

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 574.62 (211-17)

ББК 26.22я73 Э 40

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-2-6-17>



Принципы ландшафтно-биономического районирования Баренцева моря

Петров К.М.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
Санкт-Петербург, Россия

✉ k.petrov@spbu.ru

Аннотация. Ландшафтно-биономическое районирование раскрывает действие гидрологического и геоморфологического звеньев физико-географического процесса на биономическую дифференциацию дна Баренцева моря. Полярный фронт отделяет арктические водные массы и сообщества от субарктических; под влиянием ветвей теплого атлантического течения формируются экстрazonальные бореальные биомы. Геоморфологическое строение является литогенной основой, определяющей формирование биономических типов дна Баренцева моря: установлено, что каждой геоморфологической области соответствует одна группировка макрозообентоса.

Ключевые слова: ландшафтно-биономическое районирование, биономическая дифференциация, геоморфологическое строение, литогенная основа, группировки макрозообентоса

Конфликт интересов: автор сообщает об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Петров К.М. Принципы ландшафтно-биономического районирования Баренцева моря. *Арктика и инновации*. 2024;2(2):6–17. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-2-6-17>

Principles of landscape-bionomic zoning of the Barents Sea

Kirill M. Petrov

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

✉ k.petrov@spbu.ru

Abstract. Landscape-bionomic zoning reveals the effect of hydrological and geomorphological links of the physical-geographical process on the bionomic differentiation of the Barents Sea floor. The polar front separates the Arctic water masses and communities from the subarctic ones; under the influence of warm Atlantic Current branches, extrazonal boreal biomes are formed. The geomorphological structure represents the lithogenic basis that determines the formation of bionomic types of the Barents Sea floor. It was established that each geomorphological region corresponds to one macrozoobenthos group.

Keywords: landscape-bionomic zoning, bionomic differentiation, geomorphological structure, lithogenic basis, macrozoobenthos groups

Conflict of interests: the author declares no conflict of interest.

For citation: Petrov K.M. Principles of landscape-bionomic zoning of the Barents Sea. *Arctic and Innovations*. 2024;2(2):6–17. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-2-6-17>

Введение

Ландшафтно-биономическое районирование Баренцева моря обусловлено деятельностью двух звеньев физико-географического процесса: гидрологического и геоморфологического (морфоструктурного); третье, биономическое, звено зависит от действия двух первых. Схема биономического районирования, предложенная международной Арктической программой, отражает связь донных группировок с гидрологическими условиями и геоморфологическим строением дна Баренцева моря.

Гидрологическое звено

В Баренцево море теплые атлантические воды поставляют Норвежское, Западно-Шпицбергенское, Нордкапское и Западно-Гренландское течения. Холодные воды и льды выносятся из Арктики на юг Восточно-Гренландским и Лабрадорским течениями (рис. 1).

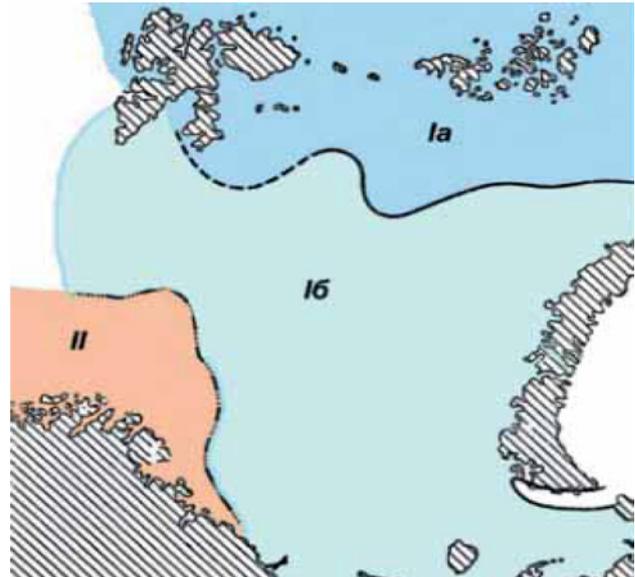


Рис. 2. Природные зоны поверхностных вод Баренцева моря. I — арктический пояс: Ia — арктическая зона; I6 — субарктическая зона; II — экстразональная баренцевоморская провинция boreальной зоны умеренного пояса

Fig. 2. Natural zones of surface waters of the Barents Sea. I — Arctic belt: Ia — Arctic zone; I6 — Subarctic zone; II — extratropical Barents Sea province of the boreal temperate zone

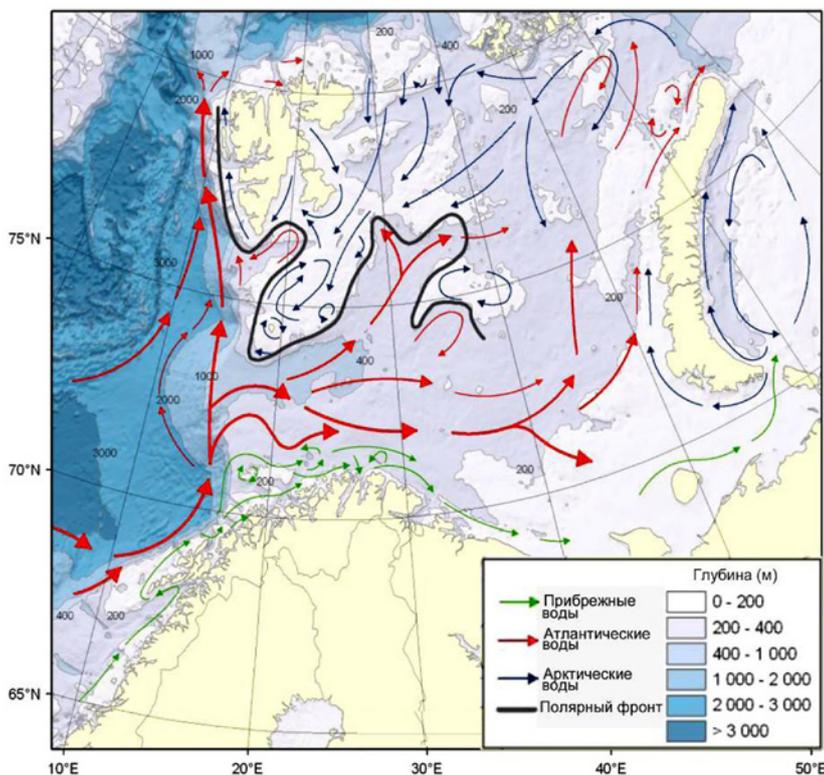


Рис. 1. Течения и водные массы Баренцева моря.
<https://triptonkosti.ru/21-foto/batimetriceskaya-karta-barenceva-morya.html>

Fig. 1. Currents and water masses in the Barents Sea.
<https://triptonkosti.ru/21-foto/batimetriceskaya-karta-barenceva-morya.html>

Под влиянием теплых течений из Атлантического океана находится вся юго-западная часть моря. Прибрежная ветвь — наиболее теплая (средняя годовая температура около 5 °C) — движется вдоль северной Норвегии и Мурманского побережья. Эта ветвь имеет ведущее значение для формирования на юго-западе Баренцева моря экстразональных boreальных ландшафтов.

Атлантические воды, встречаясь с арктическими, менее солеными и более холодными, опускаются вниз. На их место, на поверхность, выходят глубинные воды. Совокупности этих явлений дано название «полярный фронт»; он является зональной границей, отделяющей арктические воды от субарктических (рис. 2).

