 14 по 28 октября 2025 г. Программа наблюдений включала комплексные гидролого-гидрохимические исследования морской воды на 15 станциях (рисунок), которые разделены на три группы: открытая часть Азовского моря, акватория Таганрогского залива, а также одна

станция, расположенная в районе хутора Донской (ст. 1) в вершине залива, характеризующаяся минимальными глубинами и максимальным влиянием речного стока.

С помощью многопараметрического зонда Fuscin FS080114 измерялись температура, соленость, мутность, концентрация растворенного кислорода и степень насыщения воды кислородом (%), прижизненная флуоресценция хлорофилла «а». Пересчет интенсивности флуоресценции в концентрацию хлорофилла «а» проводился на основе калибровочного коэффициента, который был определен путем сравнения со значением концентрации хлорофилла «а», определенным для исследуемых вод Азовского моря экстракционным методом.

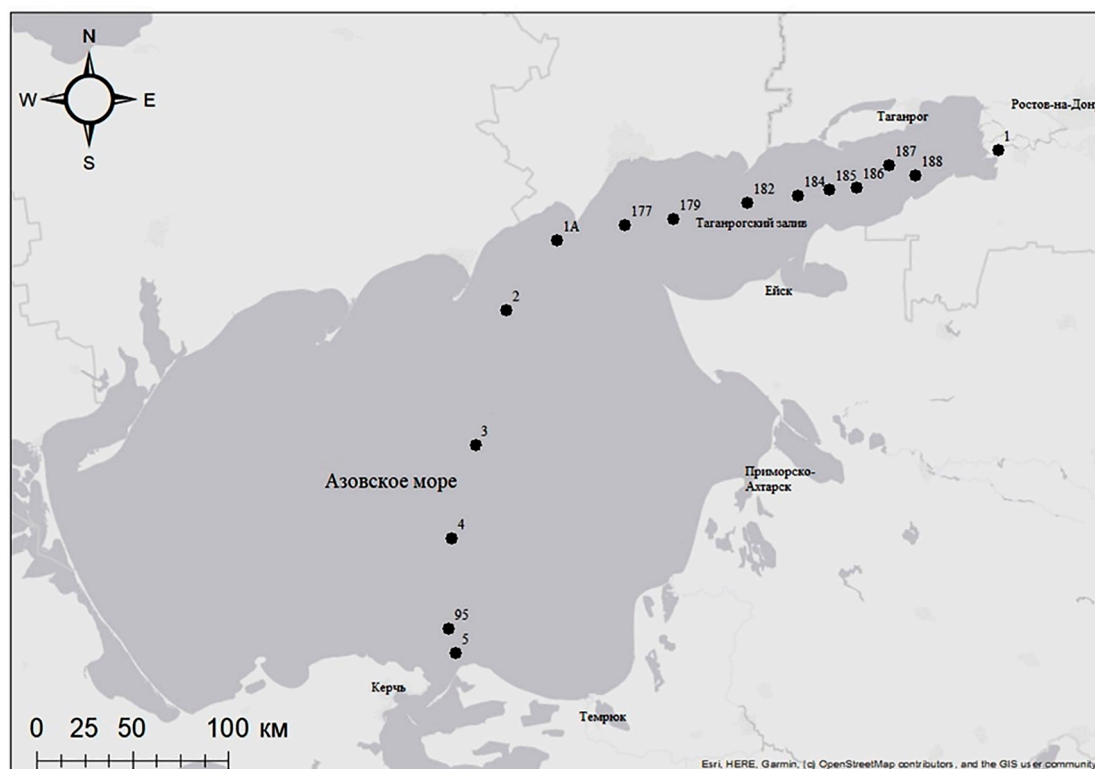
На каждой станции отбирались пробы с поверхностного и придонного горизонтов для определения концентрации минеральных форм биогенных элементов. Пробы отбирались батометром Нискина. Сразу после подъема батометра пробы переливали в одноразовые стерильные пластиковые пробирки типа «Фалькон» объемом 50 мл. Для предотвращения биохимических изменений состава воды (разложения органических веществ, нитрификации и др.) пробы сразу после отбора замораживали без фильтрации. Отобранные пробы доставлялись в лабораторию ЮНЦ РАН. Определение минеральных форм биогенных элементов в воде выполнялось с использованием пятканального автоанализатора Scalar San++ по стандартным методикам [5, с. 45].

