

## ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНІ НАУКИ

УДК 561.26:551.35+551.89(292.33+292.34)

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.42246

**ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ДИНАМИКИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДОННЫХ ОСАДКОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МОРЯ СКОША**

© О. С. Огиенко, Ю. А. Тимченко

*Изучение диатомовых из осадков нижнего интервала колонки K97-18 в море Скоша выявило в комплексах сочетание позднеплейстоцен-голоценовых и миоценовых видов, что объясняется обилием в породе включений среднемиоценового диатомита. Были установлены время переотложения, агенты и пути транспортировки, а также предложены возможные места локализации коренных слоев диатомита*

**Ключевые слова:** осадконакопление, донные отложения, диатомит, диатомовые водоросли, средний миоцен, море Скоша

*The study of diatoms from the sediments of the lower interval of column K97-18 in Scotia Sea it is revealed the combination of Late-Holocene and Miocene species in complexes, due to the abundance of inclusions of Middle Miocene diatoms in the rock. Age of re-deposition, transporters and ways of transportation are determined, and it is suggested possible localization of diatomite layers*

**Keywords:** sedimentation, bottom deposits, diatomite, diatoms, Middle Miocene, Scotia Sea

**1. Введение**

Котловина моря Скоша сформировалась в позднем палеогене в результате окончательного отделения Антарктического п-ова от Южной Америки. Она вытянута в восточном направлении от пролива Дрейка до Южных Сандвичевых о-вов и ограничена с севера и юга Северным и Южным Шетландскими хребтами. Дно бассейна представляет собой равнину с глубинами 3000–4500 м, отдаленную от главных источников сноса терригенного материала [1]. Основная роль при транспортировке осадочного материала принадлежит айсбергам [2]. На склонах Южно-Оркнейского желоба в переносе осадочного материала принимают участие гравитационные процессы. Циркуляция вод в южной части моря определяется холодным глубинным течением моря Уэдделла и Антарктическим циркумполярным течением (АЦТ). Низкие температуры поверхностных вод вблизи Южных Оркнейских о-вов летом контролируются поступлением воды из моря Уэдделла [1].

При определяющей роли ледников в мобилизации, транспортировке и седиментации осадочного материала в Антарктике, значительным его источником является биогенное вещество, продуцируемое антарктическими сообществами кремнеземистых организмов, в первую очередь, диатомовых водорослей.

Разгрузка айсбергов при таянии приводит к образованию слабо сортированных моренных отложений, содержащих материал от тонкого ила до грубых обломков с кремнистым и карбонатным биогенным материалом. С удалением айсбергов от континента, осаждающийся осадочный материал становится все тоньше, а в дистальном направлении отложе-

ния айсберговых морен ассоциируют с биогенными, в частности диатомовыми, илами. В результате в антарктическом поясе в донных осадках содержится от 30–50 до 70 % биогенного опада [2].

**2. Постановка проблемы**

В рамках программ научных исследований НАН Украины в 1997 г. в южной части моря Скоша были проведены экспедиционные работы рейса НИС “Эрнст Кренкель”. Комплекс геологических работ включал отбор образцов осадочных пород грунтовой прямооточной ударной трубкой. На пологом северном склоне Южно-Оркнейского желоба была отобрана колонка станции K97-18 длиной 0,5 м (рис. 1). Диатомовый анализ отобранных на микропалеонтологию образцов осадков колонки обнаружил факт переотложения створок миоценовых видов диатомовых в поверхностные отложения позднеплейстоценового-голоценового возраста. Макроскопическое изучение породы показало наличие в ней значительного количества слабоокатанных мелких кусочков диатомита белесого цвета различных размеров и формы без видимой закономерности в ориентации (рис. 2, а).

Целью нашей работы стало исследование особенностей позднечетвертичного накопления поверхностных осадков в южной части моря Скоша, выявленных при изучении кремнистых микрофитофоссилий. Для этого были проанализированы таксономический состав комплексов диатомовых из морских отложений, стратиграфическое положение и возраст вмещающей и переотложенной составляющих, а также прослежены возможные пути транспортировки и источники активизации осадочного материала.

