

doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-62-68



КАРТА БИОЦЕНОЗОВ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

✉ Гуков А.Ю.

Якутское управление по гидрометеорологии и мониторингу природной среды, Тикси, Республика Саха (Якутия), Россия

✉ sgukov@mail.ru

Работы с целью уточнения существующей схемы распределения донных биоценозов в ключевых районах моря Лаптевых проведены в 2023 и 2024 годах. Бентос является наиболее показательным и консервативным элементом водной экосистемы, реагирующим на флуктуации гидрометеорологических условий. Процессы потепления климата и техногенное загрязнение оказывают стрессовое влияние на структуру и распространение биоценозов экстремальных зон моря. Отмечены изменения границ биоценозов и количественных показателей бентоса в прибрежных районах. Существенно дополнены имеющиеся данные о жизненных циклах массовых видов бентоса и их роли в формировании структуры биоценозов.

Ключевые слова: *шельф, биоценоз, бентос, биомасса, инфауна*

Методика. Исследования состояния донной фауны, наиболее консервативного и показательного элемента водной экосистемы, проведены на 15 станциях в июне 2023 г и зимой 2024 г. (рис. 1). Пробы грунта в прибрежной зоне отобраны со льда дночерпателем Ван-Вина 0.01 м^2 , промыты через систему почвенных сит с наименьшим размером ячеей 1 мм. Отмытые организмы фиксировались 70% этанолом. Пробы обработаны в Комплексной лаборатории мониторинга природной среды в Тикси. Новые исследования позволяют выявить изменения в структуре донных биоценозов. Материалом для итоговой карты послужили результаты обработки количественных проб донной фауны, собранных в период работ по экологическому мониторингу моря Лаптевых, а также во время экспедиций в период с 1982 по 2013 гг. [Гуков, 2013].

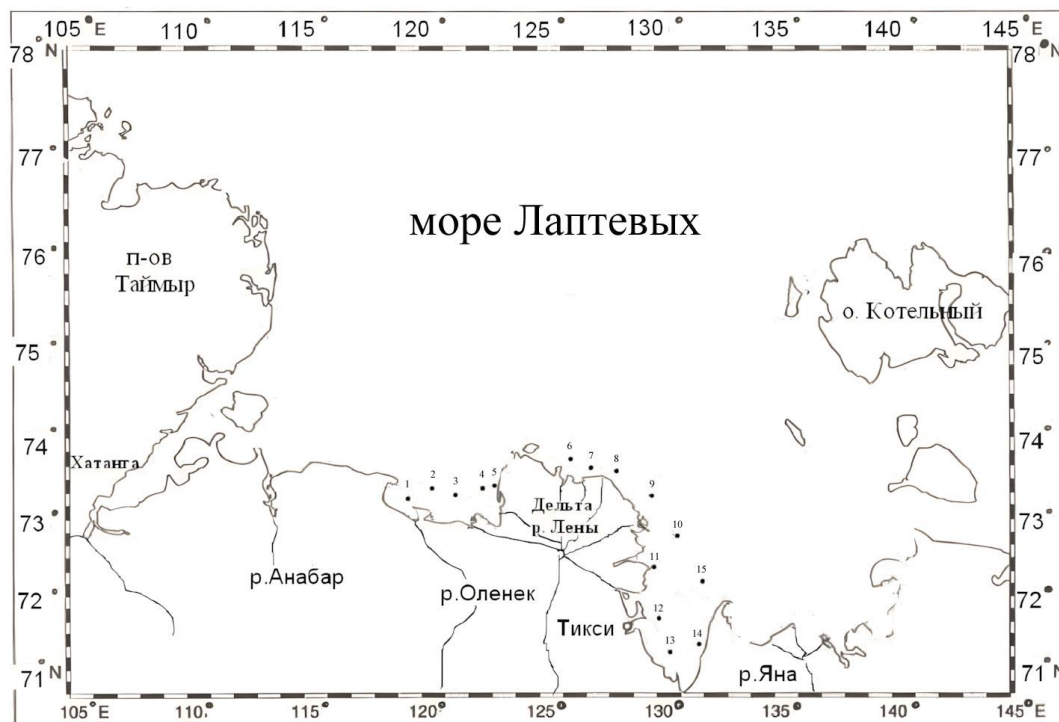


Рис. 1. Схема гидробиологических станций в южной части моря Лаптевых (апрель 2023 и июль 2024 гг.).

