

УДК 551(461.8)

Юрий ЛАВРУШИН, Василий АЛЕКСЕЕВ, Вилорий ХАСАНКАЕВ,
Ирина ЧИСТЯКОВА, Владимир КУЛЕШОВ, Елена СПИРИДОНОВА

К ПАЛЕОМАРИНОЛОГИИ КЛИМАТИЧЕСКОГО ОПТИМУМА ГОЛОЦЕНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Вопросы палеомаринологических реконструкций представляют собой достаточно сложную задачу, требующую привлечения различных методов исследования. Еще более сложные проблемы возникают при попытке создания детальных реконструкций отдельных непродолжительных временных срезов. В настоящей статье нами излагается материал, позволяющий осветить палеомаринологию климатического оптимума голоцена северо-западной части Баренцева моря по данным, полученным при работах на Шпицбергенской банке, находящейся непосредственно к северу и северо-востоку от о-ва Медвежий.

В настоящее время рассматриваемая часть акватории находится в зоне действия холодного Восточно-Шпицбергенского течения. В зимнее время здесь может возникать морской плавучий лед, а ближе к Шпицбергену иногда встречаются айсберги. Таким образом, рассматриваемый район с позиций современной гидрологической обстановки можно охарактеризовать как зону транзита морского плавучего льда и айсбергов.

В целом Шпицбергенская банка характеризуется относительно небольшими глубинами (от 50 до 150 м, в некоторых местах до 200 м). Этот выровненный макрорельеф осложнен Зюйдкапским желобом, глубины которого в верховьях достигают 250 м, а в устьевой части, на бровке континентального склона, — 400 м.

Исследования, проведенные норвежскими учеными, показали, что на этом участке акватории выделяется три комплекса отложений: мезозойские, представленные алевролитами, алевритами, песчаниками; верхнеплейстоценовые ледниковые — мореной и ледниково-морскими отложениями; голоценовые отложения — песчаными, глинистыми осадками и ракушечными отложениями вблизи о-ва Медвежий (Замилатская, 1988; Bjorlykke и др., 1987; Elverhoi, Solheim, 1983; Wright, 1974).

Судя по опубликованным материалам, наиболее детальным исследованиям были подвергнуты современные и голоценовые отложения. Для целей настоящей статьи наибольший интерес представляют данные норвежских исследователей по определению радиоуглеродного возраста раковин морских моллюсков, содержащихся в этих осадках. Было установлено, что раковины *Mya fruncata*, содержащиеся в ракушечных осадках, имеют возраст 8000—2300 л. н. В глинистых осадках радиоуглеродный возраст раковин *Astarte* sp. в колонках 0,1—0,5 м от поверхности дна соответствует в основном концу бореала — атлантическому времени голоцена (Bjorlykke и др., 1978; Elverhoi, Solheim, 1983). Последние данные чрезвычайно важны для датировки возраста изученных нами осадков.

Исследования, проведенные нами в пределах Шпицбергенской банки, выявили достаточно сложные изменения в палеомаринологической обстановке Баренцева моря времени климатического оптимума голоцена. Достаточно представительными в этом отношении оказались материалы, полученные по разрезам колонок ст. 664 (76°27,70' с. ш.; 22°27,00' в. д.;

глубина 215 м) и ст. 666 (75°55' с. ш.; 22°15,54' в. д.; глубина 380 м). Разрезы первой станции характеризуются относительно небольшими понижениями в пределах восточной части банки, а разрез второй станции — в центральной части Зюйдкапского желоба.

На ст. 664 были опробованы три колонки. Вскрытые осадки в них представлены алевропелитами серого или серовато-оливкового цвета со слабым коричневатым оттенком, встречающегося в виде отдельных пятен. Алевропелиты слабо уплотнены, пластичны и практически не содержат донно-каменного материала, хотя на поверхности дна осадки несколько опесчанены и содержат гальку современного ледового разноса. Характерной особенностью осадков является наличие в них выделений гидротроилита, придающих им пятнисто-сизоватую окраску. В полученных колонках пятна гидротроилита встречаются до глубины 1,2 м. Ниже в одной из колонок вскрыты коричневато-серые алевропелиты мощностью 0,45 м. В осадках из другой колонки (ст. 664/2) обнаружены трубочки полихет, распространенные до 0,7 м от поверхности дна. На ст. 666 в полученном разрезе вскрыты гомогенные серые алевропелиты с относительно редкими пятнами гидротроилита, в которых также отсутствует донно-каменный материал. Видимая мощность этих осадков оказалась 1,9 м. В интервалах 0,43—0,57 и 0,95—1,0 м имеется обилие ходов червей-полихет.