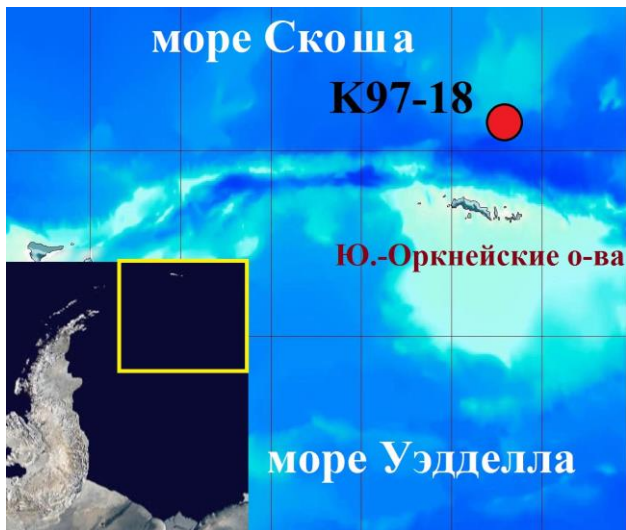


Рис. 1. Схема расположения станции K97-18, Западная Антарктика

### 3. Литературный обзор

Морские донные отложения Западной Антарктики исследованы достаточно хорошо. Стратиграфическому расчленению осадков последнего четвертичного оледенения южной части моря Скоша, в частности, посвящены работы Н. I. Yoop, Y. S. Bak и др. [1]. Изменения характера транспортировки терригенного материала в регионе, связанные с чередованием стадий оледенения и межледниковий, реконструировались В. Diekmann, G. Kuhn и др. [3]. Отложения моря Уэдделла опробованы в рамках программы глубоководного бурения: в юго-восточной части шельфа Южных Оркнейских о-вов были пробурены три скважины и одна в глубоководной котловине [4]. В задачи геологических исследований входило уточнение биостратиграфических региональных диатомовых шкал и изучение условий формирования осадков. Эти скважины впервые вскрыли слои миоценовых диатомитов в регионе.

В целом, миоценовые диатомиты и диатомовые породы довольно широко распространены в Западной Антарктике. С развитием покровных ледников, переотложение осадочных пород развито повсеместно и диатомовые являются биологическими маркерами этого процесса. Факт переотложения диатомитов миоценового возраста вблизи устья ледника моря Росса описан в литературе [5]. D. M. Harwood указывает, что створки миоценовых диатомовых водорослей и одновозрастные породы (в том числе, диатомиты) были переработаны шельфовым ледником в позднем плейстоцене.

Несмотря на исследования последних лет, данные о приантарктических донных отложениях остаются фрагментарными. Факт переотложения миоценовых диатомитов в южной части моря Скоша нами обнаружен впервые.

### 4. Результаты исследования диатомовых комплексов из поверхностных осадков

На диатомовый анализ было отобрано 8 образцов осадочных пород колонки станции K97-18, в том числе четыре из интервала 0–38 см (соответственно,

0–5, 15–20, 25–30, 37–38) и четыре – из интервала 38–50 см, взятые через каждые 3 см. Лабораторная обработка для извлечения панцирей диатомовых проведена по стандартной методике. Для детализации исследований, отдельно были приготовлены без предварительной лабораторной обработки и обогащения девять образцов диатомита: два из уровня 38–41 см, два – из 41–44 см, два – из 44–47 см, три – из 47–50 см. Микроскопические исследования проведены при помощи светового микроскопа Olimpus CX4 при увеличении 600–1200x и сканирующего электронного микроскопа JEOL NeoScan JSM-5000 (при содействии официального представителя в Украине фирмы "TokioBoeki"). Количественный подсчет проводился до 500–900 створок с расчетом процентной доли каждого вида в комплексе. Всего определено 109 видов диатомовых водорослей, относящихся к 40 родам, и 3 вида диктиоховых водорослей. Состав обломочного и глинистого материала диатомита изучен визуальным и иммерсионным методом с помощью поляризационного микроскопа ПОЛАМ РР-1.

По литологическим особенностям строения пород, в колонке K97-18 было выделено два интервала, 0–0,38 м и 0,38–0,50 м. Верхняя часть колонки сложена однородным неслоистым серо-зеленым бескарбонатным сильно глинистым алевритом с примесью псаммитового материала и одиночными обломками кварца и кристаллических пород мелкогравийной размерности. Нижний интервал представлен светло-серым с легким зеленоватым оттенком бескарбонатным слабogliнистым алевритом с примесью песчаного и мелкогравийного материала кварца и кристаллических пород (рис. 2, а). Текстура алеврита хаотическая, комковатая. Комочки размером 0,5–3 мм, некоторые до 5 мм, однородного строения, беловатого цвета, полукруглой формы местами составляют до 10 % породы, представлены диатомитом, сложены тонким детритом панцирей диатомовых водорослей (рис. 2, б).