В зимнее время образуется покров морских льдов. Летом в субарктической зоне он исчезает с большей части акватории и остается только на севере в арктической зоне.

С начала XX века отмечается потепление Арктики, которое связано, во-первых, с доминированием зонального переноса воздушных масс в Атлантико-Европейском регионе, вызвавшего повышение циклонической активности в Баренцевом море; во-вторых, с увеличением приноса тепла течениями; в-третьих, с активизацией антициклонической деятельности в теплую часть года, способствовавшей повышению температуры воздуха и верхнего слоя моря за счет увеличения поступления солнечной энергии [4].

Геоморфологическое (морфоструктурное) звено

Геоморфологическое строение (морфоструктуры, выраженные в рельефе) является литогенной основой, на которой формируются подводные ландшафты Баренцева моря. По сравнению с другими арктическими морями баренцевоморский шельф более глубоководный, и при этом здесь нет монотонного возрастания глубины в сторону океана. Общие черты рельефа Баренцева моря отображены на геоморфологической карте, составленной А.Г. Зинченко (рис. 3).

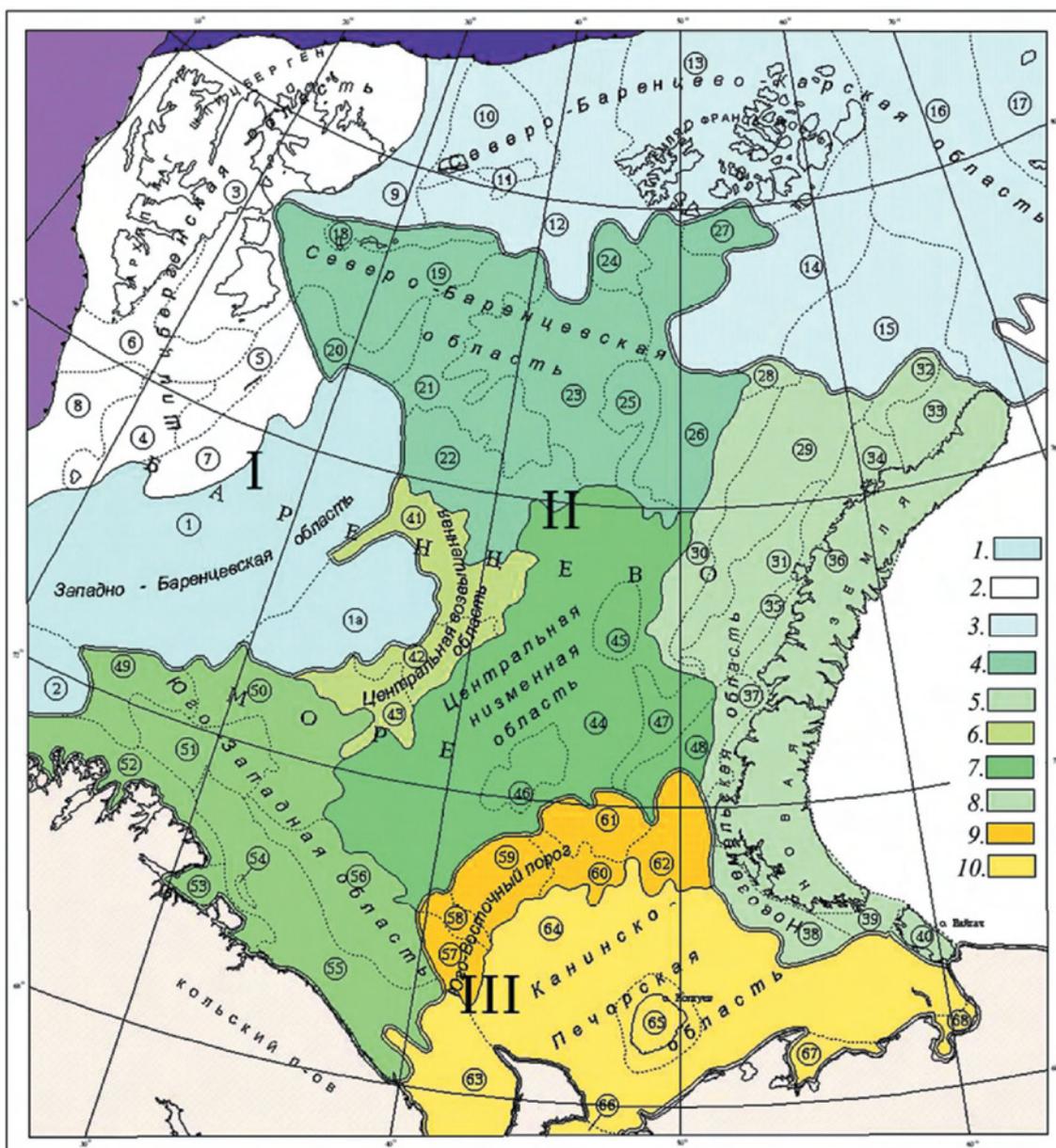


Рис. 3. Геоморфологическое районирование Баренцева моря. Масштаб 1:6 000 000 [2]

Fig. 3. Geomorphological zoning of the Barents Sea. Scale 1:6,000,000 [2]

I — Крайно-шельфовая провинция. Западно-Баренцевская область желобов и впадин: 1 — Медвежинский желоб, 1a — Восточно-Медвежинская котловина; 2 — Желоб Ингей; Шпицбергенская возвышенная область: 3 — Шпицбергенское поднятие, 4 — Шпицбергенская банка, 5 — Надеждинское плато, 6 — Зюйдкапский желоб, 7 — Восточно-Шпицбергенский склон, 8 — Юго-западный Шпицбергенский склон. Северо-Баренцево-Карская область поднятий и желобов: 9 — Желоб Орла, 10 — Плато острова Белый, 11 — Плато Виктория, 12 — Желоб Франц-Виктория, 13 — Поднятие Земли Франца-Иосифа, 14 — Северо-Восточная возвышенность, 15 — Северо-Восточный желоб, 16 — Желоб Святой Анны.

II — Внутршельфовая провинция. Северо-Баренцевская равнинная область: 17 — Центрально-Карское плато, 18 — Возвышенность Короля Карла, 19 — Желоб Короля Карла, 20 — Седловина Персея, 21 — Возвышенность Персея, 22 — Желоб Персея, 23 — Северная равнина, 24 — Плато Альбакова, 25 — Возвышенность Кленовой, 26 — Впадина Альбакова, 27 — Желоб Альбакова. Новоземельская область линейных возвышенностей и желобов: 28 — Северо-восточная седловина, 29 — Западно-Новоземельская возвышенность, 30 — Адмиралтейский склон, 31 — Западно-Новоземельский желоб, 32 — Плато Литке, 33 — Желоб Литке, 34 — Западно-Новоземельский склон, 35 — Крестовая терраса, 36 — Новоземельское поднятие, 37 — Кармакульская терраса, 38 — Южно-Новоземельский желоб, 39 — Седловина Карских Ворот, 40 — Вайгачское поднятие. Центральная возвышенная область: 41 — Центральная возвышенность, 42 — Демидовский желоб, 43 — Демидовская возвышенность. Центральная низменная область: 44 — Центральная впадина, 45 — Безымянная возвышенность, 46 — Гусиная терраса, 47 — Восточная терраса, 48 — Моллеровский склон. Юго-Западная область преимущественно линейных возвышенностей и желобов: 49 — Нордкинское плато, 50 — Финмаркенская равнина, 51 — Нордкинская впадина, 52 — Скандинавский склон, 53 — Кольский склон, 54 — Рыбачье плато, 55 — Кольский желоб, 56 — Мурманская возвышенность.