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты комплексных гидролого-гидрохимических исследований акватории Азовского моря, Таганрогского залива и зоны смешения морских и речных вод в районе х. Донской представлены в таблице.

Температурный режим морских масс полностью соответствовал осеннему периоду. Температура воды в открытой части Азовского моря изменялась от 12,3°C до 16,8°C (в период с 17 по 23 октября 2025 г.), а акватории Таганрогского залива от 11,4°C до 12,6°C (в период с 25 по 28 октября 2025 г.). Значительных различий в значениях температуры воды в поверхностном и придонном слое не выявлено.

В современный период исследователями отмечается резкий рост солености воды Азовского моря [3; 6], который вызван длительным маловодьем, совпавшим с периодом роста температуры воды и воздуха и с повышением испарения с акватории моря.



*Экспедиционная картосхема на НИС «Денеб» (октябрь 2025 г.)
 На картосхеме цифрами обозначены номера станций отбора проб воды и измерений:
 1 – х. Донской (вершина залива); 177, 179, 182, 184–188 – акватория
 Таганрогского залива; 1А, 2–5, 95 – открытая часть Азовского моря
 Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

В период исследования *соленость морских вод* Азовского моря ожидаемо снижалась по направлению «открытое море – залив – дельта». В открытом море соленость снижалась от 18,5 е. п. с. до 14,4 е. п. с., в Таганрогском заливе – от 13,9 е. п. с. до 8,7 е. п. с. (таблица). Резкий градиент солености наблюдается в зоне смешения морских и речных вод, где на ст. 1 соленость снизилась до 0,84 е. п. с., что соответствует категории пресных вод. Специфический гидрохимический режим верхней части Таганрогского залива формируется под воздействием двух ключевых факторов: значительного опреснения, обусловленного стоком р. Дон, и высокой мутности вод.

Мутность воды также закономерно изменялась (увеличивалась) по направлению «открытое море – залив – дельта». В открытом море в поверхностном слое воды мутность имеет наименьшие значения от 1,5 до 6,4 FTU, что соответствует категории «слабо мутная вода». В придонном слое мутность воды изменялась в широком

диапазоне значений: от 2,3 FTU на ст. 1А («слабо мутная вода») до 119,9 FTU на ст. 95 («сильно мутная вода»).

В Таганрогском заливе и на ст. 1 мутность в поверхностном слое воды в целом была выше, чем в открытом море, и составила 2,6–22,5 FTU, что соответствует категории «мутная вода» (10–100 FTU). В придонном слое мутность воды изменялась от 3,8 FTU на ст. 177 («слабо мутная вода») до 92,4 FTU на ст. 185 («мутная вода») (таблица). Высокая мутность воды ограничивает фотосинтез, что отчасти объясняет снижение содержания хлорофилла «а» в наиболее мутных участках залива [7].

Стратификация водных масс по степени насыщения кислородом в открытой акватории моря и в Таганрогском заливе наиболее отчетливо прослеживается в летний период, и расслоение водной толщи по данному параметру может достигать 50% [8, с. 15], что является характерным для гидродинамического и гидрохимического режимов Азовского моря.

Результаты комплексных гидролого-гидрохимических исследований морской воды в акватории Азовского моря и Таганрогского залива в осенний период 2025 г.