Изучение диатомовых комплексов из образцов пород двух интервалов показало явное отличие таксономического состава ассоциаций диатомовых водорослей каждого из них. Ассоциации диатомовых из пород верхнего почти полностью состоят из позднечетвертичных видов, в то время как в образцах пород нижнего интервала кроме них присутствуют в значительном количестве неогеновые (вымершие) таксоны.

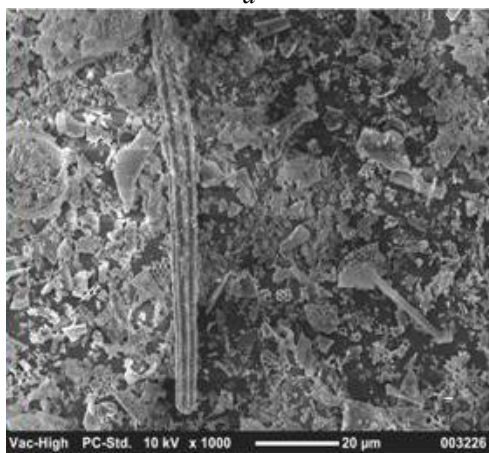
Диатомовые комплексы из всех исследованных образцов глинистых алевритов интервала 0–0,38 м очень похожи по таксономическому составу. Створки многочисленны, хорошей сохранности. Почти все обнаруженные диатомовые относятся к планктонным морским и океаническим видам. Приблизительно половина створок в комплексах принадлежит антарктическим холодноводным видам и криофилам. Остальные – океанические субантарктические виды.

Среди холодноводного планктона и криофилов доминируют представители рода *Chaetoceros* (17–27 % от общего числа створок). Также встречены: *Actinocyclus actinochilus* Ehr. (4–7 %), *Porosira glacialis* (Grun.) Jorg. и *Porosira pseudodenticulata* (Hust.) Jouse (вместе 3–4 %), *Fragilariopsis cylindrus* (Grun.) Krieg-

er и *Fragilariopsis curta* (V. Heurck) Hust. (2–5 % в сумме), *Stellarima microtrias* (Ehr.) Hasle & Sims (1–4 %). Это – виды-индикаторы распространения морского льда.



а



б

Рис. 2. Образец верхнечетвертичной породы из интервала 0,38–0,50 м колонки: а – алеврит с включениями диатомита; б – снимок диатомита под микроскопом (СЭМ)

Многочисленные в антарктических водах представители планктонного рода *Thalassiosira* существуют в открытых морских и океанических водах. Неритовый вид *T. antarctica* Comber встречается в двух формах – холодноводной (7–10 %), считающейся криофильной, и теплолюбивой (11–14 %), развивающейся при оптимальной температуре +4 °С в свободных ото льдов открытых водах [6]. Доля океанической субантарктической *T. lentiginosa* (Jan.) Fryx. – 4–6 %, холодноводной океанической *T. gracilis* (Karsten) Hust. 1–4 %, а вида *Fragilariopsis kerguelensis* (O'Meara) Hust., антагониста ледовых условий, 5–9 %. Теплолюбивый вид *F. kerguelensis* существует в узком температурном диапазоне с оптимумом +5 °С [7], обычно служит показателем открытоокеанических палеоусловий [6]. Среди представителей рода *Rhizosolenia* преобладает (4–6 %) более теплолюбивый вид *R. styliformis* Bright. Тихопелагические виды, такие как *Paralia sol* (Ehr.) Crawf., и эпифиты, представители рода *Cocconeis*, часто встречающиеся в планктоне, представлены единичными створками.

В комплексах выявлено присутствие единичных створок ископаемых видов диатомей, таких как *Actinocyclus ingens* Rattray, *A. ingens* var. *nodus*, *Denticulopsis dimorpha* (Schrader) Simonsen, *D. Simonsenii* Yanagisawa & Akiba, *Rocella praenitida* и ряда других.

