

**ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА В АРКТИКЕ КАК СЛЕДСТВИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОДНЯТИЙ СЕВЕРО-АТЛАНТИЧЕСКИХ ПОРОГОВ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ АТЛАНТИЧЕСКИХ ВОД В СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН**© 2000 г. *А. П. Нагурный, Н. А. Белов*

Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург

Представлено академиком К.Я. Кондратьевым 30.03.99 г.

Поступило 22.04.99 г.

Геологическая история Северного Ледовитого океана восстанавливается на основе литолого-геохимического изучения многочисленных колонок донных отложений, поднятых в экспедициях Арктического и Антарктического НИИ в Арктическом и Северо-Европейском бассейнах.

В Арктическом бассейне изучено 600 колонок. Из них наиболее ценными оказались колонки, поднятые на дрейфующей станции «Северный полюс-7» в 1958-1959 гг. Длина их от 200 до 420 см. Многочисленным экспедициям удалось обследовать все морфоструктурные элементы дна Арктического бассейна: глубоководные котловины Макарова, Нансена, Амундсена и др., а также подводные хребты Ломоносова, Менделеева и т.д. В Северо-Европейском бассейне океанографическими экспедициями на НИС «Профессор Визе», «Профессор Зубов» и др. поднято более 200 колонок, отдельные из них достигали длины 600 см (Лофотенская, Норвежская и Северо-Гренландская котловины).

Изучение вещественного состава колонок позволило провести стратиграфическое расчленение четвертичных отложений (схема). В основу его положены: детальные литологические, макро- и микроскопические исследования влажных и сухих донных отложений; определение гранулометрического состава проб и наличия в них крупнообломочного материала; геохимическое исследование проб (содержания карбонатов, железа, марганца и органического углерода); анализ минерального состава проб; изучение содержащейся в отложениях североатлантической микрофауны. В каждой колонке выделено несколько стратиграфических горизонтов, формировавшихся в периоды потепления и похолодания климата Арктики. Во время потепления, когда климат был близок к современному, или даже несколько теплее, в областях мобилизации осадочного материала на побережье Северного Ледовитого океана интенсифицировалось химическое выветривание пород, и в бассейны седиментации с материковым

стоком поступало большое количество осадочного материала как во взвешенном, так и в растворенном виде. Одновременный приток теплых вод из Атлантического и Тихого океанов создавал благоприятные условия для химического осаждения железа, марганца, карбонатов и развития фауны и флоры [*Белов и др., 1982*]. В эти периоды в глубоководных котловинах Северного Ледовитого океана формируются тонкодисперсные пелитовые осадки преимущественно коричневого цвета с содержанием железа 5-7%, марганца 0.2-0.5%, карбоната кальция 5-10%, органического углерода более 1.0%. Для этих осадков характерно значительное количество североатлантических видов микрофауны - фораминифер. Материковый сток в этот период увеличивался. Происходило заметное поднятие уровня океана. В периоды похолодания в областях сноса физическое выветривание пород преобладало над химическим. Материковый сток в океан резко сокращался, и поступление осадочного материала происходило преимущественно в виде взвесей. Приток теплых вод из Атлантического и Тихого океанов значительно ослабевал, а в отдельные периоды даже полностью прекращался [*Hopkins, 1967*]. С уменьшением поступления теплых вод сокращалось количество фораминифер в осадках, уменьшалось содержание реакционноспособного железа и марганца. В это время в глубоководных котловинах формировались терригенные осадки, более грубозернистые по сравнению с осадками теплых периодов. Представлены они преимущественно серыми алевритовыми и песчанистыми илами, иногда с коричневым или желтоватым оттенком. Содержание железа в осадках около 3%, марганца до 0.2, карбоната кальция 3.0-5.0 и органического углерода 0.2-0.5%. Североатлантические фораминиферы отсутствуют, либо встречаются единичные раковины. Тонкодисперсная часть осадков представлена гидрослюдой, в большом количестве присутствует тонкодисперсный кварц.