Результаты и обсуждение. Исследования выявили преобладание в пределах верхней сублиторали (2-12 м) биоценозов эстуарно- арктической водной массы. Вдоль побережья располагается полоса таких биоценозов с доминированием двустворчатых моллюсков *Cyrtodaria kurriana*, *Portlandia aestuariorum*, оболочников *Rhizomolgula globularis*, мшанок *Alcyonidium disciforme*. В структуре биоценозов отмечены полихеты, мизиды, амфиподы, изоподы, биомасса макрозообентоса составляет от 29.60 до 58.42 г/м². Значительная часть беспозвоночных характеризуется смешанным типом питания, сочетающим в себе наряду с потреблением детрита использование еще одного-двух видов кормов. В эстуарии преобладают виды, обладающие значительной пищевой пластичностью. Распространение донной фауны в море Лаптевых связано с ледовым режимом, характером распределения донных осадков и глубин [Голиков и др., 1990]. В пределах подводного ландшафта равнин преобладающей аккумуляции (ЛРПА) в центральной части шельфа на глубинах 20-50 м преобладают 3 типа урочищ: песчанисто-илистых равнин, илистых равнин и глинисто-илистых впадин. Фации характеризуются доминированием в биоценозах двустворчатых моллюсков *Portlandia siliqua*, *Leionucula tenuisi*, в урочищах глинисто-илистых впадин биоценозы отличаются доминированием инфауны, зарывающихся в грунт беспозвоночных [Гуков, 2020]. По типу питания это детритофаги, безвыборочно заглатывающие грунт, полихеты, хищники- гастроподы и падальщики -изоподы. Наибольшее распространение на шельфе имеет биоценоз *Portlandia siliqua*, который обнаружен на 39 станциях из 81 обследованной, на 19 станциях – *Leionucula tenuisi*.

