

УДК 551.35+561.261+551.89(292.33+292.34)

О. Огиенко, ассист.  
E-mail: ogienko@univ.kiev.ua;Ю. Тимченко, канд. геол. наук, млад. науч. сотруд.  
E-mail: maeotica@ukr.netКиевский национальный университет имени Тараса Шевченко  
УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская 90, г. Киев, 03022 Украина

## ВЛИЯНИЕ ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВЫХ КОЛЕБАНИЙ КЛИМАТА НА ОБСТАНОВКИ СЕДИМЕНТАЦИИ В АКВАТОРИИ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА

*(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. О.М. Іванік)*

*Статья посвящена исследованию обстановок осадконакопления в позднем голоцене в северной, наиболее открытой к океану и чувствительной к быстрым изменениям климата, части акватории Антарктического п-ова. Цель работы – проследить последовательные изменения гидрологических и климатических палеоусловий, в которых происходило формирование осадков колонки K98-09 (глубина моря 1227 м) на основе анализа таксономического состава и экологической структуры комплексов ископаемых диатомовых водорослей из поверхностных верхнечетвертичных отложений. По данным диатомового анализа с учетом литологической характеристики горизонтов было определено, что осадки колонки формировались в глубоком бассейне с сильным океаническим влиянием и смешением разнотемпературных водных масс, с ледовым покровом зимой и средними температурами поверхностного слоя воды в период вегетации  $-1 - +1,5^{\circ}\text{C}$ .*

*Анализ таксономического состава комплексов показал, что осадконакопление происходило в позднем голоцене, а сопоставление полученных результатов с данными палеоклиматических исследований [7, 9-10] позволило установить, что время начала формирования осадков колонки соотносится с неогляциалом ( $\leq 2,4$  тыс лет). По приблизительным оценкам, средняя скорость осадконакопления в позднем голоцене в районе расположения станции составляла не менее 18-19 см/1000 лет, а примерно 450-500 лет назад в районе северной оконечности Антарктического п-ова началось потепление, продолжающееся до настоящего времени.*

*Представленная работа содержит новую информацию о скорости и условиях осадконакопления в северной акватории Антарктического п-ова, что важно при реконструкциях климата позднего голоцена и палеоокеанологических исследованиях позднечетвертичной истории Южного океана.*

*Ключевые слова: седиментация, донные осадки, диатомовые водоросли, палеоклимат, голоцен, Антарктика.*

**Введение и постановка проблемы.** Изучение и интерпретация палеоклиматических событий в Антарктическом регионе имеет большое значение не только для понимания закономерностей изменения климата и его долгосрочного прогноза, но и для правильной оценки последовательной трансформации условий осадконакопления в Южном океане. Антарктика относится к территориям, наиболее чувствительным к изменениям климата [6], что сказалось на четвертичной истории ее развития. Морские отложения, вмещающие ископаемые комплексы микроорганизмов, живших в различное время и отложившихся при формировании соответствующих осадков, являются своеобразной непрерывной летописью, содержащей сведения об условиях осадконакопления, а сами микроорганизмы – надежными индикаторами палеогеографических обстановок. Особо полную информацию можно получить, исследуя комплексы микрофоссилий не только из поверхностных осадков, но и из отложений, вскрытых разрезами колонок бурения.

Особенно перспективны при реконструкциях палеоседиментологических обстановок и климатических изменений в Южном океане – одном из поясов кремнеаккумуляции – диатомовые водоросли. В донных осадках антарктического кремневого пояса содержится от 30-50 до 70% биогенного опада, современная скорость накопления аморфного кремнезема в донных осадках достигает 0,5-1 г/см<sup>2</sup> за 1000 лет [3]. В отложениях Антарктики панцири диатомовых содержатся в большом количестве, а сами они являются хорошими показателями условий среды, в которой существовали, вследствие своей чувствительности к температуре и солености воды, освещенности, гидродинамическому режиму, ледовым условиям и т. д., поэтому их часто используют для палеоокеанологических реконструкций [18]. Гидрологические условия среды, в которых формировались осадки, влияли на количество диатомовых в планктонных ассоциациях и на их видовое разнообразие. Реконструкции условий осадконакопления региона, выполненные по ископаемым комплексам кремнистых микрофитофоссилий из донных отложений, предполагают оценку степени развития и площади распространения морского ледового покрова, а также температуры и

солености морской воды в прошлом, что, в свою очередь, позволяет судить о глобальных палеоклиматических изменениях [16].