Станция	Дата, октябрь 2025	Время	Горизонт	Соленость, е. п. с.	Хлорофилл «а», мкг/дм ³	Мутность, FTU	Степень насыщения воды O ₂ , %	NO ₂ ⁻ , мкгN/дм ³	NO ₃ ⁻ , мкгN/дм ³	NH ₄ ⁺ , мкгN/дм ³	PO ₄ ³⁻ , мкгP/дм ³	SiO ₃ ²⁻ , мгSi/дм ³
Акватория Азовского моря												
5	17	0:00	0	16,4	9,81	1,7	116	2,76	0,62	170,3	31,4	1,83
5	17	6:00	0	16,4	9,50	1,7	112	4,60	0,62	427,1	26,7	1,86
5	17	12:00	0	16,5	4,84	1,53	117	1,84	441,4	233,1	11,2	2,85
5	17	12:00	дно	18,5	1,88	10,6	89	20,7	122,8	231,3	82,8	1,57
5	17	18:00	0	16,5	9,57	1,5	123	2,76	11,16	112,3	32,6	2,57
95	21	11:50	0	17,3	8,47	5,4	102	3,22	0,62	132,5	15,4	1,59
95	21	11:50	дно	18,5	3,49	119,9	89	8,74	30,4	292,1	5,18	0,98
4	21	15:18	0	16,4	4,26	4,6	101	14,7	181,7	254,7	55,0	3,73
4	21	15:18	дно	16,6	4,66	13,6	101	21,2	114,7	221,4	101,4	2,73
3	21	18:30	0	16,3	5,68	15,3	101	6,90	10,5	332,3	66,7	1,30
3	21	18:30	дно	16,3	5,74	31,6	100	5,98	42,2	263,7	121,8	1,44
2	22	6:30	0	15,8	3,73	2,0	95	19,8	185,4	93,8	102,3	3,42
2	22	6:30	дно	15,8	3,39	2,0	95	15,6	113,5	186,7	65,4	1,94
1A	22	12:00	0	14,7	5,96	1,8	100	12,0	63,2	129,8	48,0	2,60
1A	22	12:00	дно	15,4	2,39	2,3	93	13,3	49,6	233,8	65,0	2,26
1A	22	18:00	0	14,8	9,06	2,0	101	15,2	74,4	168,8	67,1	3,16
1A	23	0:00	0	14,7	9,88	2,2	99	14,7	44,0	122,2	55,9	2,34
1A	23	6:00	0	14,8	6,96	2,2	100	–	–	–	–	–
1A	23	12:00	0	14,4	7,05	6,4	102	6,44	26,7	216,4	100,9	2,37
Акватория Таганрогского залива Азовского моря												
177	25	11:50	0	13,9	2,90	2,6	100	11,0	73,8	133,6	66,9	3,87
177	25	11:50	дно	13,9	5,08	3,8	99	10,1	42,2	132,3	44,7	3,18
179	25	13:42	0	13,4	3,08	3,5	99	37,3	265,4	234,2	11,4	2,52
179	25	13:42	дно	13,3	3,99	11,7	98	39,6	194,7	437,6	0,10	3,87
182	25	15:25	0	12,6	3,68	11,7	97	54,4	233,1	270,5	30,0	3,57
182	25	15:25	дно	12,6	4,27	22,5	96	–	–	–	–	–
184	25	17:05	0	11,7	7,35	18,4	98	17,5	90,5	173,7	32,3	1,44
184	25	17:05	дно	11,7	9,12	59,5	98	–	–	–	–	–
185	25	17:48	0	11,2	8,94	21,2	95	8,7	37,8	120,4	11,4	1,51
185	25	17:48	дно	11,2	11,7	92,4	95	–	–	–	–	–
186	26	10:00	0	10,3	9,83	10,1	100	9,20	2,48	77,8	81,2	4,01
186	26	10:00	дно	10,9	12,7	14,1	92	6,90	17,4	144,4	62,5	2,82
187	26	11:10	0	8,8	6,49	14,8	99	9,7	12,4	109,6	48,6	4,97
187	26	11:10	дно	8,9	12,9	19,2	94	11,0	10,5	122,0	70,5	4,78
188	27	12:00	0	8,7	13,9	13,6	97	12,9	0,62	386,6	62,6	5,31
188	27	12:00	дно	8,7	14,8	15,6	97	10,1	124,6	120,8	48,2	3,84
Дельта реки Дон, х. Донской												
1	28	7:35	0	0,84	5,11	15,6	86	133,9	1990	500,9	317,3	10,59