СХЕМА  
СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА  
АРКТИЧЕСКИЙ БАССЕЙН  
СЕВЕРО-ЕВРОПЕЙСКИЙ БАССЕЙН

Период	Осадки	см	Осадки	Период
Современное потепление 0–9–12 тыс. лет	Коричневый и темно-коричневый ил и глинистый ил с микрофауной	0	Коричневый глинистый ил с микрофауной	Современное потепление 0–9–11 тыс. лет
Последнее похолодание верхнего плейстоцена 10–12 тыс. лет	Серый ил и песчанистый ил с гравием	30	Желтовато-серый ил с гравием	Сартанское похолодание 9–11–20 тыс. лет
Последний теплый-межстадиальный период верхнего плейстоцена 20–30 тыс. лет	Коричневый ил и глинистый ил с микрофауной	90	Коричневый глинистый ил с микрофауной	Карчинское потепление 20–30 тыс. лет
Вюрмское оледенение (1–2 стадии) Западной Европы (Зырянское оледенение Сибири) 32–65 тыс. лет	Серый песчанистый ил (II стадия) Коричневато-серый ил и песчанистый ил (межстадиальное потепление)	150 180 210	Светло-коричневый песчанистый ил с гравием (II стадия) коричневый ил с микрофауной (межстадиальное потепление) коричневато-серый ил (I стадия)	Зырянское оледенение 32–65 тыс. лет
Рисс-вюрмское межледниковье (бореальная трансгрессия Сибири) 65–105 тыс. лет	Серый песчанистый ил и илистый песок (I стадия) Коричневый ил и глинистый ил с микрофауной	240 270 300	Коричневый серовато-коричневый глинистый ил с микрофауной Серый и желтовато-серый ил с гравием	Бореальная трансгрессия 65–105 тыс. лет Максимальное оледенение Сибири (средний плейстоцен) 105–200 тыс. лет
Последняя стадия рисского максимального оледенения 105–225 тыс. лет	Желтовато-серый песчанистый ил	330 360 390		
Рисский межледниковый теплый период 225–350 тыс. лет	Светло-коричневый и коричневый ил с микрофауной	420 450 480 510 540 570 600 630	Глинистый ил Ил Песчанистый ил	Илистый песок Гравий Атлантическая микрофауна

Таким образом, на основании изучения вещественного состава донных осадков с достаточной степенью достоверности можно утверждать о колебании климата Арктики в плейстоцене.

Наиболее длинные колонки вскрыли отложения, накопившиеся в Арктическом бассейне в течение почти 200 тыс. лет назад, а в Северо-Европейском бассейне в течение 350 тыс. лет. В них изучены мощности отложений, скорости их накопления, а также содержания радия и соотношение радиоактивных элементов (по данным масс-спектрометрии).

В разрезе осадков мощностью 350-400 см, отлагавшихся в котловинах Арктического бассейна, выделены 4 горизонта, формировавшихся в условиях похолодания, и 4 горизонта, соответствующих потеплению климата [Белов и Лапина, 1961]. В Северо-Европейском бассейне (Норвежское и Гренландское моря) в колонках мощностью более 600 см выделены также 4 горизонта, формировавшихся в условиях общего похолодания, и 5 горизонтов в периоды потепления климата Арктики.

Стратиграфическое расчленение донных отложений для Арктического бассейна выполнено на основе схемы В.Н. Сакса [1948], расчленение осадков Норвежского и Гренландского морей проведено с учетом стратиграфической схемы отложений Западной Европы [Марков и др., 1968]. Во время максимального оледенения выходила на поверхность только часть хребта Ломоносова, примыкающая к Канадскому арктическому архипелагу. Поэтому геологическую историю Северного Ледовитого океана целесообразно рассматривать в целом для всего бассейна, но с учетом некоторых особенностей, характерных для каждой из его исследуемых частей.