Общим для приведенных разрезов является наличие в осадках мелких раковин морских моллюсков.

Приведенное описание осадков показывает, что накопление их происходило в однотипной гидродинамической обстановке. Вместе с тем скорость осадконакопления во времени была неоднородной. Об этом, в частности, свидетельствуют участки вскрытой части разреза с сохранившимися фрагментами ходов полихет. Как упоминалось, на ст. 664/2 они были обнаружены до глубины 0,7 м, в то время как в соседних колонках они отсутствовали. В разрезе ст. 666 выявилось два горизонта с ходами полихет. Не исключено, что эти участки дна палеобассейна фиксируют неравномерность осадконакопления во времени.

Представляет интерес факт обнаружения различий в цветовой гамме осадков. На ст. 664 совершенно очевидной является первичность серовато-коричневого оттенка. Темно-серые тона, возникшие за счет пятен гидротроилита в верхней части разреза, имеют в значительной своей части вторичную окраску. В разрезе ст. 666 осадки в целом серотонные. Учитывая современные различия в глубинах этих станций, можно полагать, что среда осадконакопления в рассматриваемом палеобассейне — неоднородная. На меньших глубинах она в основном окислительная, а на больших глубинах — восстановительная.

Как показало изучение глинистой фракции, в ней постоянно присутствуют кварц, полевые шпаты, а среди глинистых минералов — алюминиевый иллит, железисто-магнезиальный хлорит и очень незначительное количество тонкодисперсного смектита.

Наконец, очень важным обстоятельством является почти полное отсутствие в осадках донно-каменного материала, что, очевидно, можно связать с отсутствием разноса обломочного материала плавучим морским льдом.

Рассмотрим теперь полученный биостратиграфический материал. На ст. 664/1 из алевропелитов по-интервально через 20 см были отмыты раковины морских моллюсков. По заключению О. М. Петрова, обнаруженная фауна представляет собой глубоководный арктический иольдиевый комплекс моллюсков нормальной морской солености, аналогичный фауне севера Баренцева и других арктических морей (табл. 1). Своеобразие этого комплекса состоит в том, что в нем присутствуют наряду с высокоарктическими арктическо-бореальные и бореальные формы. Бо-

реальный вид *Dentalium entalis* обнаружен в основании и верхней части изученной толщи осадков. К этим же частям разреза приурочено большинство определенных арктическо-бореальных моллюсков. По нашим представлениям, проникновение этих форм в рассматриваемую часть бассейна обусловлено притоком более теплых атлантических вод. Наконец, в этой же колонке были проведены палеотемпературные исследования.

Таблица 1

Результаты определения раковин морских моллюсков ст. 664/1
(определения О. М. Петрова)

Название моллюсков	Интервал, см							
	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120—140	140—160
BA <i>Yoldiella lenticula</i> (Moller)	+	+	+	+	+	+	+	+
BA <i>Y. fraterna</i> (Verrill et Buch)	+	+	+	+	+	+	+	+
BA <i>Y. intermedia</i> M. Sars	—	+	—	+	+	—	—	+
A <i>Propeamussium (Actinula) groenlandicum</i> (Sowerby)	+	—	+	+	+	—	+	+
A <i>Cuspidaria arctica</i> M. Sars	+	—	—	+	+	—	—	+
AB <i>Dacridium vitreum</i> (Holboll) Moller	+	—	—	—	—	—	+	—
A <i>Astarte (Astarte) crenata</i> (Gray)	+	—	—	—	—	—	+	+
AB <i>Thyasira flexuosa</i> (Montagy)	—	—	—	—	—	—	+	—
AB <i>Ciliatocardium ciliatum</i> (Fabr.)	—	—	—	—	—	—	+	—
<i>Cronella</i> sp.	+	+	—	—	—	—	—	—
<i>Anomia</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	+
A <i>Alvania jan-mayeni</i> (Friele)	+	+	—	—	—	—	+	—
A <i>A. scrobiculata</i> (Moller)	—	—	—	—	—	+	—	—
AB <i>Solariella obscura</i> Couthouy	—	—	+	—	—	—	—	—
A <i>Cylichna scalpta</i> (Brown)	+	—	—	—	—	—	—	+
AB <i>C. alba</i> (Brown)	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>Alvania</i> sp.	—	—	—	—	+	—	—	—
<i>Cingula</i> sp.	—	—	—	—	+	—	—	—
Б <i>Dentalium (Antalis) entalis</i> Linné	+	—	—	—	—	—	+	—
<i>Brachiopoda indet</i>	—	—	—	—	+	—	—	—
<i>Bivalvia indet</i>	—	—	—	—	+	—	—	—