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

По данным ряда авторов [3; 4], в современный период осолонения в Таганрогском заливе и в Азовском море выявлены статистически достоверные различия степени насыщения воды кислородом в поверхностном и придонном горизонтах в весенний и осенний периоды. Так, в период с 2007 по 2015 г. разница в степени насыщения морских вод кислородом в осенний период составила для открытого моря 5 %, а для Таганрогского залива – 14 % [4].

Осенью 2025 г. была наиболее выражена стратификация морских вод по степени насыщения кислородом в акватории Азовского моря по сравнению с Таганрогским заливом. Различие в степени насыщения морских вод кислородом в осенний период для акватории моря составило от 1 до 23 % (ст. 5), а для Таганрогского залива – от 1 до 8% (ст. 186) (таблица). Таким образом, кислородный режим в открытой части моря можно считать благополучным: насыщение кислородом в большинстве станций в поверхностном слое достигало 100–123 %, в придонном варьировало в пределах 89–101 %, что связано со снижением активности фитопланктона, стратификацией водной толщи и разложением органических веществ микроорганизмами. При этом критических уровней гипоксии (51 % насыщения) [9] достигнуто не было. В Таганрогском заливе кислородный режим чуть более напряженный: поверхностное насыщение кислородом составляло 95–100 %, в придонном слое снижалось до 92 % (таблица). На ст. 1 (х. Донской) насыщение воды кислородом составило всего 86 % в поверхностном слое, что характерно для устьевых зон с высокой техногенной [10] и биогенной нагрузкой, которая усиливается в маловодный период [11]. По сообщению Азово-Черноморского филиала ВНИИРО¹ со ссылкой на данные ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», объем годового стока Дона в 2025 г. «относится к одному из самых низких за период зарегулированного режима», что может снижать разбавляющую способность водных масс мелководного Таганрогского залива.

Важной характеристикой качества вод является поступление биогенных веществ, избыток которых может оказывать негативное воздействие на морскую систему [12].

Соотношение минеральных форм азота в поверхностном слое воды в открытой части моря и в заливе значительно не отли-

чается, четких закономерностей выделить пока не представляется возможным. В акватории Азовского моря содержание нитритов варьировало от 1,84 до 19,8 мкгN/дм³ (среднее значение – 8,74 мкгN/дм³), достигая максимального значения на ст. 2, в Таганрогском заливе – от 8,74 до 54,7 мкгN/дм³ (среднее значение – 20,13 мкгN/дм³), максимум фиксировался на ст. 182. Концентрации нитратов изменялись от очень низких значений 0,62 мкгN/дм³ до 441,4 мкгN/дм³ в открытом море (ст. 5) и до 265,4 мкгN/дм³ в Таганрогском заливе (ст. 179). Средние значения концентраций нитратов в воде мало отличались и составили соответственно 86,7 и 89,5 мкгN/дм³.

По содержанию ионов аммония различия наименьшие: концентрации изменялись от 93,8 мкгN/дм³ до 427,1 мкгN/дм³ в открытом море (среднее значение – 199,4 мкгN/дм³) и от 77,8 мкгN/дм³ до 386,6 мкгN/дм³ в Таганрогском заливе (среднее значение – 188,3 мкгN/дм³) (таблица). Таким образом, в водах Таганрогского залива несколько выше содержание нитритов и сопоставимое содержание нитратов и ионов аммония по сравнению с водами открытого моря. В придонном слое по максимальным значениям концентраций минеральных форм азота большие концентрации фиксировались в мелководном заливе, а по средним значениям – содержания примерно одинаковые.