**Анализ предыдущих исследований и публикаций.** В донных отложениях акватории Антарктического п-ова нашли отражение быстрые изменения климата, характерные для голоцена. Современные реконструкции основных этапов изменения климата базируются на фактическом материале, полученном в результате геологических и геофизических исследований, и результатах выполнения международной программы ODP глубоководного бурения (Ocean Drilling Program). Анализ данных из нескольких скважин в юго-восточной части шельфа Южных Оркнейских о-вов позволил расчленить толщи донных осадков и проследить палеоклиматические изменения в кайнозое [13]. Целью научно-исследовательской программы KARP Республики Корея (Korea Antarctic Research Program) является реконструкция климатической и океанографической истории в позднечетвертичное время, для чего изучаются донные отложения северной части Антарктического п-ова, Южных Оркнейских о-вов, Южных Шетландских о-вов, юго-западной части моря Скоша, южной части пролива Дрейка [14-15, 20-21]. Анализ отложений пролива Брансфилда позволил проследить колебания климата и распад морского ледового щита в позднем голоцене [19]. В качестве одного из методов палеоокеанологического изучения используется диатомовый анализ, с помощью которого удалось выделить климатические позднелейстоценовые-голоценовые события в регионе, связанные с окончательным отступлением и таянием морского ледового покрова последнего антарктического оледенения [7-8 и др.].

Однако, степень геологической изученности Антарктики сравнительно невелика, по сравнению с экваториальными районами Мирового океана [1]. Поэтому палеоокеанологическая летопись данного региона все еще остается недостаточно изученной, а районы опробования и проведения исследований расположены фрагментарно. Сравнительный анализ имеющегося скважинного материала с палеоклиматической оценкой полученных данных (в том числе, и по диатомовым)

приведен в [9]. Следует отметить, что северная оконечность Антарктического п-ова чувствительна к позднечетвертичным изменениям климата, поскольку с трех сторон омывается открытоокеаническими водами и в меньшей степени подвержена материковому влиянию.

**Характеристика территории, фактический материал и методы.** Цель исследований – на основе изучения ископаемых диатомовых водорослей из поверхностных верхнечетвертичных осадков проследить вверх по разрезу последовательные изменения гидрологических и климатических палеоусловий, в которых происходило

формирование этих осадков, в наиболее открытой к океану части акватории Антарктического п-ова.

Для этого нами была изучена колонка донных морских отложений длиной 45 см, отобранная с борта НИС "Эрнст Кренкель" во время Украинской Антарктической экспедиции 1997-1998 гг. Станция расположена на полигоне возле о. Мордвинова (Elephant Island), глубина моря составляет 1227 м (рис. 1). Остров Мордвинова относится к архипелагу Южные Шетландские о-ва, отделенному от Антарктического п-ова проливом Брансфилда, а от Южной Америки – проливом Дрейка.



Рис. 1. Схема района работ с расположением станции K98-09 (коорд.: S 60°59,9', W 56°11,4')

На диатомовый анализ было отобрано 15 образцов через каждые 3 см (табл. 1). Извлечение панцирей производилось по стандартной методике на базе Лаборатории микрорепалеонтологии и биостратиграфии УНИ "Институт геологии" Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. Постоянные препараты изготовлены на основе синтетической смолы NAPHRAX с коэффициентом преломления 1,74. Изучение диатомовых производилось с помощью светового микроскопа Olimpus CX4. при увеличении 600-800х. Подсчет количества створок – до 600 экземпляров с последующим определением процентной доли каждого вида в составе комплекса. Сохранность створок хорошая. Всего был определен 81 вид и разновидность диатомовых, принадлежащих к 39 родам.

Следует отметить, что в диатомовых комплексах по всей длине колонки доминируют грубопанцирные виды *Thalassiosira antarctica* Combe и *Fragilariopsis kerguelensis* (Meara) Hust, створки которых устойчивы к растворению и хорошо накапливаются в донных отложениях. При использовании диатомового анализа для изучения осадков полярных областей нужно учитывать, что только часть створок планктонных диатомовых попадает в осадок; для Антарктических вод это около 10% [2]. Наиболее устойчивы к растворению грубые панцири с толстыми стенками, нежные и тонкие створки, как правило, растворяются. Это меняет соотношение видов в ископаемых комплексах по сравнению с живыми ассоциациями, что нужно учитывать при палеогеографических построениях. Однако, сохранившиеся виды все же обеспечивают довольно точное представление о палеообстановках [16].

Литологическое описание пород, слагающих колонку, было сделано макроскопически, непосредственно перед лабораторной обработкой образцов для извлечения

кремнистых микрофитофоссилий. В целом, колонка представлена светло-серым с буровато-зеленым оттенком глинистым алевролитом с примесью псаммитового материала и мелкого гравия кристаллических пород. Описание пород колонки станции приведено в табл. 1.

**Результаты исследований.** Породы колонки характеризуются следующими литологическими особенностями. Верхний слой, 0-3 см, – современный рыхлый слабокарбонатный осадок с повышенным содержанием пелитовой фракции. На уровнях 18-24 см и 30-39 см бурый оттенок пород обусловлен, скорее всего, содержанием оксидов и гидроксидов железа в цементирующей массе, что связано с более плотной цементацией породы. На этих же уровнях увеличивается доля примеси псаммитового и гравийного материала. Между литологическими разностями пород переход плавный, границы нечеткие.