III — Мелководная провинция. Канинско-Печерская область, Юго-Восточный порог: 57 — Южно-Канинское плато, 58 — Канинский желоб, 59 — Северо-Канинское плато, 60 — Гусиный желоб, 61 — Гусиное плато, 62 — Плато Моллера. Канинско-Печерская равнинная область: 63 — Канинская ступень, 64 — Печероморская ступень, 65 — Колгуевское поднятие, 66 — Чешская губа, 67 — Печерская губа, 68 — Хайпудырская губа.

I — Marginal-shelf province. West Barents region of troughs and depressions: 1 — Medvezhinsky trough, 1a — East Medvezhinsky basin; 2 — Ingey trough; Spitsbergen uplifted area: 3 — Spitsbergen uplift, 4 — Spitsbergen bank, 5 — Nadezhdinsky plateau, 6 — Zuydkap trough, 7 — East Spitsbergen slope, 8 — South-West Spitsbergen slope. North Barents-Kara region of rises and troughs: 9 — Orel Trough, 10 — Bely Island Plateau, 11 — Victoria Plateau, 12 — Franz-Victoria Trough, 13 — Franz Josef Land Uplift, 14 — Northeast Uplift, 15 — Northeast Trough, 16 — St. Anna Trough.

II — Intrashelf Province. North Barents Plain Province: 17 — Central Kara Plateau, 18 — King Charles Uplift, 19 — King Charles Trough, 20 — Persey Saddle, 21 — Persey Uplift, 22 — Persey Trough, 23 — Northern Plain, 24 — Albakov Plateau, 25 — Klenova Uplift, 26 — Albakov Basin, 27 — Albakov Trough. Novozemelskaya area of linear uplands and troughs: 28 — Northeast Saddle, 29 — West Novozemelskaya Uplift, 30 — Admiralteisky Slope, 31 — West Novozemelskaya Trough, 32 — Litke Plateau, 33 — Litke Trough, 34 — West Novozemelskaya Slope, 35 — Krestovaya Terrace, 36 — Novozemelskaya Rise, 37 — Karmakul Terrace, 38 — South Novozemelsky Ridge, 39 — Kara Gates Saddle, 40 — Vaigach Rise. Central upland area: 41 — Central Upland, 42 — Demidovsky Trough, 43 — Demidovskaya Upland. Central lowland area: 44 — Central Depression, 45 — Bezmyannaya Upland, 46 — Gusinaya Terrace, 47 — Eastern Terrace, 48 — Mollerovsky Slope. Southwest area of predominantly linear uplands and troughs: 49 — Nordkingskoye Plateau, 50 — Finmarkenskaya Plain, 51 — Nordkingskaya Trough, 52 — Scandinavian Slope, 53 — Kola Slope, 54 — Rybachie Plateau, 55 — Kola Trough, 56 — Murmansk Upland.

III — Shallow Water Province. Kaninsko-Pecherskaya Province, South-Eastern Threshold: 57 — South Kaninskoye Plateau, 58 — Kaninsky Trough, 59 — North Kaninskoye Plateau, 60 — Gusiny Trough, 61 — Gusinoye Plateau, 62 — Mollera Plateau. Kaninsko-Pechorskaya plain region: 63 — Kaninskaya Stage, 64 — Pecheromorskaya Stage, 65 — Kolguyev Rise, 66 — Cheskaya Bay, 67 — Pecherskaya Bay, 68 — Khaipudirskaya Bay.

Наиболее крупные таксоны — это геоморфологические провинции.

Крайно-шельфовая провинция объединяет формы или непосредственно граничащие с бровкой шельфа, или сопряженные с ней. Рассматриваемая провинция представляет собой зону транзита вещества, которое через глубокие крайно-шельфовые желоба поступает на континентальный склон. В пределах крайно-шельфовой провинции сосредоточена также группа покрытых ледниками гористых островов, объединяющихся в архипелаги, которые имеют обширные подводные цоколи. Перепад отметок от гор на островах до днищ желобов в ее пределах достигает 1000 м. Крупные замкнутые котловины для этой провинции не характерны. Провинция разделяется на три области. *Западно-Баренцевская* объединяет формы, тяготеющие

к Норвежско-Гренландскому глубоководному бассейну. *Баренцево-Северо-Карская* — к Арктическому, а *Шпицбергенская* — одновременно к ним обоим. При этом первая из названных областей является низменной, вторая — преимущественно возвышенной, а третья включает в себя как глубокие желоба, так и крупные островные и подводные возвышенности.

Внутршельфовая провинция объединяет те формы переуглубленного шельфа, которые не имеют непосредственного выхода к бровке. Перепад отметок здесь не так значителен. Во внутршельфовую область входит лишь одно крупное островное поднятие — Новоземельское. В составе провинции выделяются пять областей. *Северо-Баренцевская область*, представляющая собой сложно построенный порог, включает в себя положительные формы, замыкающие

с севера внутренний Центральный бассейн. Кроме того, в состав области входят заключенные между возвышенностями обширные равнины и впадины (преимущественно замкнутые). По желобу Персея Северо-Баренцевская область граничит с *Центральной возвышенной областью*, которая также представляет собой порог между бассейном низменных *Центральной* и *Западно-Баренцевской областей*. Почти вся она занята обширной Центральной впадиной Баренцева моря, которая представляет собой самый крупный почти полностью изолированный внутренний бассейн. Через узкий проход между *возвышенностями Кленовой* и *Адмиралтейства* она соединена с впадиной *Альбанова*, а с *Медвежьим желобом* — через *желоб Персея*. Дно желоба Персея состоит из нескольких ванн, разделенных перемычками. Со всеми окружающими ее возвышенностями Центральная впадина имеет общие склоны высотой до 150–200 м, сверху четко ограниченные бровками, а снизу — вогнутыми перегибами.

Новоземельская и Юго-Западная области отличаются от других областей внутришельфовой провинции тем, что входящие в них орографические формы отчетливо линейные и образуют систему, состоящую из узких желобов и сопряженных с ними возвышенностей. Обе области представляют собой сложные пороги: Новоземельская разделяет внутришельфовые бассейны Баренцева и Карского морей, а Юго-Западная область отчленяет бассейн Центральной впадины от потока осадков, поступающих с Балтийского щита. Обе рассматриваемые области включают в себя полностью замкнутые отрицательные формы, такие как впадина *Дьюпренна* и *Южно-Новоземельский желоб*.

Мелководная провинция является лишь относительно мелководной на фоне значительно переуглубленных окраинно- и внутришельфовой провинций. Глубины до 100 м в ее пределах для сибирских морей оцениваются как значительные. Граничащий с Центральной низменной областью Юго-Восточный порог может быть отнесен к ней, однако по глубинам он тяготеет к Канинско-Печорской области.

Показанные на карте особенности рельефа предлагается использовать в качестве морфоструктурного каркаса ландшафтно-биологического районирования Баренцева моря.

Биологическое звено

Биологические процессы в Баренцевом море осуществляются при участии трех главных трофических групп гидробионтов: фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. Завершающим звеном пищевой цепи являются рыбы, птицы и млекопитающие (рис. 4).

