МРНТИ

Современное состояние фитопланктона северо-восточной части Каспия: сезонная и межгодовая динамика в 2023–2024 гг.

Тимирханов С.Р., кандидат биологических наук, stimirkhanov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6933-7515

Аманов С.Б., кандидат биологических наук, Serzhan Amanov <serzh.amanov@gmail.com>

Казахский научно-исследовательский институт Каспийского моря, г. Актау, Казахстан

Аннотация

Представлены результаты комплексного анализа фитопланктона северо-восточной части Каспийского моря за 2023–2024 гг. На основе обобщения данных по различным участкам акватории моря, отличающимся по глубине солености и другим параметрам воды, получена интегральная оценка таксономического состава, численности, биомассы, индексов разнообразия фитопланктона и сапробности по видовому составу и численности водорослей. Показано, что сообщество формируется представителями шести отделов (Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta, Ochrophyta, Miozoa, Euglenozoa), при этом по численности доминируют цианобактерии, а по биомассе – диатомовые и зеленые водоросли. Среднегодовая численность и видовое богатство в 2024 г. были выше, чем в 2023 г. Индекс сапробности на всех участках находился в пределах β-мезосапробной зоны, что свидетельствует об умеренном уровне органического загрязнения и относительной устойчивости экосистемы на фоне промышленного освоения акватории.

Ключевые слова

фитопланктон, Каспийское море, численность, биомасса, индексы разнообразия, сапробность

Введение

Северо-восточная часть Каспийского моря относится к числу наиболее продуктивных и одновременно наиболее уязвимых акваторий региона. Здесь сосредоточены крупные месторождения углеводородов, включая месторождение Кашаган, индустриальное освоение которого сопровождается многокомпонентным воздействием на морскую экосистему. Фитопланктон, являясь основным продуцентом органического вещества и нижним звеном трофических цепей, крайне чувствителен к изменениям гидрологического и гидрохимического режима, эвтрофированию и загрязнению. Поэтому количественные и качественные

удалено: в районе месторождения Кашаган

удалено: нескольким акваториям и станциям

удалено: фитопланктона

удалено: месторождение Кашаган,

характеристики фитопланктона широко используются в качестве индикаторов экологического состояния акваторий.

Большинство ранее выполненных работ по фитопланктону северного и северо-восточного Каспия основано на анализе отдельных станций или ограниченных по времени серий наблюдений. В условиях интенсивного промышленного освоения важна интегральная оценка, учитывающая пространственную мозаичность и межгодовую изменчивость сообществ. Настоящее исследование направлено на обобщение данных многолетнего мониторинга фитопланктона в районе месторождения Кашаган с акцентом на сезонную и межгодовую динамику.

Целью работы явилась оценка современной структуры и динамики количественных показателей фитопланктона северо-восточного Каспия на основе интегрального анализа данных по численности, биомассе, видовому разнообразию и сапробности за 2023–2024 гг.

Материалы и методы

Исходным материалом послужили результаты плановых гидробиологических наблюдений на ряде участков северо-восточной части Каспия в 2023–2024 гг. (рисунок). Отбор проб фитопланктона осуществлялся с использованием батометра с вертикальным шагом 1 м до глубины тройной прозрачности, определяемой по диску Секки. На мелководных участках пробы отбирались в поверхностном слое. Из объединённого объёма формировалась интегрированная проба объемом 1 л, консервация проб производилась добавлением в пробу нейтрализованного (чем?) формалина до конечной концентрации порядка 2 %.

Таксономический состав водорослей определялся под световым микроскопом с определением водорослей до вида или морфологической группы по современным определителям (ссылки). Численность фитопланктона оценивали по камере Горяева с пересчётом на объём воды (млн кл./м^3). Биомасса рассчитывалась по приближённым объёмным характеристикам клеток и колоний с последующей конвертацией в массу (мг/м^3). Для характеристики структуры сообществ использовали индексы видового богатства Маргалефа, разнообразия Шеннона–Уивера, выравненности Пиелоу и доминирования Симпсона. Качество водной среды оценивали по индексу сапробности на основе видов-индикаторов.