Комплексы диатомовых из всех образцов пород с различных уровней колонки имеют схожий таксономический состав, сложены морскими и океаническими планктонными видами и отличаются только их процентным соотношением. Диатомовые, жизнь которых связана с субстратом, практически полностью отсутствуют. Большинство видов, слагающих комплексы, являются индикаторами или антагонистами ледового режима [5, 11, 17].

По толерантности к ледовой обстановке нами были выделены две экологические группы диатомовых водорослей:

1. антарктический морской планктон и криофилы, существующие в холодных антарктических морских водах, насыщенных льдом, при низких или отрицательных температурах, часто являются обрастателями льда,
2. субантарктические океанические и открытоморские виды, обитающие, как правило, при более высоких температурах в водах, лишенных льда.

Таблица 1

Литологическое описание пород колонки станции K98-09		
Интервал, см	Литологическая характеристика горизонта	Интервал опробования, см
0-3	Глинистая слабокарбонатная порода светло-серого цвета с легким зеленоватым оттенком, с примесью алевритовой и псаммитовой фракций, а также единичных зерен гравия, сложенного кварцем и кристаллическими породами; порода несцементированная, рыхлая	0-3
3-18	Светло-серый с зеленоватым оттенком глинистый алеврит с примесью псаммитового и мелкогравийного материала, бескарбонатный, слабой степени цементации	3-6
		6-9
		9-12
		12-15
		15-18
18-24	Серый с зеленовато-бурым оттенком слабоглинистый алеврит со значительной примесью псаммитового и гравийного материала; порода бескарбонатная, плотная, комковатая	18-21
24-30	Светло-серый с буровато-зеленым оттенком слабоглинистый алеврит с примесью псаммитового и мелкогравийного материала; порода плотная, бескарбонатная	21-24
		24-27
30-39	Алеврит слабоглинистый серого цвета с бурым оттенком, с примесью псаммитового и гравийного материала; порода очень плотная, бескарбонатная	27-30
		30-33
		33-36
39-45	Алеврит глинистый бескарбонатный серого цвета с зеленовато-бурым оттенком, с примесью псаммитового материала и единичными зернами гравия; порода плотная	36-39
		39-42
		42-45

В группе антарктического морского планктона доминирует холодноводная разновидность *Thalassiosira antarctica* (T1), доля которой в комплексах от 10% до 20%. Также присутствуют гипноспоры *Chaetoceros* (3-10%), *Porosira glacialis* (Grun.) Jorg. (0,5-4%), *Fragilariopsis curta* (Heurck) Hust (0,5-4,5%), *F. cylindrus* (Grun.) Krieger (0,5-3,5%), *Actinocyclus actinochilus* Ehr. (0,5-7,5%), *Stellarima microtrias* (Ehr.) Hasle & Slims (1-2%). В холодных, насыщенных льдом, водах существует океанический вид *Eucampia antarctica* var *recta* (Mang.) Fryx. & Prasad, доля которого в комплексах 2,5-13%. В целом, количество холодноводных видов в комплексах от 30% до 60%.

В группе более теплолюбивых, как правило, океанических, субантарктических видов – антагонистов ледовых условий – доминирует *Fragilariopsis kerguelensis* с долей 10-25%. Присутствуют: *Thalassiosira lentiginosa* (Jan.) Fryx. (2-7%), *T. gracilis* var *gracilis* (1-11%), теплолюбивая разновидность *T. antarctica* (T2) (2-8%), *Thalassiothrix antarctica* Schimper ex Karsten (2-6%), *Eucampia antarctica* var *antarctica* (Castr.) Mang. (1-6%), *Odontella weissflogii* (Jan.) Grun. (0-3%), *Rhizosolenia styliformis* Brigh. (0-2,5%). Доля в комплексах представителей этой экологической группы – от 30% до 60%.

Около 5-10% – виды-индифференты, существующие в широком диапазоне температур. Доля в диатомовых комплексах каждого из видов этой группы незначительна. На некоторых уровнях встречены единичные переотложенные створки ныне вымершего вида *Actinocyclus ingens* Rattray.

Процентное соотношение экологических групп диатомовых водорослей в комплексах и его изменение по колонке приведены на рис. 2-3. Анализируя его, можно отметить, что содержание двух экологических групп на разных уровнях противоположно. Можно выделить интервал 18-39 см с доминированием холодноводных морских диатомовых, что, возможно, связано с понижением температуры воды и, как следствие, усугублением ледовой обстановки. На уровне 27-30 см выражен небольшой пик увеличения доли океанических видов, связанный с некоторым потеплением и уменьшением площади льдов. В интервалах 9-18 см и 39-45 см зафиксированы примерно равные доли экологических групп в диатомовых комплексах. С уровня 9 см и до поверхности отмечается устойчивая тенденция к увеличению океанических видов диатомовых и, соответственно, уменьшению морских антарктических. Следует отметить, что пики доминирования холодноводных морских видов совпадают

с увеличением во вмещающих комплексах породах гравийных и песчаных примесей, что говорит об увеличении поступления в осадок терригенного материала с айсберговой разгрузкой (рис. 2-3, табл. 1).