Основная роль в продуцировании органического вещества в море принадлежит фитопланктону. В Баренцевом море за тот небольшой промежуток времени, когда фитопланктон имеет возможность вегетировать, создается огромная масса первичного органического вещества. Наиболее высокие значения первичной продукции отмечены в зоне смешения атлантических и собственно баренцевоморских вод. Здесь происходит обогащение фотической зоны биогенными элементами, которые поддерживают процесс продуцирования в летний период на высоком уровне. Вспышка развития фитопланктона — «цветение» моря — наблюдается у кромки тающих льдов.

Образование и таяние ледового покрова влияет на взаимодействие комплекса физических, химических и биологических факторов и может рассматриваться как функционирование особого водно-ледового ландшафта.

Морской лед создает особую среду обитания на своей поверхности, в толще и с нижней стороны, представляющей для ряда организмов подобие перевернутого дна. На нижней стороне старого пакового льда диатомовые (*Melosira arctica*) образуют «маты», на которых пасутся стаи зоопланктона. Для белых медведей морской лед — станция охоты; для тюленей — место отдыха, рождения и выращивания потомства [5].

Соотношение площади многолетних и сезонных льдов играет важную роль в экосистеме моря. Толща многолетнего льда представляет собой депо вмерзших в лед бактерий, водорослей, простейших, беспозвоночных, которые при таянии льда поступают в верхние слои воды, способствуя быстрому увеличению продуктивности планктона. Однако на протяжении последних десятилетий в связи с потеплением Арктики меняются свойства морских льдов и состав гидробионтов. По данным И.А. Мельникова (Barry, Horner, Mel'nikov et al., 1989), по сравнению с серединой 1970-х годов в последнее десятилетие существенно изменился

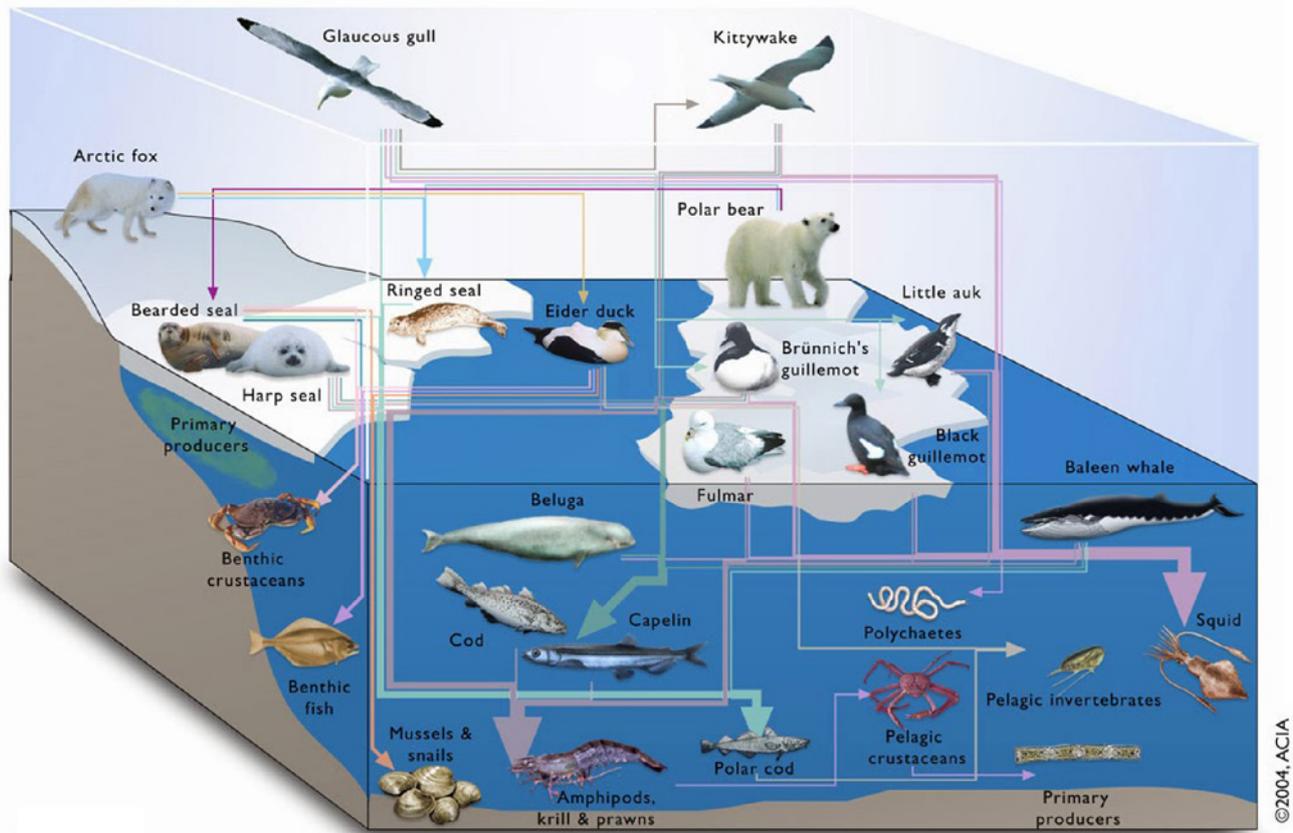


Рис. 4. Трофическая сеть в экосистеме Баренцева моря [6]
Fig. 4. Trophic network in the Barents Sea ecosystem [6]

качественный и количественный состав биоты: в общем списке ледовых водорослей в 1975–1982 гг. насчитывалось 172 таксона, а в 1997–2008 гг. — всего около 30 видов. Диатомовые водоросли, ранее преобладавшие в фитоценозе морских льдов, уступают доминирующую роль другим группам. Изменился и состав ледовой фауны: столь многочисленные в 1970-е гг. представители простейших и беспозвоночных (фораминиферы, тинтинниды, клещи, нематоды, турбеллярии, коловратки, копеподы и нематоды) ныне встречаются редко. Причины различий кроются, по мнению И. А. Мельникова, в особенностях формирования водно-ледового ландшафта.

В ледяном покрове Баренцева моря, даже на севере, в зоне перехода в акваторию Северного Ледовитого океана начинают доминировать сезонные льды, которые принципиально отличаются от многолетних: чем старше лед, тем он мощнее и преснее. Многолетний морской лед представляет собой целостную и устойчивую экологическую систему с постоянным видовым составом

флоры и фауны. Вертикальная структура биологических сообществ сохраняется в результате ледотаяния и ледообразования. Зимой лед нарастает снизу на уже существующий слой, толщина которого после летнего таяния сохраняется до 2 м, поэтому организмы, заселяющие эти слои, находятся в мягких температурных условиях, близких к температуре морской воды (около $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$), что способствует их выживанию в зимний период.