Примечание: + присутствует; — отсутствует; BA — высокоарктический; A — арктический; AB — арктическо-бореальный; Б — бореальный.

Таблица 2

Изотопный состав кислорода и расчетные температуры образования створок раковин двустворчатых моллюсков из колонки 664/1

Номер анализа	Глубина отбора пробы, см	Количество параллельных опытов	$\delta^{18}O_{\text{ср}}$, ‰ (PDB)	T, °C (расч.)
2588	0—20	2	3,7	2,5
2589	20—40	2	3,5	3,2
2590	40—60	2	4,2	0,9
2591	60—80	1	4,3	0,6
2592	80—100	3	4,1	1,2
2593	100—120	2	3,8	2,2
2594	120—140	2	3,8	2,2
2595	140—160	3	3,6	2,8

Анализируемый материал отбирался из керна скважин путем его промывания. Единичная проба, подготовленная для изотопного анализа, представляет собой общее количество собранных остатков раковин в пределах колонки керна мощностью 20 см. Поэтому полученные данные характеризуют средний изотопный состав кислорода вещества, заключенный в пределах этой 20-сантиметровой части стратиграфического разреза. Следовательно, при таком методическом подходе мы можем говорить только о качественных изменениях изотопных соотношений в разрезе скважины и, соответственно, об относительном изменении температур осадконакопления во времени с той или иной степенью приближения к их абсолютным величинам. Тем не менее, несмотря на относительность полученных результатов, ход кривой изменения придонных палеотемператур достаточно сложный. В основании и верхней части колонки 664/1 фиксируются более высокие значения палеотемператур, а в средней части (интервал 40—100 см) — минимальные палеотемпературы* (табл. 2).

Палинологические исследования разреза колонки 664/2, проведенные Е. А. Спиридоновой, показали, что на диаграмме можно выделить три комплекса (рис. 1).

Отличительной особенностью первого комплекса (интервал 0,7—1,0 м, обр. 1020—1022) является преобладание древесных (до 60%). На долю спор приходится 35—38%, травянистых 1—2%. Среди пыльцы древесных пород безраздельно господствует *Pinus sylvestris*, 1—2% составляет *Pinus sibirica*, единично встречается пыльца ели, а также широколиственных пород — дуба и вяза. Пыльца травянистых растений достаточно однообразна и представлена единичными зернами злаков и осок. Среди споровых доминируют зеленые мхи, хотя велико участие и папоротников. Второй комплекс (интервал 0,4—0,65 м, обр. 1017—1019) характеризуется возрастанием споровых, среди которых увеличивается содержание папоротников. Среди древесных преобладает сосна, представленная пыльцой *Pinus sylvestris*, единично присутствует пыльца ели. Значение пыльцы трав в комплексе невелико (1,5%). Наряду со злаками встречается пыльца вересковых и морошки.

Третий спорово-пыльцевой комплекс (интервал 0,05—0,25 м, обр. 1013—1016) отличается более богатым составом пыльцы древесных пород. По-прежнему преобладает пыльца *Pinus sylvestris*, хотя до 6% в спектре приходится на долю *Pinus sibirica*, больше пыльцы ели (до 13%). Состав травянистых тот же, но участие их в общем составе возросло до 5%. Возросло содержание сфагновых мхов, соотношение зеленых мхов и папоротников осталось прежним.