По данным изучения особенностей литологического строения пород и соотношению экологических групп диатомовых, колонку K98-09 можно разделить на два интервала.

В интервале 18-45 см преобладают, преимущественно, холодноводные морские диатомовые, их содержание образует два отчетливых пика на уровнях 33-36 см и 21-24 см (рис. 2-3). Доля океанических субантарктических диатомовых, как правило, ниже, с небольшими пиками на уровнях 42-45 см, 27-30 см и 15-18 см.

Доминирование "ледовых" диатомовых проявляется в увеличении доли в комплексах таких видов, как *A. actinochilus*, *E. antarctica* var. *recta*, *P. glacialis*, холодноводных представителей рода *Fragilariopsis* (рис. 2), что указывает на два периода похолодания, что также отмечается в литологических особенностях пород в виде увеличения количества псаммитовой составляющей и гравия (табл. 1). Во время трех периодов потепления содержание криофилов в диатомовых комплексах уменьшается, а доля *F. kerguelensis*, *T. antarctica* (T2), *T. lentiginosa* – увеличивается (рис. 3).

Для интервала 0-18 см характерно преобладание более теплолюбивых морских открытоводных и океанических видов диатомовых. На уровне 15-18 см – некоторое увеличение их содержания, на 9-15 см – примерно равные доли двух экологических групп, с 9 см вверх – увеличение океанических видов и уменьшение морских холодноводных. Примечательно, что в интервале 0-3 см, где доля двух групп диатомовых водорослей наиболее различна, в породе отмечается единственная для всей колонки примесь карбоната (табл. 1). Возможно, это связано с потеплением и развитием карбонатного планктона.

Устойчивая тенденция к увеличению процентного содержания океанических видов вверх по колонке в интервале заметна по изменению содержания определенных видов (рис. 2-3). Среди холодноводных диатомовых доля *A. actinochilus* несколько увеличилась, а *E. antarctica* var. *recta* – уменьшилась, существенно меньше *P. glacialis* и холодноводных представителей *Fragilariopsis*. Среди океанических видов возросло количество субантарктических *F. kerguelensis* и *T. lentiginosa*, резко возросло – океанической холодноводной *T. gracilis*.

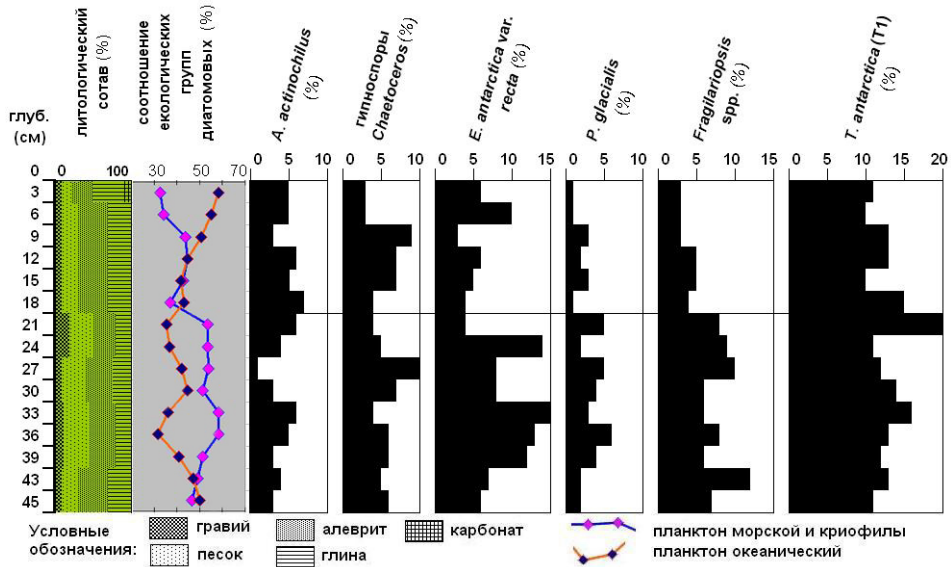


Рис. 2. Вертикальное распределение холодноводных морских и криофильных диатомовых по колонке и соотношение экологических групп в комплексах осадков колонки K98-09