В сезонных льдах экосистема неустойчива. Формирование сезонных льдов начинается на открытой воде при низкой температуре воздуха. Когда образуются первые слои льда, в его нижний слой из воды захватываются планктонные организмы. Поскольку в осенне-зимний период качественный и количественный состав планктона беден, то и число включенных в лед организмов невелико, к тому же они попадают в условия сильного охлаждения, и большинство организмов погибает. Таким образом, в современном арктическом ледяном покрове сосуществуют две разные по составу и функционированию

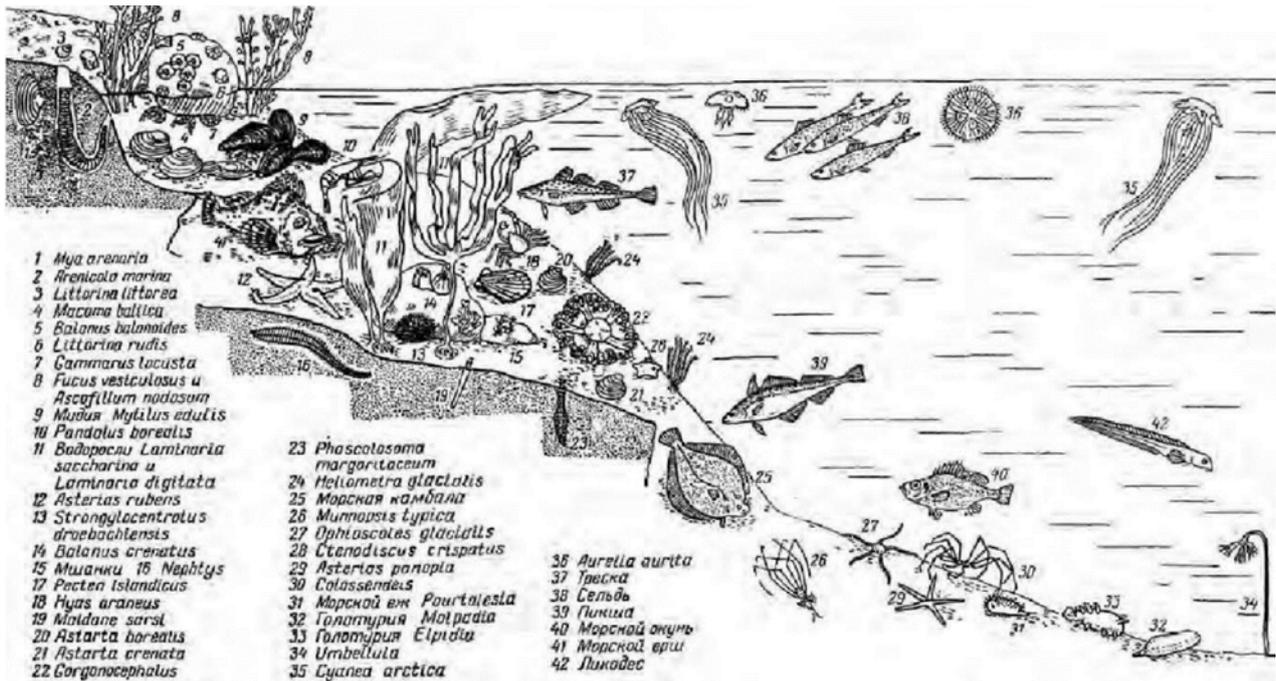


Рис. 5. Распределение доминирующих форм гидробионтов в Баренцевом море [1]

Fig. 5. Distribution of dominant forms of hydrobionts in the Barents Sea [1]

экологические системы — многолетне-го и сезонного льда, при этом доля второй возрастает. Такое развитие может привести к перестройке всей нижней трофической структуры арктических морей и отразиться на высших звеньях трофической цепи, включая рыб, птиц и млекопитающих.

Донная фауна Баренцева моря характеризуется большим качественным разнообразием (свыше 1500 видов) и обилием, главным образом за счет двустворчатых и брюхоногих моллюсков, полихет, иглокожих, ракообразных, губок, гидроидов, мшанок и асцидий (рис. 5).

Распределение сообществ макробентоса в Баренцевом море показано на карте (рис. 6).

Ландшафтно-биомическое районирование

Ведущим фактором распределения донных группировок является рельеф. Эта закономерность прослеживается на серии карт, на которых контуры донных сообществ наложены на геоморфологическую карту Баренцева моря (рис. 7 и 8).

Анализ карт показывает четкую связь донных группировок с геоморфологическими

областями. Каждому сообществу соответствует одна область.

В 1992 году была создана международная Арктическая программа (<https://www.arcticwwf.org>); через 30 лет одним из ее результатов стало биомическое районирование Баренцева моря (рис 9). Характерными признаками районов служат следующие.

1. Тесная связь группировок бентоса с геоморфологическим строением Баренцева моря.
2. Естественность: район, биотопы, населяющие их виды, находятся в естественном состоянии, не нарушенном антропогенной деятельностью.
3. Репрезентативность: регион включает большое разнообразие донных природных комплексов, экологических факторов, биотопов, видов, которые являются типичными и представительными для региона.
4. Биоразнообразие: регион обладает характерным для него биоразнообразием.
5. Продуктивность: регион обладает продуктивностью, позволяющей поддерживать устойчивость биоразнообразия и функционирования экосистемы в целом.