Выделенные комплексы, хотя и в очень затушеванной форме, отражают изменение состава растительного покрова прибрежных территорий. Первый комплекс соответствует наиболее оптимальным климатическим условиям и, по-видимому, может быть сопоставлен с концом атлантического времени. Второй характеризует ухудшение среды и перестройку в составе растительных биоценозов. Он может быть сопо-

* При получении CO_2 для изотопного анализа использовалась стандартная методика разложения проб карбонатов в ортофосфорной кислоте в вакууме при комнатной температуре в течение 1 ч (McCrea, 1950). Анализируемое вещество представляет собой природный материал, очищенный визуальнo от посторонних примесей и дополнительно не обработанный ни химически, ни термически.

С целью уменьшения методической погрешности изменения изотопного состава каждая проба дублировалась параллельно 2—3 опытами. Ошибка измерения не превышала $\pm 0,25\%$.

При вычислении палеотемператур нами была использована формула, предложенная С. Эпштейном с соавторами (Epstein и др., 1953):

$$t = 16,5^\circ\text{C} - 4,3\delta + 0,14\delta^2,$$

где δ — изотопный состав кислорода пробы,

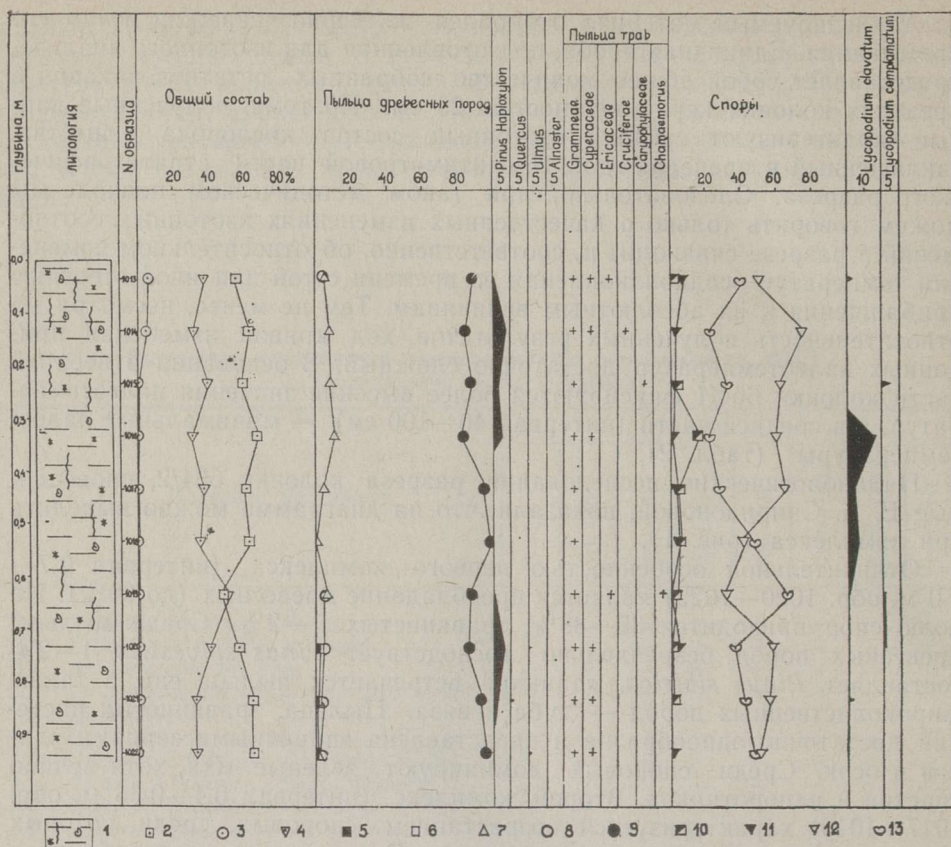


Рис. 1. Палинологическая диаграмма разреза колонки ст. 664/2. 1 — алевриты с пятнами гидротроилита и фауной моллюсков; пыльца и споры; 2 — древесные; 3 — травы; 4 — споры; 5 — сумма широколиственных; 6 — ольха; 7 — ель; 8 — береза; 9 — сосна; 10 — плауны; 11 — сфагновые мхи; 12 — зеленые мхи; 13 — папоротники.

ставлен с первой половиной суббореала. Третий комплекс отличается увеличением роли сибирской сосны и ели, соответствует скорее всего второй половине суббореала. Полученные спектры позволяют дать оценку и палеогидрологической ситуации. В этом отношении необходимо обратить внимание на присутствие в нижней части разреза пыльцы широколиственных, что позволяет думать о проникновении в пределы Медвежинской банки атлантических вод. Наоборот, значительная роль пыльцы «сибирской» растительности в третьем комплексе определенно указывает на преобладание в бассейне арктических вод.