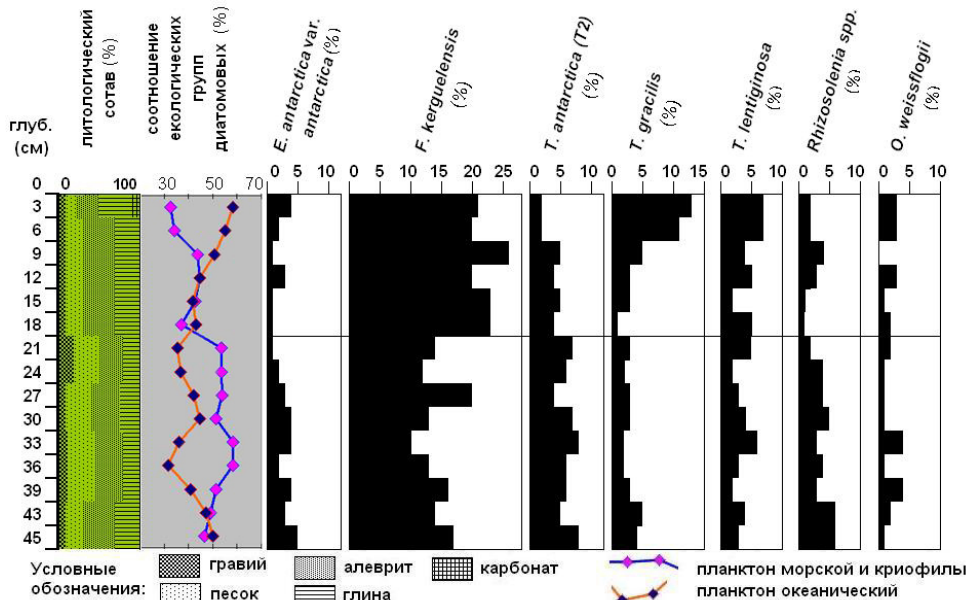


Рис. 3. Вертикальное распределение океанических диатомовых по колонке и соотношение экологических групп в комплексах осадков колонки K98-09

**Обсуждение результатов исследования.** Анализируя таксономический состав и экологическую структуру диатомовых комплексов из осадков колонки, можно отметить общие закономерности. Практически полное отсутствие бентоса и доминирование планктона указывает на значительные глубины бассейна. Соизмеримые доли в диатомовых комплексах холодноводных морских видов и криофилов, с одной стороны, и океанических субантарктических видов, с другой, связано с расположением станции в зоне сильного океанического влияния и смешения разнотемпературных водных масс Антарктического Циркумполярного течения и холодных приантарктических вод моря Уэдделла. Также можно сделать вывод о наличии ледового покрова зимой и дрейфующего льда летом. Средние температуры поверхностного слоя воды в период вегетации составляли от  $-1^{\circ}\text{C}$  до  $+1,5^{\circ}\text{C}$  [12]. Однако, в течение позднего голоцена климатические условия неоднократно менялись.

Повышенное содержание холодноводных видов в комплексах на уровнях 33-36 см и 21-24 см указывает

на более суровые океанические условия, низкую температуру воды, ледовые обстановки. Похолодания чередовались с кратковременными периодами повышения температуры, о чем свидетельствуют осадки интервалов 42-45 см, 27-30 см, 15-18 см. Существование открытых океанических обстановок и ослабление ледового режима отражается на составе комплексов из осадков с уровня 18 см и до поверхности колонки; доминирование тут океанических видов обусловлено увеличением доли холодноводной пелагической *T. gracilis*, что свидетельствует не столько о быстром повышении температуры воды, сколько об изменении гидрологического режима и открытоводных условиях. Преобладание на этих уровнях субантарктических видов свидетельствует о повышении температуры приповерхностной водной массы до  $+4-5^{\circ}\text{C}$ . В целом, диатомовые комплексы указывают на условия седиментации и климат, близкие к современным. Устойчивое повышение доли более тепловодных видов в верхней части колонки говорит о начале потепления, продолжающегося и сейчас, что подтверждается данными [8].

Накопление осадков происходило в голоценовое время – об этом свидетельствуют как литологические особенности осадка, так и видовой состав комплексов диатомовых водорослей по всей длине колонки, составляющей 0,45 м. А.П. Лисицын для Южного океана в районе Антарктиды указывает скорости современного осадконакопления от долей сантиметра до нескольких десятков сантиметров в тысячу лет [3]. По данным [7], скорости осадконакопления в юго-западной части моря Скоша в позднем голоцене составляли около 38 см/1000 лет.

О времени седиментации можно судить по чередованию периодов похолодания и потепления, прослеженных нами по изменению соотношения экологических групп диатомовых водорослей в комплексах. Исследования, проводимые вблизи изучаемого района Антарктического п-ова в проливе Брансфилда, в районе впадины Палмера и др. [9-10, 19] по данным комплексных исследований (включая диатомовые), а также в юго-западной части моря Скоша [7, 21] по данным диатомового анализа, позволили выделить несколько стадий изменения голоценового климата, имеющие определенные региональные отличия: последний ледниковый максимум, климатический оптимум, неогляциал, "средневековый теплый период" (иногда с последующим "малым ледниковым периодом") и современное быстрое потепление.

Три основные голоценовые климатические стадии Западной Антарктики были охарактеризованы по диатомовым для юго-западной части моря Скоша [7]:

1 – последний ледниковый максимум, ранний голоцен (~23,40-8,3 тыс лет BP (*before present*)), характеризовался плотным ледовым покровом и низкой биопродуктивностью вод. В диатомовых комплексах из донных отложений доминируют *F. kerguelensis*, *E. antarctica*, *A. actinochilus*;

2 – климатический оптимум, средний голоцен (8,3-2,4 тыс лет BP), – открытоводные условия и повышенная биопродуктивность. Доминантный вид – *F. kerguelensis*, субдоминантными являются *R. styliformis* (до 25%) и *T. antarctica* (T2). Повышенная доля *T. antarctica* (T2) в комплексах выделена как местный индикатор среднеголоценового климатического оптимума [7];

3 – неогляциал, верхний голоцен (<2,4 тыс лет BP), характеризовался частично открытоводными условиями. В комплексах из осадков доминирует *F. kerguelensis*, существенно уменьшается доля *R. styliformis* и *T. antarctica* (T2). Преобладает холодноводная разновидность *T. antarctica* (T1), также увеличивается доля ледовых диатомовых.