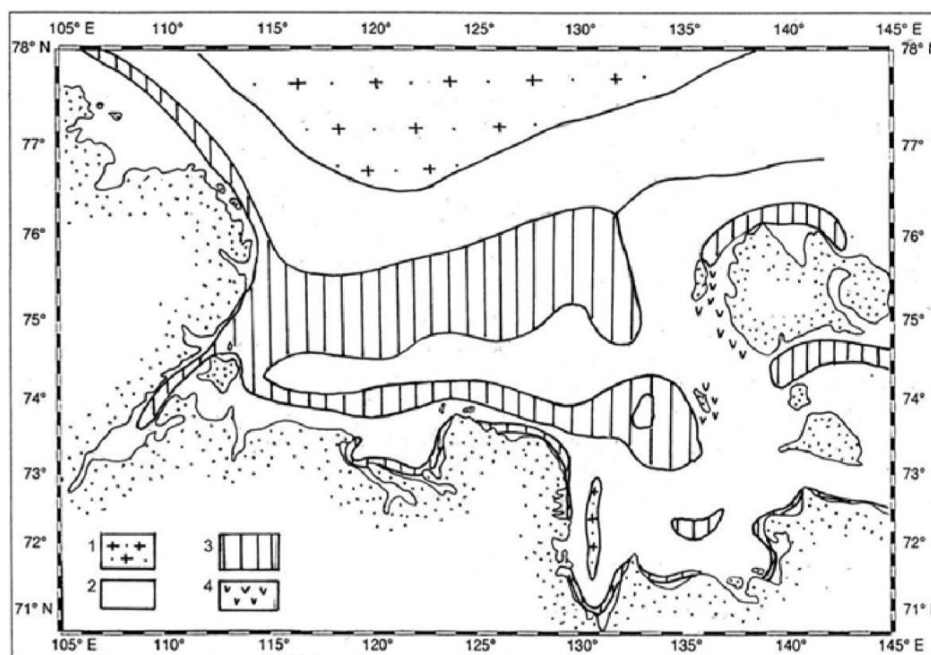


Рис. 2. Распределение трофических зон на шельфе моря Лаптевых (Гуков, 1998):

1- безвыборочно заглатывающие грунт детритофаги, 2 - выборочные детритофаги, 3 – сестонофаги, 4 – макрофиты.

Как правило, на твердых субстратах преобладает эпифауна, прикрепляющаяся к грунту, а на мягких - инфауна, зарывающаяся в осадки. Со сменой характера грунта меняется не только способ передвижения и обитания животного, но и тип питания: на твердых субстратах преобладают сестонофаги (потребители суспензий) а на мягких - детритофаги и грунтоеды (рис. 2). Большую консервативность биоценозы сохраняют в неизменных условиях в ядрах водных масс. Гораздо большие колебания испытывают видовой состав и количественные показатели бентоса в пограничных зонах(экотонах) с напряжёнными и экстремальными условиями среды (материковый склон, литораль и др.).

Сокращение ледовитости морей приводит к усилению береговой и донной термоабразии, ведёт к увеличению количества взвешенных наносов в береговой зоне и на мелководьях, активизации осадконакопления и возникновению новых островов. На Васильевской банке, где в 30-е годы XX века был разрушен о. Васильевский, возник остров Яя, фиксировавшийся на материалах космосъемки в 2007 г и открытый при аэровизуальных наблюдениях в 2013 г. [Гуков, 2013]. Процесс образования новых отмелей, сложенных илами и илистыми песками, активизировался на востоке и юге Янского залива, в прибрежье Земли Бунге и в авандельте Лены. Вновь образуемые острова - Затопляемый, Осушной (Лейкина) и другие, нередко имеют кольцеобразную форму. Смена доминирующего типа донного осадка напрямую отражается на условиях существования донных организмов. Масштабному переотложению подвергаются не только рыхлые мелкодисперсные илы и глины, но и мелкозернистые пески.

Перестройка схемы грунтов в прибрежной зоне моря связана с увеличением скоростей речного потока, возрастанием объемов твёрдых наносов, изменением характера их аккумуляции в эстуариях Лены, Яны, Оленька и Анабара. Поступление в прибрежную зону материала разрушения льдистых берегов приводит к изменениям рельефа на речных барах и в литоральной зоне. Активизируются процессы, меняющие эдафические, морфологические и термогалинные характеристики местообитаний гидробионтов, скорость их резко ускорилась. На вновь отложенных осадках формируются новые биоценозы с животными (либо изменяется площадь, занятая прежними), для которых в данных местах формируются оптимальные условия. Определяющим экологическим фактором является содержание органического углерода в осадках, его уменьшение может вызвать угнетение или исчезновение стенобионтных организмов. Специфические эстуарные биоценозы с доминированием детритофагов уступают место биоценозам фильтраторов – сестонофагов. Дельта Лены, площадью 32 тыс. км², является гидробиологическим, геохимическим и седиментологическим барьером между двумя водными массами, накопителем загрязняющих веществ. Процесс выдвигания дельты на северо-восток медленно продолжается, его темпы различны от года к году и зависят от величины водного стока. Система песчаных и илисто-песчаных кос в устьях больших проток дельты Лены распространяется в сторону моря, после весенних паводков активно заселяется эпифауной [Гуков и др., 1999].