Изложенный материал дает основание полагать, что между о-вом Медвежий и южной оконечностью Шпицбергена во время климатического оптимума голоцена в акваторию Баренцева моря периодически проникала ветвь Гольфстрима. Скорее всего это было обусловлено более высоким уровнем моря во время фландрской трансгрессии, что снижало роль баренцево-морского континентального склона как естественного препятствия на пути проникновения атлантических вод в бассейн Баренцева моря. При этом южная ветвь Гольфстрима, Нордкапское течение, также, как и в настоящее время, омывала Кольский полуостров (Лаврушин и др., 1984; Wright, 1974). Восточно-Шпицбергенского течения, по крайней мере в его современном виде, не существовало. Скорее всего оно возникло в суббореале, о чем косвенно свидетельствуют приведенные данные спорово-пыльцевого анализа, указы-

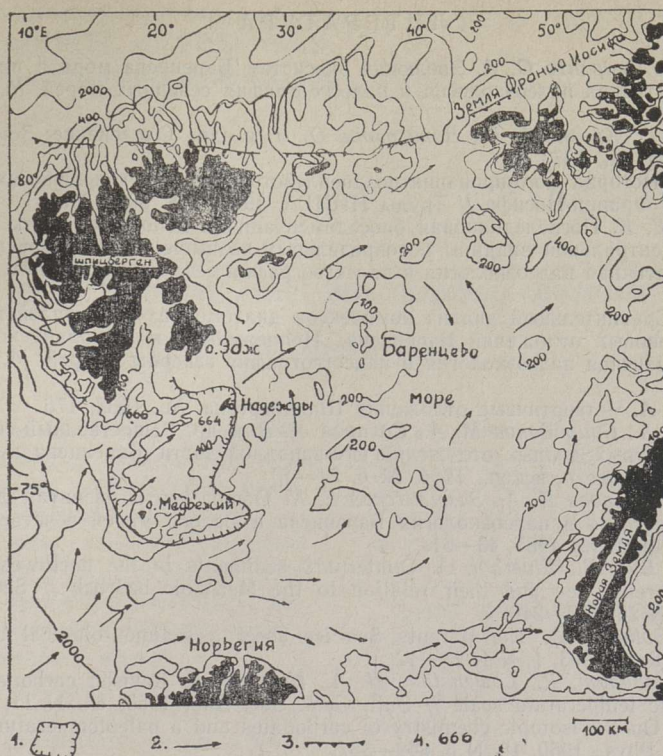


Рис. 2. Палеомаринологическая реконструкция климатического оптимума голоцена Баренцева моря. 1 — Шпицбергенская банка; 2 — пути проникновения теплых атлантических вод; 3 — предполагаемое положение полярного фронта; 4 — номера станций.

вающие на появление в это время в осадках пыли «сибирской» растительности. Поэтому палеогидрологическая ситуация Баренцева моря во время климатического оптимума голоцена принципиально отличалась от современной (рис. 2). Почти полное отсутствие в изученных осадках донно-каменного материала позволяет предполагать, что даже в зимнее время в пределах акватории практически отсутствовал сплошной покров морского плавучего льда, не говоря уже об айсбергах, а полярный фронт скорее всего располагался севернее Земли Франца-Иосифа. О широком распространении атлантических вод в это время вплоть до Земли Франца-Иосифа свидетельствует также анализ макро- и микрофауны (Замилатская, 1988; Поляк и др., 1987), а также диатомей (Каган, 1988). Поэтому в целом палеоклиматическую обстановку можно расценивать как более благоприятную. Допускается даже, что температура поверхностных вод поднялась на 2°C выше современной (Голиков, Скарлато, 1988). Появление такого мощного энергоносителя, каким является Гольфстрим, в пределах Баренцева моря вызвало существенные изменения в природной обстановке Шпицбергена и Земли Франца-Иосифа. Это подтверждается материалами, полученными при изучении голоцена этих архипелагов. Со временем климатического оптимума здесь уверенно коррелируется существенное уменьшение площади оледенения (Гросвальд и др., 1973; Дибнер, 1965; Лаврушин, 1968). Наконец, необходимо отметить, что в Северной Атлантике для времени климатического оптимума также фиксируется значительное потепление. Есть основания также полагать, что современная гидрологическая обстановка в Баренцевом море начала формироваться с начала суббореала, что было обусловлено в основном понижением уровня моря.