Анализ экологической структуры диатомовых комплексов из осадков интервала позволяет сделать выводы о палеогидрологических и палеоклиматических условиях осадконакопления в позднплейстоценово-голоценовое время. Отсутствие бентоса и доминирование планктона с преобладанием океанических видов указывает на значительные глубины и удаленность от континента исследуемого участка морского бассейна. Значительная доля гипноспор *Chaetoceros* и криофилов свидетельствуют о быстром таянии ледового покрова весной, наличии дрейфующих льдов летом и холодных летних температурах поверхностной воды (от –0,5 °С до +1,5 °С) [8]. С другой стороны, наличие в комплексах субантарктических океанических видов *F. kerguelensis*, *T. Lentiginosa* и теплолюбивой формы *T. antarctica* говорит о верхнем пределе летних температур поверхностной морской воды +4–5 °С.

Описанные диатомовые комплексы относятся к диатомовой зоне *Thalassiosira lentiginosa*/*Fragilariopsis kerguelensis*, субзоне b, зональной диатомовой шкалы южной части АЦТ Атлантического сектора Южного океана (Zielinski & Gersonde, 2002), возраст которой оценен в 0–0,13 млн. лет (поздний плейстоцен-голоцен) [9].

Таксономический состав комплексов диатомовых водорослей из образцов породы интервала 0,38–0,50 м существенно отличается от состава комплексов интервала 0–0,38 м. Створки позднчетвертичных диатомовых составляют не более 15 %, но они определяют время образования породы нижнего интервала как позднплейстоценово-голоценовое (не позднее 0,13 млн. лет) [9]. Остальная доля 85 % приходится на створки вымерших видов, в основном, распространенных в миоцене, и видов с широким возрастным диапазоном. Дополнительный диатомовый анализ образцов диатомита, взятых из включений в верхнечетвертичном алеврите, показал, что он практически полностью сложен обломками створок неогеновых видов, составляющих аллохтонный компонент позднчетвертичных диатомовых комплексов. Нахождение обломков неогенового диатомита в верхнечетвертично-голоценовой породе позволяет говорить о процессах переотложения, участвовавших в образовании поверхностного осадка. Диатомиты – источник переотложенных створок в породе – сложены тонким детритом панцирей диатомовых водорослей с незначительной долей (3–5 %) примесей терригенного материала в виде отдельных зерен кварца мелкоалевритистой размерности и глинистых минералов из группы гидрослюд (рис. 2, б).

В диатомовых комплексах из кусочков диатомита доминируют *Denticulopsis simonsenii* (Simonsen & Kanaya) Simonsen (до 25 %), *Actinocyclus ingens* (около 15 %), *Stephanopyxis turris* (Grev. & Arnott) Ralfs, *Stephanopyxis* spp., в сумме составляющие

15–20 % от общего количества переотложенных створок, гипноспоры *Chaetoceros* (7–15 %), представители родов *Rhizosolenia* и *Proboscia* (10–15 %). В целом комплексы таксономически разнообразны (61 вид с разновидностями, принадлежащие к 31 роду), представительство большинства видов от долей процента до 1–5 % (рис. 3). Кроме диатомовых, встречаются единичные скелеты диктиоховых водорослей *Distephanus speculum* (Ehr.) Naeckel, *D. crux* (Ehr.) Naeckel, теплолюбивые *Dictyochoa sp.* фрагментарно, единичные панцири эбридий и радиолярий, а также спикеры губок.