Результаты наших исследований показали, что малое содержание в комплексах диатомовых водорослей из осадков колонки K98-09 видов-индикаторов среднеголоценового климатического оптимума, а именно *R. styliformis* и *T. antarctica* (T2), позволяет соотнести время осадконакопления с третьей стадией, т.е., с неогляциалом. Таким образом, возраст начала формирования отложений колонки можно определить как не раньше 2,4 тыс лет BP.

Неогляциал в районе Антарктического п-ова характеризуют как отчетливо выраженное похолодание климата, усиление ледовой обстановки и охлаждение поверхностных вод [10]. Для отложений залива Прюдс, Восточная Антарктика [4], по экологической структуре диатомовых комплексов позднего голоцена выделена экзона 1, соответствующая неогляциалу, она датирована периодом 0-2 тыс лет. По данным [9], возраст неогляциала определен ориентировочно в 2,6-1,6 тыс календарных лет. Данные ледовых скважин Восток и Комсомольская относят начало неогляциала к периоду до 2,5 тыс календарных лет [10]. Изучение донного осадочного материала из впадины Палмера и залива Ферт-оф-Тей

показало, что позднеголоценовое похолодание продолжалось на некоторых участках региона вплоть до начала современного потепления [9]. Следует отметить, что различные данные по определению абсолютного возраста радиоуглеродным методом часто трудно сопоставлять, поскольку исследователями используется либо приблизительный абсолютный возраст (BP, *before present*), либо календарный (калиброванный, с учетом поправки на жесткость морской воды).

Отнесения начала осадконакопления донных отложений колонки K98-09 к неогляциальному периоду с учетом приведенных абсолютных датировок позволяет нам ориентировочно рассчитать среднюю скорость осадконакопления в позднем голоцене в районе расположения станции как не менее 18-19 см/1000 лет. Для сравнения, в это же время скорость осадконакопления в заливе Прюдс оценивается в 15-20 см/1000 лет [4].

Устойчивая тенденция к увеличению в диатомовых комплексах из осадков колонки доли океанического планктона отчетливо заметна с глубины 9 см (рис. 2-3), что, с учетом полученной скорости накопления осадка, позволяет приблизительно оценить возраст интервала не более 0-500 лет. Возможно, что воздействие температурных колебаний "малого ледникового периода" на развитие кремневого планктона были сглажены влиянием открытого океана и циркуляцией разнотемпературных водных масс Антарктического Циркумполярного течения.

**Выводы.** Анализ видового состава и экологической структуры диатомовых комплексов из осадков колонки K98-09 в северной части акватории Антарктического полуострова позволил сделать выводы о палеогеографических и палеоклиматических условиях осадконакопления в позднеголоценовое время.

По таксономическому составу и экологической структуре комплексов было определено, что осадки колонки формировались в обстановках глубокого бассейна, на гидрологических условиях которого сказалось сильное океаническое влияние и смешение разнотемпературных водных масс Антарктического Циркумполярного течения и холодных приантарктических вод моря Уэдделла. Акватория характеризовалась наличием ледового покрова зимой и дрейфующего льда летом; среднелетние температуры поверхностного слоя воды составляли от -1°C до +1,5°C.

Анализ таксономического состава комплексов показал, что осадконакопление происходило в позднем голоцене. Динамика соотношения двух выделенных экологических групп диатомовых в комплексах по разрезу колонки позволила выделить за это время два отчетливых периода похолодания, чередующихся с тремя кратковременными периодами повышения температуры. Сопоставив наши результаты с данными из юго-западной части моря Скоша (Западная Антарктика) [7], пролива Брансфилда, района впадины Палмера и др. (Антарктический п-ов) [9-10] и залива Прюдс (Восточная Антарктика) [4], мы соотнесли время начала формирования осадков колонки с неогляциалом ( $\leq 2,4$  тыс лет) и определили среднюю скорость осадконакопления в позднем голоцене в районе расположения станции ( $\geq 18-19$  см/1000 лет). Эти приблизительные расчеты дают основания предполагать, что примерно 450-500 лет назад в районе северной оконечности Антарктического п-ова началось потепление, продолжающееся до настоящего времени.

Результаты палеоклиматических исследований и выводы о скорости и условиях осадконакопления в северной акватории Антарктического п-ова представляют научный интерес и имеют прикладное значение при реконструкциях климата позднего голоцена полярных областей, а также могут быть использованы для палеоокеанологических исследований позднечетвертичной истории как Южного океана, так и Арктики.