Содержание фосфатов в морской воде Азовского моря в поверхностном и придонном горизонтах несколько выше, чем в заливе, как по общим диапазонам концентраций, так и по средним значениям. Средняя концентрация фосфатов в открытом море в поверхностном слое составила 51,1 мкгP/дм³, в придонном – 73,6 мкгP/дм³, а в Таганрогском заливе – 43,0 и 45,2 мкгP/дм³ соответственно.

На ст. 1 (х. Донской) в зоне смешения морских и речных вод зафиксированы максимальные значения концентраций минеральных форм азота и фосфора, что вполне очевидно связано с влиянием речного стока, резким изменением гидродинамического режима и формированием геохимического барьера, способствующего накоплению веществ. При этом высокие содержания в воде фосфатов в районе х. Донской могут усиливать процессы эвтрофикации вод, которые имеют более высокий риск проявления для экосистем южных регионов [13].

Распределение концентрации растворенных форм кремния закономерно изменялось – увеличивалось по траектории «открытое море – залив – дельта». В открытом море в поверхностном слое общий диапа-

¹ Азово-Черноморский филиал ВНИИРО [Электронный ресурс]. URL: <https://azniirkh.vniro.ru/content/read/azniirkh-news/33176165-21-01-2026> (дата обращения: 12.05.2026).

зон концентраций кремния составил (0,98–2,73) мкгSi/дм³, в Таганрогском заливе – (1,44–5,31) мкгSi/дм³ (таблица), средние по акватории значения – 2,47 и 3,40 мкгSi/дм³ соответственно. Аналогично изменяется содержание соединений кремния в водах придонного горизонта. Самая высокая концентрация кремния (10,6 мкгSi/дм³) зафиксирована на ст. 1, что связано с влиянием речного стока и выносом продуктов выветривания в дельте Дона [4].

Содержание хлорофилла «а» в поверхностном слое достигало максимума в открытом море на ст. 1А и составило 9,88 мкг/дм³. В целом значения варьировали в пределах от 3,73 до 9,88 мкг/дм³, что соответствует мезотрофному водному объекту. В водах Таганрогского залива концентрации хлорофилла «а» варьировали в более широком диапазоне – от 2,90 до 13,9 мкг/дм³, а по средним значениям различия незначительны – 7,29 и 7,02 мкг/дм³ соответственно. Аналогично изменяется и содержание хлорофилла «а» в водах придонного горизонта исследуемых участков. Самая высокая концентрация 14,8 мкг/дм³ зафиксирована в восточной части залива (ст. 188), что указывает на формирование локальной зоны высокой продуктивности, соответствующей категории «эвтрофного» водного объекта по широко известным классификациям Винберга (1960), Бульона (1983) и др. или по авторской методике оценки уровня трофности по данным дистанционной спектроскопии водных экосистем [14].

Трофность водных экосистем в исследуемых частях Азовского моря будет изменяться в зависимости от меняющихся гидрометеорологических и гидролого-гидрохимических условий, а также при оценке с использованием иных критериев.

Таким образом, в открытой части Азовского моря и в Таганрогском заливе сложились условия умеренной продукции фитопланктона с активным потреблением биогенных веществ и высоким насыщением кислородом. На ст. 1 (х. Донской) зафиксирована зона высокой эвтрофикации: максимальные концентрации нитратов, ионов аммония, фосфатов и кремния при минимальной солености и более низком насыщении кислородом. Такое состояние указывает на прямое влияние речного стока, накопление биогенных и органических веществ и замедленную утилизацию питательных веществ фитопланктоном из-за высокой мутности и малой глубины. Полученные данные свидетельствуют о необходимости регулярного мониторинга биогенной нагрузки на экосистему Азовского моря

в целом и на Таганрогский залив, особенно в районе х. Донской, где риск усиления эвтрофирования, массового развития водорослей и гипоксии наиболее высок [15].