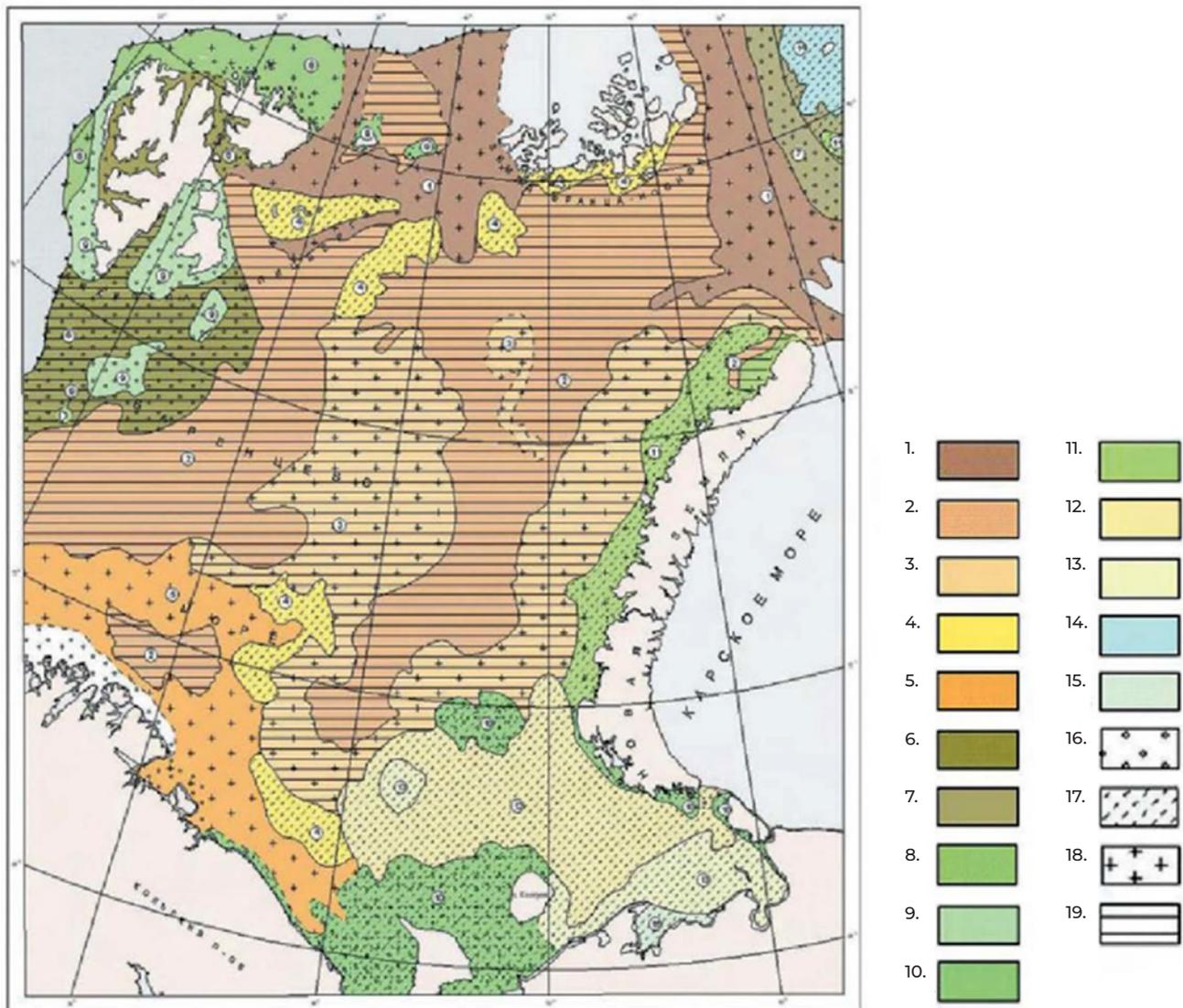


Рис. 6. Распределение сообществ макробентоса в Баренцевом море [3].
1–15 — сообщества макробентоса: 1 — глубоководное сообщество офиуры *Ophiopleura borealis* и фораминифер *Hormosina globulifera*; 2 — глубоководное сообщество грунтоедов: полихет и сипункулид р. *Golfingia*; 3 — сообщество голотурии р. *Trochostoma*; 4 — сообщество двустворчатых моллюсков сем. Astartidae (*Elliptica elliptica* и *Astarte crenata*); 5 — тепловодное сообщество морского ежа *Brisaster fragilis*; 6 — сообщество фауны шпицбергенских склонов и мягких грунтов; 7 — сообщество склоновой фауны желоба Святой Анны; 8 — сообщество морского ежа р. *Stongylocentretus* и офиуры *Ophiopholis aculeata*; 9 — сообщество неподвижных сестонофагов побережья Шпицбергена и близлежащих островов; 10 — прибрежное мелководное сообщество красных водорослей р. *Lithothamnion* и видов-образателей; 11 — сообщество фауны западного побережья архипелага Новая Земля и острова Визе; 12 — сообщество двустворчатого моллюска *Tridonta borealis*; 13 — сообщество двустворчатых моллюсков *Ciliatocardium ciliatum*, *Macoma calcarea* и *Serripes*; 14 — сообщество двустворчатых моллюсков Ушаковского плато; 15 — эстуарное сообщество двустворчатого моллюска *Macoma fusca*. 16–19 — районы приоритетного накопления загрязняющих веществ: 16 — хлороорганических соединений губками, 17 — Fe, Mg двустворками, 18 — Zn, Sn, Cu, Ni иглокожими, 19 — всех химических элементов грунтоедом

Fig. 6. Distribution of macrobenthos communities in the Barents Sea [3].
1–15 — macrobenthos communities: 1 — deep-water community of the ophiura *Ophiopleura borealis* and foraminifera *Hormosina globulifera*; 2 — deep-water community of subsurface deposit feeders: polychaetes and sipunculids gen. *Golfingia*; 3 — community of holothuria gen. *Trochostoma*; 4 — community of bivalves of the Astartidae (*Elliptica elliptica* and *Astarte crenata*) family. Astartidae; 5 — warm-water sea urchin community *Brisaster fragilis*; 6 — community of fauna of Spitsbergen slopes and soft soils; 7 — community of slope fauna of St. Anna Trough; 8 — community of sea urchin gen. *Stongylocentretus* and ophiura *Ophiopholis aculeata*; 9 — community of immobile sestonophages of the Spitsbergen coast and neighboring islands; 10 — coastal shallow-water community of red algae gen. *Lithothamnion* and fouler species. *Lithothamnion* and species-feeders; 11 — community of the fauna of the western coast of Novaya Zemlya archipelago and Wiese Island; 12 - community of the bivalve *Tridonta borealis*; 13 — community of bivalves *Ciliatocardium ciliatum*, *Macoma calcarean*, and *Serripes*; 14 — bivalve community of Ushakovsky plateau; 15 — estuarine community of bivalve *Macoma fusca*. 16–19 — areas of priority accumulation of pollutants: 16 — of organochlorine compounds by sponges, 17 — of Fe, Mg by bivalves, 18 — of Zn, Sn, Cu, and Ni by echinoderms, 19 — of all chemical elements by subsurface deposit feeders; 19 — of all chemical elements by subsurface deposit feeders