## Перечень использованных источников

1. Гожик П.Ф., Орловский Г.Н. и др., (1991). Геология и металлогения Южного океана. К.: Наукова думка, 192 с.
2. Gozhyk P.F. et al., (1991). Geology and metallogeny of the Southern Ocean [Geologiya i metalogeniya Yuzhnogo okeana]. Kyiv, Naukova Dumka – Scientific thought, p. 192. (In Russian).
3. Козлова О.Г., (1964). Диатомовые водоросли Индийского и Тихоокеанского секторов Антарктики. М.: Наука, 167 с.
4. Kozlova O.G., (1964). Diatoms of the Indian and Pacific sectors of the Antarctic [Diatomovye vodorosli indiyского i tihookeanskogo sektorov Antarktik]. Moscow, Nauka – Science, p. 167. (In Russian).
5. Лисицын А.П., (1994). Ледовая седиментация в Мировом океане. М.: Наука, 448 с.
6. Lisitsyn A.P., (1994). Ice sedimentation in the World's ocean [ledovaya sedimentatsiya v mirovom okeane]. Moscow, Nauka – Science, p. 448. (In Russian).
7. Пушина З.В., (2008). Позднечетвертичные диатомовые водоросли и эволюция палеогеографических обстановок в центральном секторе Восточной Антарктики. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геол.-минерал. наук, специальность 25.00.02 "Палеонтология и стратиграфия". Санкт-Петербург, 20 с.
8. Pushyna Z.V., (2008). Late Quaternary diatom end evolution of paleogeographic environments in the central sector of East Antarctica [Pozdnechetvertichnye diatomovye vodorosli i evolyutsiy paleogeograficheskikh obstanovok v tsentralnom sektore Vostochnoy Antarktik]. Avtoreferat dissertatsiy, Sankt-Peterburg. – Thesis of Dr. dissertation. St. Petersburg, p. 20. (In Russian).
9. Armand L., Crosta X., Romero O., Pichon J.-J., (2005). The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 1. Sea ice related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223, 93-126.
10. Armand L., Leventer A., (2003). Palaeo Sea Ice Distribution - Reconstruction and Palaeoclimatic Significance. In *Sea Ice: An Introduction to its Physics, Chemistry, Biology and Geology* (Chapter 11, 333-372). Ed. by D.N. Thomas & G.S. Dieckmann, p. 416
11. Bak Y.-S. et al., (2007). Diatom evidence for Holocene paleoclimatic change in the South Scotia Sea, West Antarctica. *Geosciences Journal*, 11, 11-22.
12. Barbara L. Crosta X., Schmidt S., Masse G., (2013). Diatoms and biomarkers evidence for major changes in sea ice conditions prior the instrumental period in Antarctic Peninsula. *Quaternary Science Reviews*, 79, 99-110.
13. Barnard A., Wellner J.S., Anderson J.B., (2014). Late Holocene climate change recorded in proxy records from a Bransfield Basin sediment core, Antarctic Peninsula. *Polar Research*, 33, 17236, <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v33.17236>.
14. Bentley M.J. et al., (2009). Mechanisms of holocene palaeoenvironmental change in the Antarctic Peninsula region. *The Holocene*, 19 (1), 51-69.
15. Crosta X., Romero O., Armand L., Pichon J.-J., (2005). The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 2. Open ocean related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223, 66-92.
16. Esper O., Gersonde R., Kadagies N., (2010). Diatom distribution in southeastern Pacific surface sediments and their relationship to modern environmental variables. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 287, 1–27.
17. Gersonde R., Burckle L., (1990). Neogene diatom biostratigraphy of ODP Leg 113, Weddell Sea (Antarctic Ocean). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 113, 761–789.
18. Lee J.I. et al., (2010). Climate changes in the South Orkney Plateau during the last 8600 years. *The Holocene*, 20 (3), 395–404.
19. Lee J.I. et al., (2012). Late Quaternary glacial–interglacial variations in sediment supply in the southern Drake Passage. *Quaternary Research*, 78, 119–129.
20. Leventer A., (1998). The fate of Antarctic "sea ice diatoms" and their use as paleoenvironmental indicators. In *Antarctic Sea Ice: Biological Processes, Interactions and Variability* (Eds. Lizotte M.P., Arrigo K.R.). *American Geophysical Union, Washington, D.S. Antarctic research series*, 73, 121-137.
21. Romero O.E., Armand L.K., Crosta X., Pichon J.-J., (2005). The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean surface sediments: 3. Tropical/Subtropical species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223, 49-65.
22. Spreng D., (2013). Palaeoclimate and Ice-Sheet Dynamics in the Southern Ocean. *Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln/ Köln*, p. 129.
23. Taylor F., Whitehead J., Domack E., (2001). Holocene paleoclimate change in the Antarctic Peninsula: evidence from the diatom, sedimentary and geochemical record. *Marine Micropaleontology*, 41, 25-43.
24. Yoo K.-C., Yoon H.I., Kim J.-K., Khim B.K., (2009). Sedimentological, geochemical and palaeontological evidence for a neoglacial cold event during the late Holocene in the continental shelf of the northern South Shetland Islands, West Antarctica. *Polar Research*, 28, 177–192.
25. Yoon H.I. et al., (2007). Late glacial to Holocene climatic and oceanographic record of sediment facies from the South Scotia Sea off the northern Antarctic Peninsula. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 54, 21-22, 2367-2387.