В макробентосе северной части шельфа моря Лаптевых более 80% биомассы приходится на три группы - Polychaeta, Bivalvia и Sipuncula [Гуков, 2013]. На глубинах 52 м и глубже значительные участки дна заняты биоценозом *Ophiocten sericeum* (рис. 3). В его составе офиуры *Ophiopleura borealis*, *Ophiocantha bidentata*, а также губки, полихеты и др. На отметках около 60 м начинается резкое увеличение глубин на шельфе. В диапазоне глубин 70-100 м на внешнем шельфе господствует биоценоз сипункулид *Golfingia margaritacea*. Данные биоценозы занимают урочища крутонаклонных склоново-террасных поверхностей подводных долин рек Западная Лена и Восточная Лена [Гуков, 2020]. Продолжающийся в Баренцевом море многолетний рост биомассы Sipuncula специалисты связывают с увеличением теплосодержания водных масс на фоне глобального потепления климата [Гарбуль, 2009]. Из числа полихет наибольший вклад в создание общей биомассы вносят *Maldane sarsi* и *Scoletoma fragilis*; у Bivalvia - *Nuculana* spp. В эпифауне преобладают офиуры голова горгоны *Gorgonocephalus arcticus* и морские звёзды [Глебов и др., 2016].

В глубоководной северной и северо-западной части шельфа с преобладанием процессов осадконакопления доминируют детритофаги (*G. margaritacea*, *M. sarsi*, *S. fragilis* и *Nuculana* spp.). Основу биомассы морских звёзд составляют представители сем. Asteroiidae (99,5 %), а также *Ctenodiscus crispatus*, *Crossaster papposus*, *Pteraster obscurus* и *Solaster* sp.