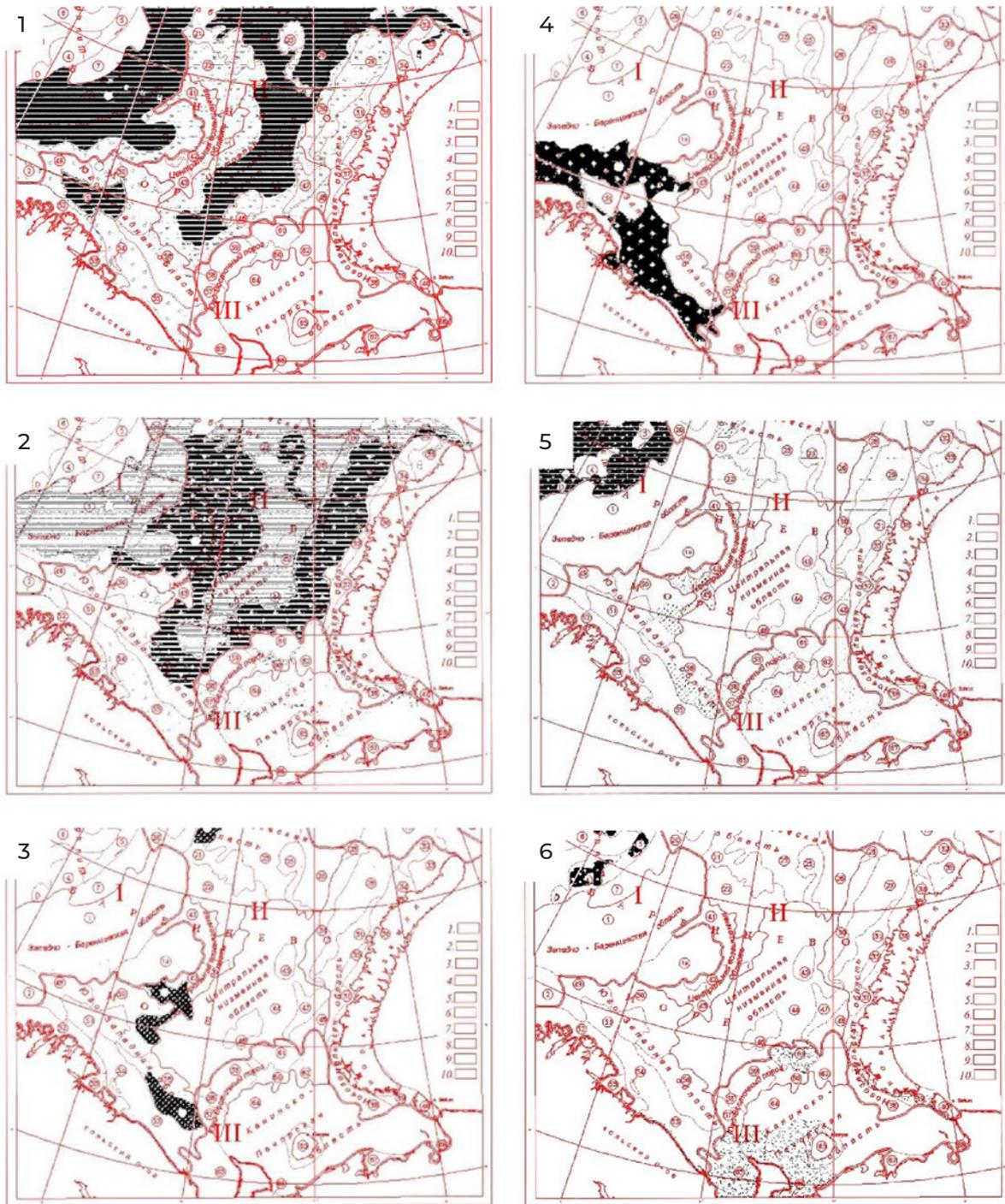


Рис. 7. Наложение контуров донных сообществ на карте О.А. Кийко [3] на геоморфологическую карту А.Г. Зинченко [2]. 1 — группировка глубоководных сообществ грунтоедов: полихет и сипункулид р. *Golfingia* в Западно-Баренцевской области; 2 — группировка голотурии р. *Trochostoma* в Центральной Возвышенной области; 3 — группировки двусторчатых моллюсков сем. *Astartidae* (*Elliptica elliptica* и *Astarte crenata*) в Юго-Западной области и Центральной Возвышенной области; 4 — тепловодные группировки морского ежа *Brisaster fragilis* в Юго-Западной области; 5 — группировка фауны Шпицбергенских склонов и мягких грунтов на архипелаге Шпицберген; 6 — группировка неподвижных сестонофагов побережья Шпицбергена и близлежащих островов

Fig. 7. Overlaying the contours of bottom communities on the map of O.A. Kiiko [3] on the geomorphologic map of A.G. Zinchenko [2]. 1 — Grouping of deep-water communities of subsurface deposit feeders: polychaetes and sipunculids gen. *Golfingia* in the Western Barents region; 2 — Grouping of holothuria p. *Trochostoma* in the Central Upland region; 3 — Groupings of bivalves of the *Astartidae* (*Elliptica elliptica* and *Astarte crenata*) family in the Southwestern Region and Central Upland Region; 4 — Warm-water groupings of the sea urchin *Brisaster fragilis* in the Southwestern region; 5 — Grouping of the fauna of the Spitsbergen slopes and soft soils in the Spitsbergen Archipelago; 6 — Grouping of immobile sestonophages of the Spitsbergen coast and neighboring islands

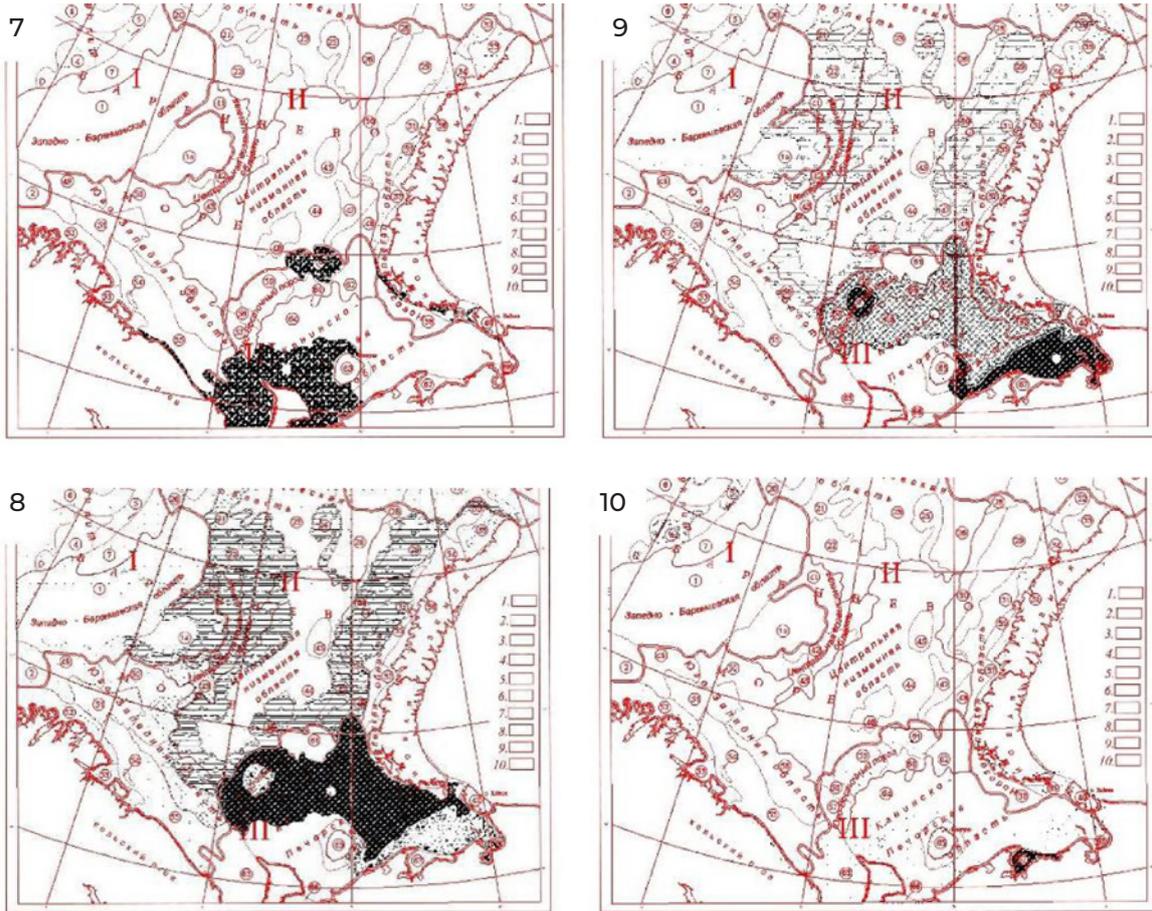


Рис. 8. Наложение контуров донных сообществ на карте О.А. Кийко [3] на геоморфологическую карту А.Г. Зинченко [2]. Продолжение. 7 — прибрежная мелководная группировка бурых и красных водорослей р. *Lithothamnion* и видов-образователей в береговой зоне Кольского полуострова; 8 — группировка двустворчатого моллюска *Tridonta borealis* в Канинско-Печорской области; 9 — группировки двустворчатых моллюсков *Ciliatocardim ciliatum*, *Macoma calcarea* и *Serripes* в Канинско-Печорской области; 10 — эстуарная группировка двустворчатого моллюска *Macoma fusca* в Канинско-Печорской области

Fig. 8. Overlaying the contours of bottom communities on the map of O.A. Kiiko [3] on the geomorphologic map of A.G. Zinchenko [2]. Continued. 7 — Coastal shallow-water grouping of brown and red algae gen. *Lithothamnion* and fouler species in the coastal zone of the Kola Peninsula. 8 — Grouping of the bivalve *Tridonta borealis* in the Kaninsko-Pechorskaya Oblast; 9 — Groupings of the bivalves *Ciliatocardim ciliatum*, *Macoma calcarea*, and *Serripes* in the Kaninsko-Pechorskaya Oblast; 10 — Estuarine grouping of the bivalve *Macoma fusca* in the Kaninsko-Pechorskaya Oblast