Надійшла до редколегії 09.06.15

O. Ogienko, Assistant

E-mail: [ogienko@univ.kiev.ua](mailto:ogienko@univ.kiev.ua);

Yu. Tymchenko, Cand. Sci. (Geol.), Research Associate

E-mail: [maeotica@ukr.net](mailto:maeotica@ukr.net),

Institute of Geology, Taras Shevchenko National University of Kyiv

90 Vasylkivska Str., Kyiv, 03022 Ukraine

### THE LATE HOLOCENE CLIMATE CHANGE EFFECT ON SEDIMENTATION ENVIRONMENTS NEAR THE ANTARCTIC PENINSULA

The paper is devoted to the Late Holocene sedimentary paleoenvironments in the open northern part of the Antarctic Peninsula basin that is particularly sensitive to rapid contemporary climate change. The main goal is to trace the successive environmental transformation of hydrological and climatic conditions which affected the Core K98-08 (floor depth 1227 m) deposits formation recorded in proxy diatom data. On the basis of taxonomic composition and ecological structure of fossil diatom assemblages and horizons' lithology, the Late Quaternary paleoenvironmental conditions were defined. The surface sediments were formed in deep ocean basin under the influence of different-temperature water mixture, this basin being characterized by sea ice cover in winter and surface water's average temperatures of  $-1 - +1,5^{\circ}\text{C}$  in summer.

The taxonomic composition of diatom assemblages suggests that the surface sediments were formed at the Late Holocene. The comparison of new data with paleoclimatic records [7, 9-10] indicates that the beginning of core deposit accumulation is broadly synchronous with the Neoglacial interval ( $\leq 2400$  yr BP). According to our rough estimates the average Late Holocene deposition rate was ca. 18-19 cm per 1000 years in the place where the station was located. The present-day rapid warming began about 450-500 yr ago in the Northern Antarctic Peninsula.

This study focuses on new data of the Late Holocene sedimentation rate and environments in the north area of the Antarctic Peninsula basin for a climate and paleoceanological reconstructions in the Southern Ocean.

Keywords: sedimentation, bottom deposits, diatoms, paleoclimate, Holocene, Antarctic.

O. Ogienko, asist.,

E-mail: [ogienko@univ.kiev.ua](mailto:ogienko@univ.kiev.ua);

Ю. Тимченко, канд. геол. наук, мол. наук. співроб.,

E-mail: [maeotica@ukr.net](mailto:maeotica@ukr.net),

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ННІ "Інститут геології", вул. Васильківська 90, м. Київ, 03022 Україна

### ВПЛИВ ПІЗНЬОГОЛОЦЕНОВИХ КОЛИВАНЬ КЛІМАТУ НА ОБСТАНОВКИ СЕДИМЕНТАЦІЇ В АКВАТОРІЇ АНТАРКТИЧНОГО ПІВОСТРОВА

Стаття присвячена дослідженню обстановок осадконакопичення в півному голоцені в північній, найбільш відкритій до океану та чутливі до швидких змін клімату, частині акваторії Антарктичного п-ова. Мета роботи – простежити послідовні зміни гідрологічних і кліматичних палеоумов, у яких відбувалося формування осадків колонки K98-09 (глибина моря 1227 м) на основі аналізу таксономічного складу та екологічної структури комплексів викопних діатомових водоростей із поверхневих верхньочетвертинних відкладів. За даними діатомового аналізу та літологічною характеристикою горизонтів було визначено, що осадки колонки формувалися в глибокому басейні із сильним океанічним впливом і змішуванням різномінеральних водних мас, з крижаним покривом взимку та середніми температурами поверхневого шару води в період вегетації  $-1 - +1,5^{\circ}\text{C}$ .

Аналіз таксономічного складу комплексів показав, що осадконакопичення відбувалося в півному голоцені, а співставлення одержаних результатів з даними палеокліматичних досліджень [7, 9-10] дозволило встановити, що час початку формування осадків колонки співвідноситься з неогляціалом ( $\leq 2,4$  тис р). За приблизними оцінками, середня швидкість осадконакопичення в півному голоцені в районі знаходження станції становила не менше 18-19 см/1000 р, а приблизно 450-500 років тому в районі північного краю Антарктичного п-ова почалося потепління, що триває до нашого часу.

Наведена робота містить нову інформацію про швидкості та умови осадконакопичення в північній акваторії Антарктичного п-ова, що є важливою при реконструкціях клімату півного голоцену та палеоокеанологічних дослідженнях пізньочетвертинної історії Південного океану.

Ключові слова: седиментація, донні осадки, діатомові водорості, палеоклімат, голоцен, Антарктика.