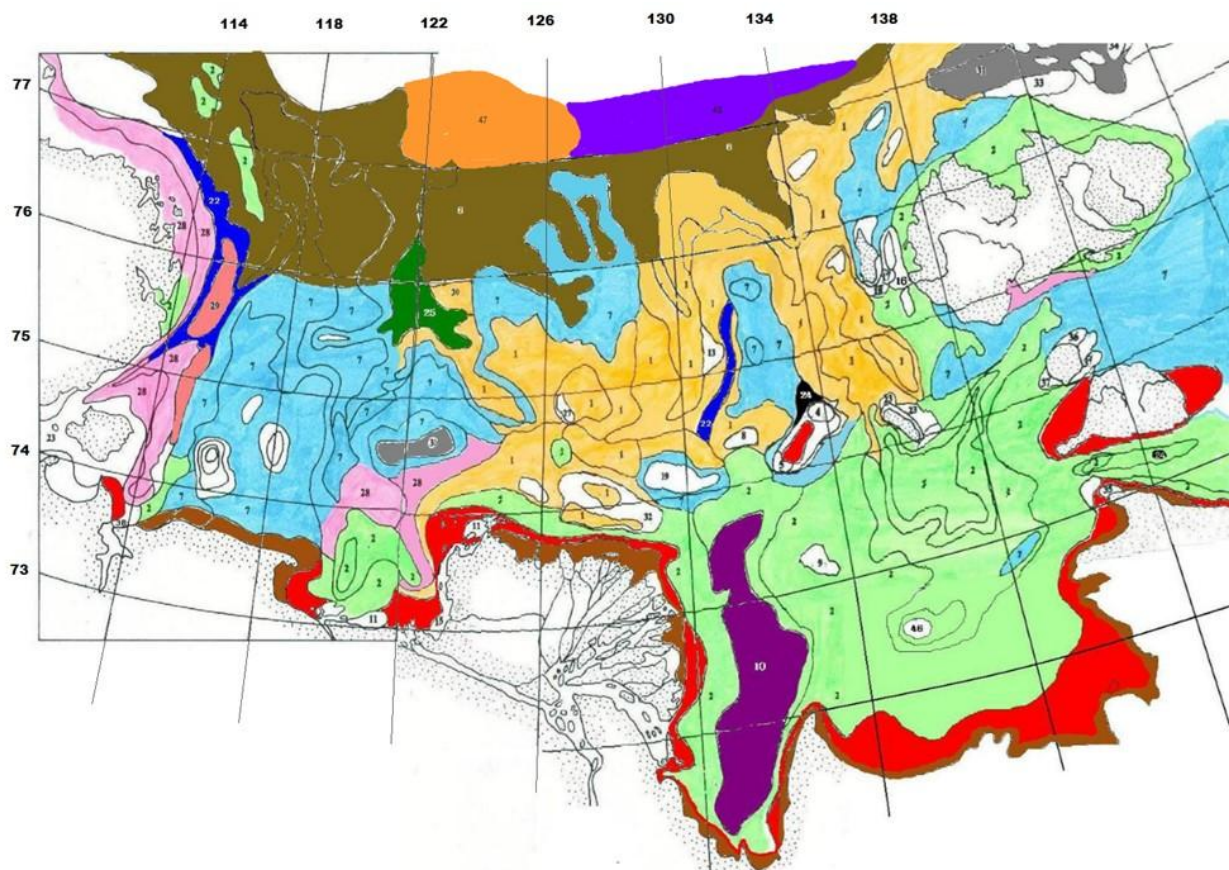


Рис.3. Карта распределения донных биоценозов моря Лаптевых.

1. *Leionucula tenuisi*, 2. *Portlandia siliqua*, 3. *Portlandia aestuariorum*, 4. *Portlandia aestuariorum* + *Alcyonidium disciforme*, 5. *Rhizomolgula globularis* + *Portlandia aestuariorum* + *Alcyonidium disciforme*, 6. *Ophiocten sericeum*, 7. *Astarte borealis*, 8. *Macoma calcarea*, 9. *Saduria entonion* + *Saduria sibirica*, 10. *Portlandia siliqua* + *Scoloplos armiger*, 11. *Saduria entomon* + *Gammaracanthus loricatus*, 12. *Saduria entomon* + *Laphoeina maxima* + *Eucratea loricata*, 13. *Ophiura sarsi*, 14. *Cyrtodaria kurriana*, 15. *Saduria entomon* + *Mysis relicta*, 16. *Phyllophora truncata* + *Laminaria solidungula* + *Phakellia cribrosa* + *Haliclona gracilis* + *Suberites domuncula*, 17. *Saduria sibirica* + *Portlandia siliqua* + *Haliclona gracilis* + *Astarte crenata* + *Suberites domuncula*, 18. *Balanus crenatus* + *Suberites domuncula* + *Eucratea loricata*, 19. *Alcyonidium disciforme*, 20. *Portlandia siliqua* + *Leionucula tenuisi*, 21. *Nuculana radiata*, 22. *Maldane sarsi*, 23. *Suberites domuncula*, 24. *Rhizomolgula globularis*, 25. *Leionucula tenuisi* + *Yoldia amygdalea hyperborean*, 26. *Eucratea loricata*, 27. *Astarte borealis* + *Maldane sarsi* + *Macoma calcarea*, 28. *Astarte borealis* + *Nicania montagui* + *Portlandia siliqua*, 29. *Nuculana pernula*, 30. *Maldane sarsi* + *Nuculana pernula* + *Bathyarca glacialis*, 31. *Ocnus glacialis*, 32. *Ophiocten sericeum* + *Leionucula tenuisi*, 33. *Saduria sibirica* + *Ophiocten sericeum*, 34. *Myriotrochus rinkii* + *Saduria sibirica* + *Ophiura sarsi*, 35. *Gammarus setosa*, 36. *Prionospio cirrifera* + *Gammarus setosa*, 37. *Scoloplos armiger* + *Terebellides stroëmi*, 38. *Portlandia aestuariorum* + *Liocyma fluctuosa*, 39. *Ophiocten sericeum* + *Maldane sarsi*, 40. *Laphoeina maxima*, 41. *Limnodrilus hoffmeisteri*, 42. *Yoldiella intermedia*, 43. *Saduria entomon* + *Ampharete vega*, 44. *Thyonidium pellucidum*, 45. *Saduria entomon* + *Dictyosiphon foeniculata*, 46. *Nephtys longosetosa*, 47. *Polychaeta* + *Golfingia margaritacea*, 48. *Golfingia margaritacea*.