ЛИТЕРАТУРА

- Голиков А. Н., Скарлато О. А. Эволюция экосистем Баренцева моря в плейстоцене // Четвертичная палеоэкология и палеогеография северных морей. М., 1988, 43—53.
- Гросвальд М. Г., Кренке А. Н., Виноградов О. Н. и др. Оледенение Земли Франца-Иосифа. М., 1973.
- Дибнер В. Д. История формирования позднеплейстоценовых и голоценовых отложений Земли Франца-Иосифа // Труды НИИГА, 1965, 143, 300—318.
- Замилатская Е. К. Последлединиковая биоседиментация и некоторые черты палеоэкологии Центральной впадины и сопредельных возвышенностей Баренцева моря // Четвертичная палеоэкология и палеогеография северных морей. М., 1988, 201—207.
- Каган Л. Я. Сравнительный анализ комплексов диатомей из верхнеплейстоценовых и голоценовых отложений Баренцева, Норвежского и Гренландского морей // Четвертичная палеоэкология и палеогеография северных морей. М., 1988, 185—194.
- Лаврушин Ю. А. Четвертичные отложения Шпицбергена. М., 1968, 176.
- Лаврушин Ю. А., Спиридонов М. А., Сахаров А. В. и др. Вещественный состав приповерхностных донных отложений юго-западной части Баренцева моря // Литология и полезн. ископ., 1984, № 6, 24—40.
- Поляк Л. В., Сахарова И. А., Замилатская Е. К. Общие черты развития фауны // Палеогеография и палеоэкология Баренцева и Белого морей в четвертичный период. Апатиты, 1987, 43—61.
- Bjorlykke, K., Bue, B., Elverhoi, A. Quaternary sediments in the northwestern part of the Barents Sea and their relation to the Mesozoic bedrock // Sedimentology, 1978, N 25, 227—246.
- Elverhoi, A., Solheim, A. The Barents Sea ice sheet a sedimentological discussion // Polar Res., 1983, 1, N 1, 23—42.
- Epstein, S., Bushbaum, R., Lowenstam, H. A., Urey, H. C. Revised carbonate — water isotopic temperature scale // Bull. Geol. Soc. Am., 1953, 64, N 11, 1315—1325.
- McCrea, J. M. On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale // J. Chem. Phys., 1950, 18, N 6, 849—857.
- Wright, P. L. Recent sediments of the southwestern Barents Sea // Marine Geol., 1974, 16, N 2, 51—81.

Геологический институт
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
27/II 1989

Мурманский морской биологический институт
Академии наук СССР

Институт археологии
Академии наук СССР

Juri LAVRUSIN, Vassili ALEKSEJEV, Vilori HASSANKAJEV, Irina TSISTJAKOVA,
Vladimir KULESOV, Jelena SPIRIDONOVA

HOLOTSEENI KLIIMAOPTIMUMI PALEOMARINOLOGIAST BARENTSI MERE LOODEOSAS

Looduslikud tingimused Barentsi mere loodeosas holotseeni kliimaoptimumi ajal erinesid nüüdisaegsetest. Litoloogiliste, isotoopgeoloogiliste ja biostratigraafiliste andmete põhjal saab väita, et sel ajal talvine püsijää ja Ida-Svalbardi hoovus puudusid. Nüüdisaegsetele lähedased tingimused hakkasid kujunema subboreaalsel ajal.

Yury LAVRUSHIN, Vasily ALEXEYEV, Vilory KHASANKAYEV,
Irina CHISTYAKOVA, Vladimir KULESHOV and Yelena SPIRIDONOVA

ON THE HOLOCENE CLIMATIC OPTIMUM PALEOMARINOLOGY IN THE NORTHWESTERN BARENTS SEA

The Barents Sea palaeomarine environment during the Holocene climatic optimum differed essentially from the present-day one. The data of lithological, isotopic and biostratigraphic analyses reveal the absence of marine glacial cover in winters, the widespread Atlantic water distribution, the polar front location north of the Franz Josef Land and the absence of the East-Spitsbergen current. The formation of recent environments started in the Sub-Boreal time, when the Flandrian transgression was over.