Оледенения сопровождалось значительными колебаниями уровня океана. Например, согласно отложениям последней стадии рисского похолодания (схема) они связаны с развитием рисского максимального оледенения на суше. Северный Ледовитый океан стал мелководным и холодноводным. Часть хребта Ломоносова, примыкающая к Канадскому арктическому архипелагу, выходила на поверхность, что доказывается скоплениями окатанной гальки и гравия на поверхности хребта в отмеченной части. Произошло опреснение вод океана. Береговая линия в Гренландском и Норвежском морях располагалась на несколько сот метров ниже современного уровня. Осушались и были покрыты ледниками пороги Северо-Европейского бассейна (Фареро-Исландский, Томсона), шельфы Фарерских и Шетландских островов. На шельфах арктических морей существовали

ледники, либо паковые льды. Акватория Северного Ледовитого океана была занята паковыми льдами.

Согласно верхнеплейстоценовым отложениям, сформировавшимся в период вюрмского оледенения Западной Европы (зырянского оледенения Сибири), на суше наблюдалась регрессия моря. Береговая линия отступила далеко на север. Формирование осадков происходило в условиях оледенения Северного Ледовитого океана, что подтверждается уменьшением дисперсии донных отложений.

Во время последнего похолодания верхнего плейстоцена (третья стадия вюрмского оледенения Западной Европы) уровень опускался на 100 м, поэтому шельфы частично осушались. Уменьшалось сечение Фареро-Шетландского желоба и Фареро-Исландского порога. Но полностью связь с Атлантическим океаном не нарушалась. В конце второй половины описываемой эпохи происходит восстановление связи с Атлантическим океаном, что привело к усилению притока теплых атлантических вод. Климат Арктики смягчается, ледники начинают отступать, поставляя массу осадочного материала для формирования донных отложений. Происходит общее повышение уровня бассейна до положения, близкого к современному. Этой эпохой, которая датируется временем 10-20 тыс. лет, заканчивается верхний плейстоцен.

На отложениях последнего похолодания залегают голоценовые осадки. Они начали формироваться после разрушения основных массивов ледников 10-12 тыс. лет назад. Анализ вещественного состава показывает, что в начале голоцена сечение Фареро-Шетландского желоба увеличивалось по мере деградации ледников, уровень моря постепенно повышался до современного, климат также испытывал значительные колебания. В середине голоцена фиксируется климатический оптимум (6 тыс. лет назад).

Возникает вопрос, с чем связано изменение в поступлении атлантических вод в Северный Ледовитый океан? Ранее предполагалось, что препятствием мог быть порог Нансена. Однако экспедиция на д/э «Обь» в 1956 г. на месте порога обнаружила рифтовую долину. Тогда внимание было обращено на пороги Северо-Европейского бассейна: Фареро-Исландский и порог Уайвилла Томсона. Экспедиции на НИС «Профессор Визе» в 1973 г. удалось 10-метровой поршневым грунтовой трубкой поднять пробы на северном склоне Фареро-Исландского порога (64.37° с.ш., 07.55° з.д.). В низах колонок под слоем современных осадков обнаружены плотные, почти полностью литифицированные субаэральные отложения, кото-

рые могут быть свидетельством того, что Фареро-Исландский порог местами выходил на поверхность и создавал препятствие для доступа атлантических вод в Северный Ледовитый океан. В это время атлантические воды проникали в Арктику лишь через Фареро-Шетландский желоб, следовательно, объем их сокращался почти наполовину. Абсолютный возраст субаэральные отложений по  $^{14}\text{C}$  оказался равным  $18\,000 \pm 1000$  лет, т.е. они относятся ко времени последнего похолодания (сарганского похолодания Сибири).