Все повышенные концентрации морских звезд отмечались в интервале глубины 59–66 м, а в верхней части материкового склона они значительно снижаются [Глебов и др., 2016; Колпаков и др., 2022].

В море Лаптевых зоны преобладания сестонофагов и детритофагов четко разобщены в пространстве. Подводные ландшафты определяют распределение биоты, чередование трофических зон бентоса связано с содержанием органического вещества в осадках, рельефом и типом грунта. Ландшафт равнин преобладающей аккумуляции,

господствующий на шельфе Восточно-Сибирского моря, в море Лаптевых выделен в центральной части шельфа к северу от дельты Лены и у северного края шельфа. Схема ландшафтов и донных биоценозов осложнена более сложным рельефом, реликтовыми речными долинами и подводными плакорами между ними. В ближайшее десятилетие объём поступления тёплых и солёных атлантических вод будет меняться, что может повлиять на структуру и распределение биоценозов, связанных с атлантической водной массой. Быстрое разрушение ледников Гренландии и поступление огромных объёмов пресной воды в Северную Атлантику изменяет в определённой степени водный баланс и схему течений в Арктике.

На глубинах более 100 м в пределах внешнего шельфа существование биоценоза гольфингии, связано с клином относительно тёплых и солёных атлантических вод. В сравнении с данными прошлых лет в нижнем отделе шельфа моря Лаптевых на глубинах более 70 м выявлены существенные изменения в структуре донных сообществ. В местах прежнего доминирования *Orphiuroidea* теперь лидирующее положение принадлежит *Siruncula*, не переносящим распреснения.

Экстремальные физические условия среды, короткие пищевые цепи, а также мелководность моря Лаптевых усложняют восстановление биоценозов дна и пелагиали после загрязнения. В акватории морского порта Тикси в течение 100 лет, на фоне ухудшения качества вод, произошла постепенная замена донного биоценоза *Cyrtodaria kurriana* на биоценоз *Oligochaeta*. Доминирование в структуре перешло к нетребовательным к кислородному режиму, повышенному содержанию в осадках фенолов и нефтепродуктов организмам инфауны.

Масштабный разлив нефтепродуктов в октябре 1982 г. после аварии танкера «Борислав» нанёс значительный ущерб гидробионтам юго-восточной части моря Лаптевых. Опасения вызывают масштабные планы строительства глубоководного морского порта Найба. Ускорены природные процессы повышения температуры воды, поступающей с материковым стоком. Изменяются трофические условия в прибрежной зоне в связи с оттаиванием многолетнемерзлых пород и возрастающим поступлением органики в море, баланс между поступлением пищевых веществ и их потреблением в устьевой области р. Лены. В зонах активной гидродинамики происходят изменения количественных характеристик и структуры биоценозов, замена доминирующих видов.

У окончания хребта Гаккеля дно моря Лаптевых круто обрывается и глубины дна моря резко возрастают. Материковый склон прорезан желобом Садко, переходящим на севере в котловину Нансена с глубинами свыше 2 км, здесь же отмечается максимальная глубина моря Лаптевых - 3385 м. На севере шельфа отрицательная температура сохраняется от поверхности до горизонта 100 м (верхней кромки материкового склона), после чего повышается до 0,6-0,8°C и сохраняется до горизонта 300 м, ниже которого снова понижается при приближении к дну. Наблюдаемое повышение температур в горизонте от 100 до 300 м вызвано поступлением теплых атлантических вод из Центрального Арктического бассейна. Предположительно, резкие изменения объёмов поступления атлантических вод на внешний шельф моря Лаптевых вызывают ответ биоты и быструю адаптацию донного населения к внешним воздействиям.