Полученные нами результаты имеют предварительный характер, требуют дальнейшего развития в части выявления антропогенной составляющей биогенной нагрузки, оценки качества воды и трофности экосистемы Азовского моря.

Выводы

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. В осенний период 2025 г. температурный режим открытой части Азовского моря и Таганрогского залива соответствовал многолетней норме, значительных различий в значениях температуры воды в поверхностном и придонном слое не выявлено. Соленость морских вод по направлению «открытое море – залив – дельта» снижалась от 14,4–18,5 до 13,9–8,7 е. п. с. в Таганрогском заливе и 0,84 е. п. с. в зоне смешения морских и речных вод (в дельте р. Дон). Мутность воды закономерно увеличивалась по направлению «открытое море – залив – дельта» и изменялась от категории «слабо мутная вода» (от 1,5 до 6,4 FTU) до «мутная вода» (от 10 до 22,5 FTU) в Таганрогском заливе и на ст. 1. В целом кислородный режим в открытой части моря благополучный (насыщение кислородом в поверхностном слое достигало 100–123 %), в Таганрогском заливе и в дельте – напряженный (степень насыщения кислородом составляла 95–100 %).

Значительных различий в соотношении минеральных форм азота в поверхностном слое воды в открытой части Азовского моря и в заливе не выявлено. В водах Таганрогского залива несколько выше содержание нитритов (8,74–54,7 мкгN/дм³) и ниже содержание нитратов (0,62–265,4 мкгN/дм³) и ионов аммония (77,8–386,6 мкгN/дм³) по сравнению с водами открытого моря. В придонном слое по максимальным значениям концентраций минеральных форм азота большие концентрации фиксировались в мелководном заливе, а по средним значениям – содержания примерно одинаковые. Содержание фосфатов в морской воде Азовского моря (от 11,2 до 102,3 мкгP/дм³, среднее 51,1 мкгP/дм³) выше, чем в заливе, как по общим диапазонам концентраций, так и по средним значениям. В зоне смешения морских и речных вод (ст. 1, х. Донской) зафиксированы максимальные значения концентраций минеральных форм азота и фосфора, что обусловлено влиянием речного стока.

2. Выявлено увеличение концентраций растворенных форм кремния по траектории «открытое море – залив – дельта»: в поверхностном слое моря – 0,98–2,73 мкгSi/дм³, в Таганрогском заливе – 1,44–5,31 мкгSi/дм³, в дельте Дона – 10,6 мкгSi/дм³, что связано с процессами выветривания горных пород и речным стоком.

3. По содержанию в воде хлорофилла «а» в поверхностном слое Азовского моря и на ст. 1А (до 9,88 мкг/дм³) водные экосистемы относятся к мезотрофным водоемам, в Таганрогском заливе (2,90–13,9 мкг/дм³) – относятся к экосистемам, функционирующим в переходном от мезотрофного к эвтрофному состоянию в зависимости от меняющихся гидрометеорологических и гидролого-гидрохимических условий.

Результаты анализа гидролого-гидрохимических показателей морской среды в открытой части Азовского моря и в Таганрогском заливе имеют высокую практическую значимость с точки зрения формирования программы мониторинга морских вод Азово-Черноморского бассейна в целом и обоснования необходимости проведения регулярных исследований по оценке биогенной нагрузки и степени риска усиления эвтрофирования в экосистеме Азовского моря.