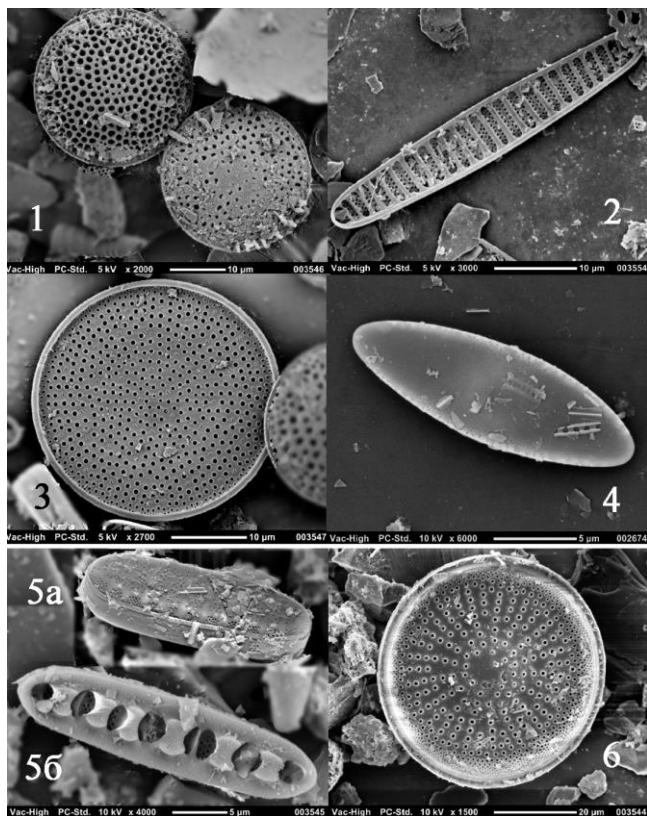
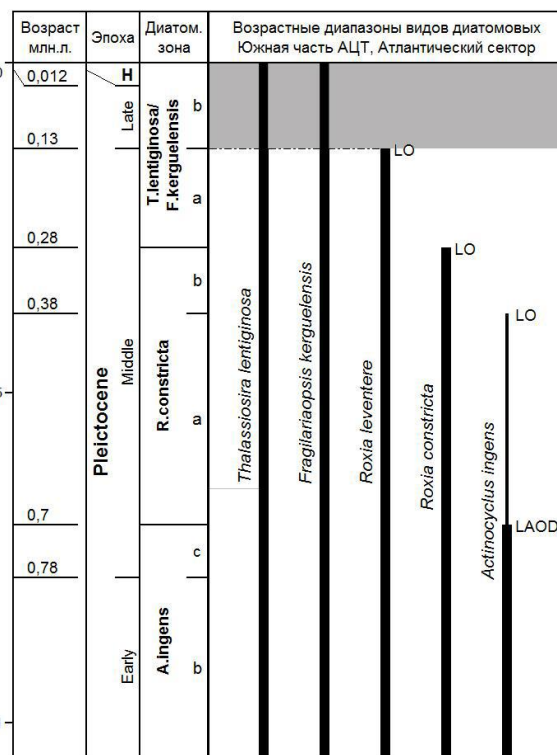


Рис. 3. Диатомовые из

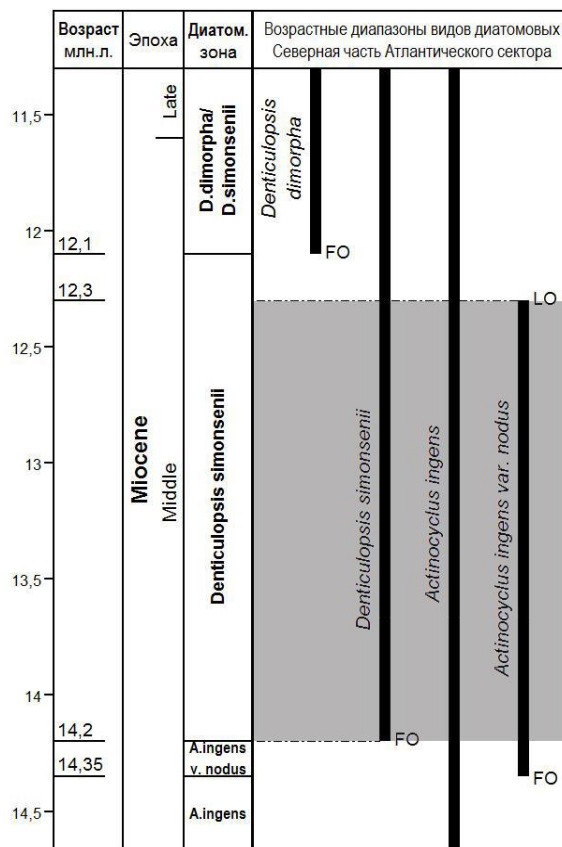
верхнеплейстоцен-голоценовых отложений, инт. 0–0,38 м, (1–4) и среднемиоценового диатомита, инт. 0,38–0,5 м, (5–6), СЭМ: 1 – *Thalassiosira antarctica*, 2 – *Fragilariopsis kerguelensis*, 3 – *T. lentiginosa*, 4 – гипноспора *Chaetoceros*; 5a, 5б – *Denticulopsis simonsenii*, 6 – *Actinocyclus ingens*

Микроскопические исследования показали, что основная масса диатомита состоит из обломков тонких щетинок-хет *Chaetoceros* и *Bacteriastrum*, фрагментов тонкостенных удлиненных панцирей *Thalassiotrix*, *Thalassionema*, фрагментов петрических диатомей *Thalassiosira*, *Coscinodiscus*, а также небольших и грубопанцирных *Denticulopsis*, *Actinocyclus*, *Rhizosolenia*, *Stephonopixis*, *Chaetoceros*.