Имеющаяся пространственная гетерогенность донных биоценозов моря Лаптевых обусловлена комплексом факторов: солёностью, типом донных осадков, содержанием в них органического вещества, гидрохимическими характеристиками, определяющих структуру видового состава, биомассу и плотность поселений бентоса. Солёность имеет главенствующую роль в формировании разномасштабной пространственно-временной структуры биоценозов. По мере увеличения солёности (при удалении от берегов материка, с увеличением глубин и в течение всего зимнего сезона) растут значения большинства структурных показателей биоценоза - видовое разнообразие, средние размеры и общая биомасса организмов, количественные показатели бентоса, зона распространения морских видов. Существующие ограничения в численности и биомассе гидробионтов обусловлены

не дефицитом пространственных или пищевых ресурсов (большинство видов - детритофаги), но комплексом факторов среды, негативно влияющих на самые ранние стадии развития беспозвоночных [Хлебович, 1974]. Благодаря миграции органического вещества с водными массами и живыми организмами устанавливается относительный баланс между продуцирующими и потребляющими элементами системы [Гуков, 1998]. Избыток органического вещества аккумулируется, трансформируется или мигрирует в соседние морские или береговые экосистемы.

Выводы. Экстремальность условий моря Лаптевых выражается в низком видовом разнообразии и низких биопродукционных характеристиках организмов бентоса. Карта распределения донных биоценозов основана на результатах многолетних исследований и иллюстрирует закономерности пространственного распространения бентоса в море Лаптевых. Современные изменения границ отдельных биоценозов связаны с нарастающим воздействием на экосистему моря процессов потепления климата. Ассимиляционная емкость моря т.е. способность экосистем бороться с последствиями нарушений устоявшихся биогеохимических процессов и восстанавливаться после негативных воздействий, имеет значительные ограничения в прибрежных и эстуарных арктических водах. У края шельфа она сегодня выражается в расширении площадей биоценозов, существующих в условиях атлантической водной массы. Основное воздействие Северо-Атлантического течения принимает на себя экосистема Баренцева моря, более восточные морские акватории находятся в более стабильном и консервативном термогалинном состоянии. Однако, именно северная часть Гольфстрима может отмереть в результате таяния гренландского ледяного щита и уменьшения солёности в северной Атлантике. Мощный тёплый клин атлантических вод при этом катастрофически уменьшится, что приведёт к исчезновению фауны атлантического происхождения на внешнем шельфе моря Лаптевых. Возрастание стока рек Лены, Яны, Оленька и Анабара увеличит распреснение моря Лаптевых, что будет способствовать интенсификации льдообразования, повышению альбедо и закономерному понижению температуры в полярных акваториях.