Могли ли вертикальные движения земной коры достигать значительной амплитуды в четвертичный период? Остров Исландия с районом Фареро-Исландского порога относится к Срединно-Атлантическому хребту, который через систему хребтов Мона, Книповича проходит через Северо-Европейский бассейн и хребтом Гаккеля продолжается в Арктическом бассейне. В геологическом отношении вся эта область представляет весьма подвижную сейсмическую зону развития вулканизма, рифтовых трещин, эпицентров короткофокусных землетрясений, вертикальных движений земной коры значительной амплитуды. По К.К. Маркову и др. [1968], в четвертичном периоде происходили огромные по амплитуде (до 1 км) поднятия и опускания, вызванные молодыми неотектоническими движениями земной коры. Не исключено, что и Фареро-Исландский порог за рассматриваемое время (200-300 тыс. лет) неоднократно выходил на поверхность с различной амплитудой поднятия, перекрывая доступ атлантических вод в Северный Ледовитый океан, что не могло не привести к похолоданию его климата и к изменению гидрологического режима.

С образованием ледников уровень Мирового океана понижался (гляцио-эвстатические колебания в пределах 30-50 м), что усиливало эффект ограничения поступления теплых ат-

лантических вод в Северный Ледовитый океан через Северо-Атлантические пороги. Однако первопричиной изоляции атлантических вод от Северного Ледовитого океана и соответственно образования ледников могли быть только тектоно-эвстатические поднятия Северо-Атлантических порогов (в пределах 200-300 м и более) в результате эволюции земной коры и колебаний континентальных глыб под влиянием периодически действующих нагрузок в момент образования и таяния ледников (циклы В.А. Костицына [1984]).

Следует отметить, что время межледниковых и ледниковых периодов непрерывно сокращалось в каждом цикле примерно в 3-4 раза (см. схему). Согласно теории ледниковых циклов В.А. Костицына [1984] это может быть следствием уменьшения плотности магмы в слое погружения континентальных глыб в районе Северо-Атлантических проливов и прилегающих частей континентов, что в масштабах рассматриваемого времени маловероятно, или следствием векового увеличения уровня снеговой линии, выше которой снег накапливается, а ниже тает. Последнее означает, что климат в масштабе последних сотен тысяч лет становится менее суровым.

Если уровень снеговой линии будет приближаться к уровню статического равновесия континентальных глыб в районе Северо-Атлантических порогов, то циклы Костицына стремятся к некоторому стационарному климату без ледниковых образований, имевших место в прошлом. Настоящее межледниковье сравнительно затянувшееся по отношению к предыдущему, возможно указывает, что настоящий климат близок к этому стационарному состоянию, и только более глобальные возмущения в системе атмосфера-ледники-материк-климат могут дать толчок к новой серии ледниковых циклов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов Н.А., Лапина Н.Н. [Новые данные о стратификации донных отложений Арктического бассейна северного Ледовитого океана](#) // ДАН. 1958. Т. 122. № 1. С. 75-79.
2. Белов Н.А., Лапина Н.Н. Донные отложения Арктического бассейна. Л.: Морской транспорт, 1961. 264 с.
3. Белов Н.А., Русанов В.П., Огородников В.И. Донные отложения, палеогеографические особенно-

сти и геологическая история Северного Ледовитого океана // Изв. ВГО. 1982. Вып. 3. С. 231-238.

4. Костицын В.А. Эволюция атмосферы, биосферы и климата. М.: Наука, 1984. 96 с.

5. Марков К.К., Белichenko А.А., Николаев В.А. Четвертичный период. М.: Наука, 1968. 751 с.

6. Сакс В.Н. Четвертичный период в Советской Арктике // Тр. ААНИИ. 1948. Т. 201. С. 96-117.

7. Hopkins D.M. In: The Bering Land Bridge. Stanford (Calif.): Stanford Univ. Press, 1967. С. 201-235.

*Нагурный А. П., Белов Н. А. Изменение климата четвертичного периода в Арктике как следствие периодических поднятий Северо-Атлантических порогов и ограничения поступления атлантических вод в Северный Ледовитый океан* // Доклады РАН. 2000. Т. 373. № 3. С. 391-394.