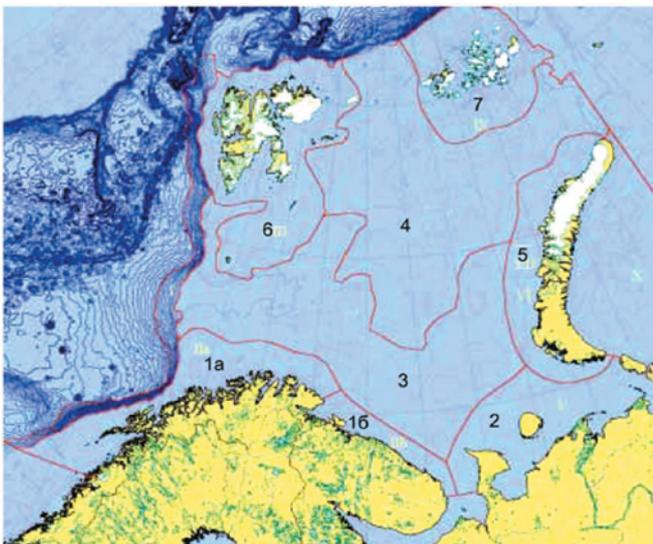


Рис. 9. Бионимическое районирование Баренцева моря (по <https://www.arcticwwf.org>):

1 — побережье Норвегии (1а) и Кольского п-ва (16); 2 — Печорское море; 3 — Центральный субрегион к югу от полярного фронта (атлантические воды); 4 — Центральный субрегион к северу от полярного фронта (арктические воды); 5 — побережье Новой Земли (арктические воды с небольшим влиянием атлантических); 6 — архипелаг и банка Шпицбергена (арктические воды с небольшим влиянием атлантических на западе); 7 — Архипелаг Земли Франца-Иосифа (арктические воды)

Fig. 9. Barents Sea bionomic zoning (by <https://www.arcticwwf.org>):

1 — coast of Norway (1a) and Kola Peninsula (16); 2 — Pechora Sea; 3 — Central subregion south of the polar front (Atlantic waters); 4 — Central subregion north of the polar front (Arctic waters); 5 — Novaya Zemlya coast (Arctic waters with a slight Atlantic influence); 6 — Spitsbergen Archipelago and Spitsbergen Bank (Arctic waters with a slight Atlantic influence in the west); 7 — Franz Josef Land Archipelago (Arctic waters)

6. Важные функции жизнедеятельности: в регионе происходят процессы размножения/нереста, выращивания молоди, миграции, отдыха и т.п.

7. Уникальность: регион обладает неповторимыми свойствами донных природных комплексов. Здесь обитают эндемичные, редкие или исчезающие виды.

Заключение

Полярный фронт является зональной границей, отделяющей арктические воды от субарктических. Экстразональные борельные ландшафты на юго-западе Баренцева моря формируются под воздействием

прибрежной ветви теплого атлантического течения.

Наложение контуров донных сообществ на геоморфологическую карту Баренцева моря показывает, что ведущим фактором распределения донных группировок является рельеф: каждому сообществу соответствует одна геоморфологическая область.

Схема экорегионов Баренцева моря, созданная в рамках международной Арктической программы, учитывает связь бионических особенностей дна Баренцева моря с гидрологическими условиями и геоморфологическим строением.

Литература

1. Зенкевич Л.А. Фауна и биологическая продуктивность моря. Т. I. Мировой океан. Москва: Совет. наука; 1951.
2. Зинченко А.Г. Геоморфологическая основа комплексных ландшафтно-геоэкологических исследований Баренцева моря. В: Лисицын А.П. (ред.). Опыт системных океанологических исследований в Арктике. Москва: Научный мир, 2001, с. 476–481.
3. Кийко О.А., Погребов В.Б. Статистический анализ пространственно-временной структуры донного населения Баренцева моря и прилежащих акваторий. Биология моря. 1998;24(1):3–9.
4. Малинин В.Н., Вайновский П.А., Митина Ю.В. О потеплении Арктики 20-40-х годов. В: Труды II Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития». СПб.: Химиздат; 2018, с. 422–426.
5. Петров К.М. Морская экология: экосистемы и подводные ландшафты. Москва: Ай Пи Ар Медиа; 2023. <https://doi.org/10.23682/126276>
6. ACIA. Arctic Climate Impact Assessment. ACIA Overview report. Cambridge University Press; 2005. Available at: <https://www.amap.no/documents/doc/Arctic-Arctic-Climate-Impact-Assessment/796>
7. Herman Y. (ed.). The Arctic Seas. Climatology, Oceanography, Geology, and Biology. Van Nostrand Reinhold Company New York; 1989. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0677-1>
8. Briggs J.C. Global Biogeography. Vol. 14. Developments in palaeontology and stratigraphy. Amsterdam: Elsevier; 1995.
9. Ekman S. Zoogeography of the Sea. London: Sidgwick and Jackson; 1953.
10. Forbes E. Map of the distribution of marine life. In: Jhonston A.K. (ed). The physical atlas of natural phenomena. Blackwood, Edinburgh; 1856, p. 99–102.

References

1. Zenkevich L.A. Fauna and biological productivity of the sea. Vol. I. World ocean. Moscow: Sovetskaya nauka Publ.; 1951. (In Russ.).
2. Zinchenko A.G. Geomorphological basis for complex landscape-geoecological studies of the Barents Sea. Lisitsyn A.P. (ed.). Experience of systemic oceanological research in the Arctic. Moscow: Nauchnyi mir Publ.; 2001, p. 476–481. (In Russ.).
3. Kiyko O.A., Pogrebov V.B. Statistical analysis of the spatiotemporal structure of the bottom population of the Barents Sea and adjacent waters. *Biologiya Morya*. 1998;24(1):3–9. (In Russ.).
4. Malinin V.N., Vainovsky P.A., Mitina Yu.V. About the warming of the Arctic in the 20-40s. In: Proceedings of the II All-Russian Conference «Hydro meteorology and Ecology: Achievements and Development Prospects». St. Petersburg: Khimizdat Publ.; 2018, p. 422–426. (In Russ.).

5. Petrov K.M. Marine ecology: ecosystems and underwater landscapes. Moscow: Ai Pi Ar Media Publ.; 2023. (In Russ.). <https://doi.org/10.23682/126276>.
6. ACIA. Arctic Climate Impact Assessment. ACIA Overview report. Cambridge University Press; 2005. Available at: <https://www.amap.no/documents/doc/Arctic-Arctic-Climate-Impact-Assessment/796>
7. Herman Y. (ed.). The Arctic Seas. Climatology, Oceanography, Geology, and Biology. Van Nostrand Reinhold Company New York; 1989. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0677-1>
8. Briggs J.C. Global Biogeography. Vol. 14. Developments in palaeontology and stratigraphy. Amsterdam: Elsevier; 1995.
9. Ekman S. Zoogeography of the Sea. London: Sidgwick and Jackson; 1953.
10. Forbes E. Map of the distribution of marine life. In: Jhonston A.K. (ed.). The physical atlas of natural phenomena. Blackwood, Edinburgh; 1856, p. 99–102.

Сведения об авторе

Петров Кирилл Михайлович — доктор географических наук, профессор Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, почетный профессор Санкт-Петербургского государственного университета. 199178 Санкт-Петербург, 10 линия В.О., д. 33

Information about the author

Kirill M. Petrov — Dr. Sci. (Geography), Prof., Earth Science Institute, Saint Petersburg State University, Honorary Professor of Saint Petersburg State University. 33, 10th line VO., 199178 Saint Petersburg

Вклад автора

Автор подтверждает единоличную ответственность за концепцию и дизайн исследования, сбор и анализ данных, интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Author's contributions

The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.