ЛИТЕРАТУРА

- Гарбуль Е.А.* Распределение морских червей *Sipuncula* в районе Новой Земли и Земли Франца-Иосифа // Доклады РАН. 2009. Т. 426. № 6. С. 834–837.
- Глебов И.И., Надточий В.А., Савин А.Б.* и др. Результаты комплексных исследований в море Лаптевых в августе-сентябре 2015 г. // Известия ТИНРО. 2016. Т. 187. С. 72–88. doi: 10.26428/1606-9919-2016-187-72-88
- Голиков А.Н., Скарлато О.А., Аверинцев В.Г.* и др. Экосистемы Новосибирского мелководья и некоторые закономерности их распределения и функционирования // Экосистемы Новосибирского мелководья и фауна моря Лаптевых и сопредельных вод: сб. науч. тр. Л.: Наука, 1990. С. 4-79. (Исслед. фауны морей, т. 37(45).)
- Гуков А.Ю.* Особенности распределения трофических группировок бентоса в море Лаптевых. Океанология. 1998. Т. 38. № 5. 734-741 с
- Гуков А.Ю., Тищенко П.Н., Семилетов И.П.* и др. Особенности распределения биомассы макробентоса в верхней сублиторали юго-восточной части моря Лаптевых // Океанология. 1999. Т. 39. № 3. С. 406–411.
- Гуков А.Ю.* Экология донных биоценозов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского: дис. ...д-ра биол. наук. Якутск: СВФУ, 2013. 417 с.
- Гуков А.Ю.* Подводные ландшафты сибирских морей. М. Грин Принт, 2020, С. 88.
- Колпаков Е.В., Нуржденко С.А., Соколенко Д.А.* Распределение основных таксономических групп доминирующих видов макробентоса морей Восточной Арктики // Известия ТИНРО. 2022. Т. 202. №1. С. 146-160. doi: 10.26428/1606-9919-2022-202-146-160
- Хлебович В.В.* Критическая солёность биологических процессов. Л., Наука, 1974, 237 с.

MAP OF BIOCENOSES OF THE LAPTEV SEA

Gukov A.Yu.

Yakutsk Department of Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Tiksi, Republic of Sakha (Yakutia),
Russia

Changes in the structure of biocenoses in the context of global warming dictate the need to monitor natural processes. Work to clarify the existing distribution pattern of bottom biocenoses in key areas of the Laptev Sea was carried out in 2023 and 2024. Benthos is the most indicative and conservative element of the aquatic ecosystem, responding to fluctuations in hydrometeorological conditions. Global warming processes and technogenic pollution have a stressful effect on the structure and distribution of biocenoses in extreme zones of the sea. Changes in the boundaries of biocenoses and quantitative indicators of benthos in coastal areas were noted. The existing data on the life cycles of common benthos species and their role in the formation of the structure of biocenoses have been significantly supplemented.

Keywords: *shelf, biocenosis, benthos, biomass, infauna*

REFERENCES

Glebov I.I., Nadtochiy V.A., Savin A.B. et al. Results of comprehensive studies in the Laptev Sea in August–September 2015 // *Izvestiya TINRO*. 2016. Vol. 187. P. 72–88. doi: 10.26428/1606-9919-2016-187-72-88.

Golikov A.N., Skarlato O.A., Averintsev V.G. and others. Ecosystems of the Novosibirsk shallow waters and some patterns of their distribution and functioning // *Ecosystems of the Novosibirsk shallow waters and the fauna of the Laptev Sea and adjacent waters: collection of scientific papers*. L.: Nauka, 1990. P. 4–79. (Research on the fauna of the seas, vol. 37(45).).

Gukov A.Yu. Features of the distribution of trophic groups of benthos in the Laptev Sea // *Oceanology*. 1998. Vol. 38. No. 5. 734–741 p.

Gukov A.Yu., Tishchenko P.N., Semiletov I.P. et al. Features of the distribution of macrobenthos biomass in the upper sublittoral of the southeastern part of the Laptev Sea // *Oceanology*. 1999. Vol. 39/ No. 3. P. 406–411.

Gukov A.Yu. Ecology of bottom biocenoses of the Laptev and East Siberian seas: diss. Doctor of Biological Sciences. Yakutsk: Yakutsk State University, 2013. 417 p.

Gukov A.Yu. Underwater landscapes of the Siberian seas. M. Green Print, 2020, P. 88.

Kolpakov E.V., Nuzhdenko S.A., Sokolenko D.A. Distribution of the main taxa and dominant species of macrobenthos in the seas of the East Arctic // *Izvestiya TINRO*. 2022. Vol. 202. Issue 1. P. 146–160. doi: 10.26428/1606-9919-2022-202-146-160

Khlebovich V.V. Critical salinity of biological processes L., 1974, Science, 235 p.