Как показал анализ, большая часть видов диатомовых водорослей, извлеченных из диатомита, имеет довольно широкий возрастной диапазон, однако время его образования может быть определено по наличию индекс-видов зональных диатомовых шкал Южного океана [10] *Denticulopsis simonsenii* и *Actinocyclus ingens* (рис. 4).



а



б

Рис. 4. Схема биостратиграфического расчленения по диатомовым водорослям: а – четвертичных (по Zielinski, Gersonde, 2002) [9], б – неогеновых (по Censarec, Gersonde, 2002) [10] отложений Атлантического сектора Западной Антарктики, где FO – первое появление вида, LO – последнее появление, LAOD – последнее массовое появление

Появление *Denticulopsis simonsenii* (FO) для Южного океана оценивается в 14,2 млн. лет [4], что позволяет установить нижний возрастной предел образования диатомита. Верхний предел можно определить по последнему появлению (LO) *Actinocyclus ingens* var. *nodus*, что для моря Уэдделла составляет 12,3 млн. лет [4]. Таким образом, время образования диатомита можно отнести к временному промежутку 14,2–12,3 млн. лет, что практически полностью отвечает диатомовой зоне среднего миоцена *Denticulopsis simonsenii* (14,2–12,1 млн. лет) северной части Атлантического сектора Южного океана (Censarek, Gersonde, 2002) [4].

В экологической структуре диатомовых комплексов из образцов среднемиоценового диатомита преобладает планктон, преимущественно представленный субантарктическими океаническими видами. Доминирование неритического и океанического планктона указывает на то, что осадконакопление происходило в условиях открытого бассейна. Незначительная доля бентоса, эпифитов и тихопланктона свидетельствует о его значительной глубине. Численность и видовое разнообразие диатомовых, присутствие видов родов *Thalassionema*, *Thalassiotrix*, *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* позволяют предполагать высокую продуктивность вод.

Фактически полное отсутствие примесей терригенного и глинистого материала говорит о его незначительном поступлении с материка в бассейн седиментации во время накопления диатомита, возможно, вследствие бронирующего влияния континентального ледника. О прохладных условиях на континенте и доминировании физического выветривания свидетельствует минеральный состав глин в диатомитах, представленных иллитами.

##### 5. Апробация результатов исследований

К началу среднего миоцена, вследствие окончательного разделения Южной Америки и Антарктиды, вокруг последней сформировалась система циркуляции океанических течений, близкая к современной. Это привело к блокировке поступления теплых (субтропических) океанических вод к побережью Антарктиды, и, как следствие, вызвало быстрый рост ледового материкового щита. В это время окончательно сформировался ледяной покров Восточной Антарктиды и здесь уже повсеместно существовал айсберговый разнос осадочного материала. Ледниковый щит Западной Антарктики к началу среднего миоцена состоял из отдельных частей [11]; в узкой прибрежной полосе развивалась тундровая растительность. Разрастающийся ледовый покров этой части материка уже блокировал транспортировку терригенного материала с континента в морской бассейн свободной водой, однако айсберговый разнос еще не распространился повсеместно. Постепенное изменение факторов приконтинентальной седиментации привело к расширению пояса накопления кремнистых осадков вокруг Антарктиды. Снижение температур поверхностных морских вод вызвало их устойчи-

вую стратификацию и, как следствие, жизненную активность диатомовых, что, в сочетании с уменьшением привноса с материка терригенного и глинистого материала, привело к накоплению чистых морских диатомовых осадков.