Для настоящей работы исходные покомпонентные данные по всем станциям были агрегированы. Интегральные сезонные значения численности и биомассы рассчитывали как средние по всем станциям отбора проб, для которых были доступны полные таблицы по основным таксономическим группам. Таким образом, полученные показатели отражают обобщённое состояние фитопланктона акватории в целом, сглаживая локальные особенности отдельных участков.

удалено:

удалено:

удалено: в районе месторождения Кашаган

удалено: , включая лицензионную территорию месторождения Кашаган, участки Остров Д, Остров А, районы трубопроводной и судоходной инфраструктуры, а также линейные профили (станции EPC и DC) за…

удалено: литровая

удалено: фиксируемая

удалено: нейтрализованным

удалено: формалином

удалено:

удалено: анализ проводился методом

удалено: световой

удалено: микроскопии

отформатировано: выделение цветом

удалено: выделения

удалено:

Результаты

Таксономический состав фитопланктона исследованной акватории характеризовался высоким уровнем разнообразия. Во всех районах наблюдений выявлены представители шести отделов: Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta, Ochrophyta, Miozoa и Euglenozoa. По числу видов устойчиво доминировали диатомовые водоросли (Bacillariophyta), тогда как цианобактерии (Cyanobacteria) формировали основную часть численности. Зелёные водоросли (Chlorophyta) и диатомеи совместно обеспечивали главный вклад в биомассу, особенно в летний период. Интегральные сезонные значения численности и биомассы, полученные путём усреднения по всем станциям, представлены в таблицах 1 и 2. Они демонстрируют характерную для северного Каспия сезонную динамику: относительно низкие значения весной 2023 г., выраженный летний максимум численности в 2023 г. и повышение средних значений численности и биомассы в 2024 г. по сравнению с 2023 г.

Таблица 1 – Общая численность фитопланктона Северо-восточного Каспия (средние значения по всем станциям), млн кл./м^3

2023				2024			
Весна	Лето	Осень	Средняя	Весна	Лето	Осень	Средняя
2651.6	7882.8	6029.4		6303.1	6804.3	6147.8	

Таблица 2 – Общая биомасса фитопланктона Северо-восточного каспия (средние значения по всем станциям), мг/м^3

2023				2024			
Весна	Лето	Осень	Средняя	Весна	Лето	Осень	Средняя
1395.6	4559.8	3178.2		2772.0	4091.2	2398.7	

Как видно из таблиц 1 и 2, в 2023 г. интегральная численность фитопланктона варьировала от ~2,7×10^3 млн кл./м^3 весной до ~7,9×10^3 млн кл./м^3 летом, в то время как в 2024 г. значения были более выровненными и во всех сезонах превышали 6,0×10^3 млн кл./м^3. Биомасса демонстрировала схожие тенденции: летние значения обоих лет превосходили весенние и осенние, однако в 2024 г. средние значения весной и летом были выше, чем в 2023 г., что отражает более высокий уровень первичной продукции.

Пространственное распределение основной биомассы фитопланктона отображенная на рисунках 1-3 показывает выраженную сезонную активность. Минимальное количество фитопланктона отмечено в летний период, при этом наименьшее количество отмечено практически в дельте реки Урал, и резкое увеличение осенью в том же районе.