Список литературы

1. Михайлов В. Н., Горин С. Л., Михайлова М. В. Новый подход к определению и типизации эстуариев // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2009. № 5. С. 3–11. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13024862> (дата обращения: 15.04.2026).
2. Кренева К. В., Филатова Т. Б., Клещенко А. В., Коршун А. М. Изменение гидролого-гидрохимических условий Таганрогского залива Азовского моря и их влияние на микробиопланктон в зимний период // Научный альманах стран Причерноморья. 2018. Т. 13. № 1. С. 108–117. URL: <https://www.science-almanac.ru/jour/article/view/222> (дата обращения: 15.04.2026). DOI: 10.23947/2414-1143-2018-13-1-108-117.
3. Косенко Ю. В., Баскакова Т. Е., Жукова С. В., Барабашин Т. О., Пятинский М. М. 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. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50399880> (дата обращения: 15.04.2026). DOI: 10.47921/2619-1024_2023_6_1_34. EDN: JIEEVJ.
4. Косенко Ю. В., Барабашин Т. О., Баскакова Т. Е. Динамика гидрохимических характеристик Азовского

моря в современный период осолонения // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2017. № 3–1 (195–1). С. 76–82. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30362366> (дата обращения: 15.04.2026). DOI: 10.23683/0321-3005-2017-3-1-76-82.

5. Сапожников В. В., Агатова А. И., Аржанова Н. В., Мордасова Н. В., Лапина Н. М., Зубаревич В. Л., Лукьянова О. Н., Торгунова Н. И. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. М.: ВНИРО, 2003. 202 с. URL: <http://dspace.vniro.ru/handle/123456789/1554> (дата обращения: 15.05.2026).

6. 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.

7. Ефимова Т. В., Чурилова Т. Я., Скороход Е. Ю., Моисеева Н. А., Землянская Е. А. Вертикальное распределение биооптических показателей вод Азово-Черноморского бассейна в апреле – мае 2019 года // Морской гидрофизический журнал. 2020. Т. 36. № 5 (215). С. 571–581. DOI: 10.22449/0233-7584-2020-5-571-581. EDN: VLCCGQN.

8. Кленкин А. А., Корпакова И. Г., Павленко Л. Ф., Темердашев З. А. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар: Просвещение-Юг, 2007. 324 с. EDN: TWOKGD.

9. Герасюк В. С. Содержание растворенного кислорода в водах Азовского моря в осенне-зимний период 2015 г. // Наука Юга России. 2017. Т. 13. № 1. С. 126–130. DOI: 10.23885/2500-0640-2017-13-1-126-130.

10. Никаноров А. М., Брызгалов В. А., Косменко Л. С., Кондакова М. Ю., Решетняк О. С. Антропогенная нагрузка на устьевую область р. Дон в современных условиях техногенного воздействия // Вода: химия и экология. 2011. № 1 (31). С. 4–10. EDN: NDQXIL.

11. 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.

12. Орехова Н. А. Режим биогенных элементов Черного моря // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37. № 6. С. 710–726. DOI: 10.22449/0233-7584-2021-6-710-726.

13. Reshetnyak O. S., Kosmenko L. S., Danilenko A. O. Trends in the variability of the chemical composition and quality of water in the Lower Volga tributaries under anthropogenic impact and climate change // Russian Meteorology and Hydrology. 2022. Т. 47. № 1. С. 67–73. DOI: 10.3103/S1068373922010083. EDN: OFBKJE.

14. Сухоруков Б. Л., Решетняк Н. В. Классификация поверхностных вод по данным дистанционной спектроскопии видимой области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 4. С. 214–226. DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-4-214-226. EDN: ARWCIQ.

15. Косенко Ю. В. Основные аспекты баланса биогенных элементов в Азовском море // Водные биоресурсы и среда обитания. 2019. Т. 2. № 4. С. 24–37. DOI: 10.47921/2619-1024_2019_2_4_24. EDN: НТКТДВ.

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. 125011700416–4.

Financing: The publication was prepared within the framework of the state assignment of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (SSC RAS), state registration No. 125040404857–4 and No. 125011700416–4.