удалено: Интегральная

Форматированная таблица

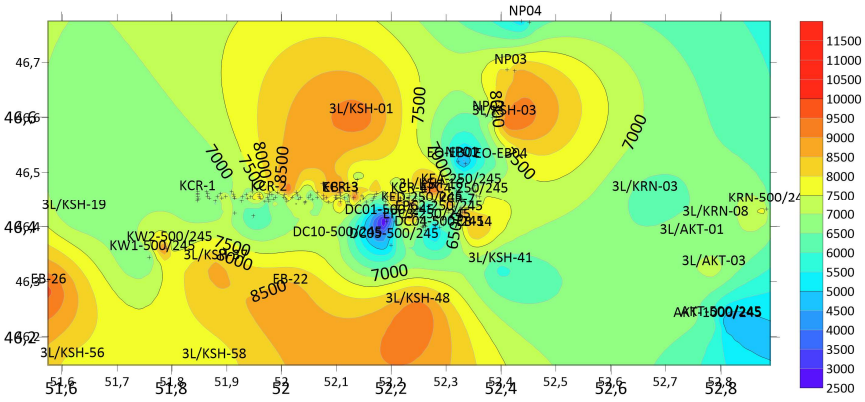
удалено: 2023 ... [1]

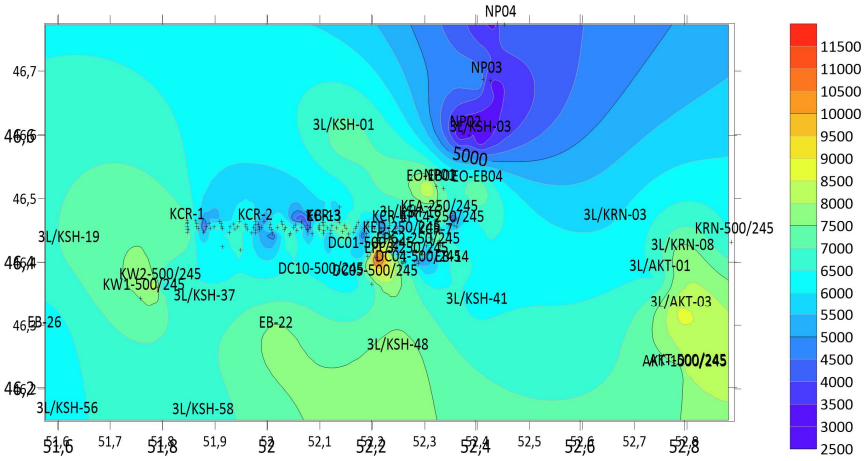
удалено: Сезон ... [2]

удалено: Интегральная

удалено: Сезон ... [3]

Также стоит отметить отрицательную динамику в районе … что скорее всего связано с антропогенным воздействием в частности….





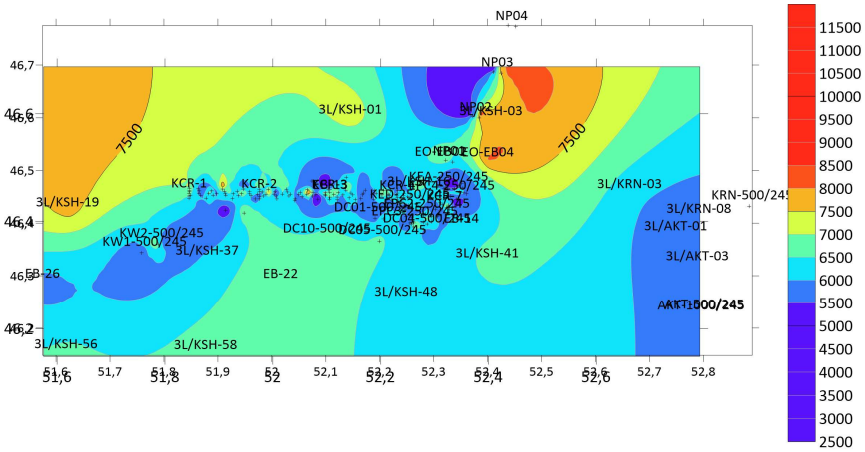


Рисунок 1

Анализ индексов видового разнообразия (Маргалефа, Шеннона–Уивера, Пиелоу, Симпсона) по отдельным участкам показал, что в 2023–2024 гг. они изменялись в относительно узких пределах, соответствующих среднему и высокому уровню разнообразия. Максимальные значения индексов чаще регистрировались летом и осенью, когда наблюдалось расширение видового спектра за счёт совместного развития диатомовых, зелёных и ряда цианобактериальных форм.

Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что фитопланктон северо-восточного Каспия в районе месторождения Кашаган сохраняет высокий уровень таксономического и структурного разнообразия на фоне индустриального освоения акватории. Устойчивое доминирование диатомовых по видовому богатству и цианобактерий по численности соответствует представлениям о продукционных процессах в эвтрофных и мезоэвтрофных прибрежных экосистемах. Повышение интегральной численности и биомассы в 2024 г. по сравнению с 2023 г. может быть связано как с межгодовой изменчивостью гидрометеорологических условий, так и с возможным усилением эвтрофирования, в том числе за счёт техногенных источников.

Особого внимания заслуживает рост вклада зелёных водорослей в биомассу на ряде участков (лицензионная территория, островные участки, линейные профили), что может отражать смену гидрохимических условий и характера трофического обеспечения. При этом индексы видового разнообразия не демонстрируют признаков резкой деградации сообществ, что позволяет говорить о пока ещё компенсированном характере происходящих изменений.

удалено:

Индекс сапробности, остающийся в пределах β-мезосапробной зоны, указывает на умеренный уровень органического загрязнения. Это согласуется с характером нагрузки: локальные техногенные источники (нефтегазовая инфраструктура, судоходство) при общем отсутствии экстремальных сбросов. Вместе с тем фиксация тенденции к повышению численности и биомассы, а также рост вклада отдельных групп (например, устойчивых к эвтрофированию цианобактерий и зелёных водорослей), требует продолжения мониторинга с акцентом на выявление возможных ранних признаков деградации.

удалено:

Заключение

1. Фитопланктон северо-восточной части Каспия в районе месторождения Кашаган представлен комплексом из шести основных отделов водорослей, при устойчивом доминировании диатомовых по видовому богатству и цианобактерий по численности.

отформатировано: выделение цветом

2. Интегральные сезонные значения численности и биомассы демонстрируют характерный для региона ход с летними максимумами и сравнительно низкими весенними и осенними значениями, при этом в 2024 г. среднегодовой уровень был выше, чем в 2023 г.

удалено:

3. Индексы видового разнообразия (Маргалефа, Шеннона–Уивера, Пиелоу, Симпсона) свидетельствуют о среднем и высоком уровне структурной организации фитопланктонных сообществ без признаков их резкой упрощённости.

удалено:

4. Индекс сапробности на всех участках находился в пределах β-мезосапробной зоны, что соответствует умеренно загрязнённой воде и указывает на пока ещё компенсированный характер техногенного воздействия

удалено:

5. Выявленные тенденции к повышению интегральной численности и биомассы, а также рост вклада зелёных водорослей в формирование биомассы обусловливают необходимость продолжения комплексного мониторинга с целью раннего выявления потенциальных негативных изменений экосистемы.

удалено: .

Список литературы

1. Автор А.А., Автор Б.Б. Фитопланктон северного Каспия: структура и динамика // Журнал морской биологии. – 2018. – Т. 44. – № 3. – С. 210–222.

2. Author A.A., Author B.B. Phytoplankton of the Caspian Sea under anthropogenic impact // Marine Ecology Progress Series. – 2019. – Vol. 610. – P. 45–60.

3. Автор В.В., Автор Г.Г. Экологическое состояние акватории месторождения Кашаган по данным биомониторинга // Экология моря. – 2020. – № 4. – С. 35–48.

4. Author C.C. et al. Phytoplankton diversity and productivity in coastal oil field regions // Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 2021. – Vol. 252. – P. 107–121.

5. Дополнительные источники по фитопланктону Каспия, гидрохимии и техногенному воздействию должны быть вставлены здесь в соответствии с требованиями конкретного журнала.

Страница 3: [1] удалено	**Serik Timirkhanov**	**02.12.2025 14:29:00**

Страница 3: [2] удалено	**Serik Timirkhanov**	**27.11.2025 20:11:00**

Страница 3: [3] удалено	**Serik Timirkhanov**	**27.11.2025 20:14:00**