Видовой состав диатомовых комплексов из двух разновозрастных составляющих осадка интервала 0,38–0,50 м позволяет высказать предположения об агентах и времени переотложения миоценовых диатомитов. Видовой состав диатомовых водорослей указывает на возраст формирования осадка не старше 0,13 млн. лет (поздний плейстоцен–голоцен). Присутствие современных криофилов и океанических видов показывают, что осадконакопление происходило на удалении от континента, в условиях развития морского льда и относительно короткого лета.

На участие льдов в формировании породы указывают ее литологические особенности, такие как наличие гравийного материала, который мог поступать с разгрузкой айсбергов или шельфовых ледников. Собственно, и сами кусочки диатомита в алеврите имеют гравийную размерность. Отнесение верхнечетвертичных отложений колонки к айсберговому подтверждается такими особенностями породы, как слабая сортировка и хаотическая текстура осадка, отсутствие явных следов выветривания и неокатанность мелкогравийных обломков различного состава, в составе обломочного материала обилие зерен нестойких минералов, таких как слюда, доминирование в биогенной составляющей высокоантарктических сообществ кремнистых организмов и другие.

В силу названных выше причин, коренные диатомиты миоценового возраста широко распространены в районе исследований. Так, морским бурением в юго-восточной части шельфа Южных Оркнейских о-вов и центральной части моря Уэдделла были выявлены мощные коренные слои диатомитов среднемиоценового возраста [4].

Реконструкция течений в районе Южных Оркнейских о-вов во время пика последнего антарктического оледенения [3] показала, что в гляциальные стадии усиливались срезание и удаление ледниками осадков шельфа (т. н. «бульдозерный эффект») при наступлении масс материкового льда на фьорды и шельф Антарктического п-ова. Контролируемое ветрами АЦТ в результате адвекции водных масс усиливало значение латерального переноса осадка. В межледниковые периоды, напротив, доминировал межбассейновый перенос в море Скоша.

Обобщенная схема, реконструирующая главные пути поступления терригенного материала в южной части моря Скоша в позднем плейстоцене, показывает возможные пути транспортировки повторно мобилизованных морским льдом осадков и позволяет предположительно определить место коренного расположения диатомита. Наиболее вероятно, что места его формирования локализовались в районе Южных Оркнейских о-вов либо северной и северо-западной частей Антарктического п-ова (рис. 5).

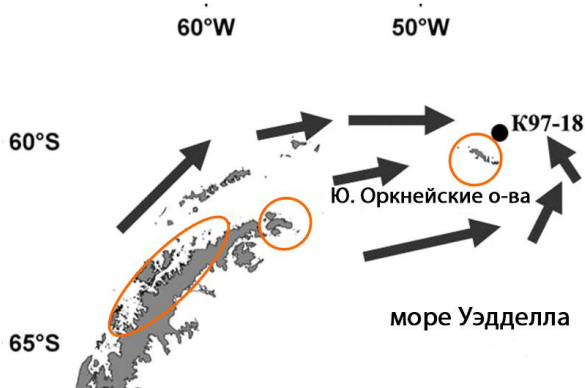


Рис. 5. Обобщенная схема путей поступления терригенного материала в южную часть моря Скоша во время пика последнего антарктического оледенения (по Diekmann, 2000 [3], с дополнениями авторов) и возможные места мобилизации среднемиоценового диатомита

## 6. Выводы

Анализ диатомовых комплексов из отложений колонки K97-18 подтвердил первоначальное выделение двух интервалов. Верхний содержит позднплейстоценовые-голоценовые комплексы диатомовых водорослей, экологическая структура которых указывает на накопление отложений в условиях, близких к современным: глубокий открытый морской бассейн с ледовым покровом зимой, быстрым таянием льда весной с образованием стратифицированной водной толщи. Возраст пород составляет 0–0,13 млн. лет (субзона b зоны *Thalassiosira lentiginosa*/*Fragilariopsis kerguelensis*). В состав диатомовых комплексов нижнего интервала, 0,38–0,5 м, входят, кроме позднечетвертичных, также миоценовые виды, а в основной массе породы отмечено значительное количество кусочков диатомита, сложенных детритом этих же видов. Это свидетельствует о перетолжении миоценовых диатомитов, происходившем в позднплейстоценовое-голоценовое время.

Анализ таксономического состава комплексов диатомовых водорослей из включений диатомита в верхнечетвертичной породе, а именно наличие видов с определенным возрастным диапазоном и индекс-видов, дал возможность отнести их к диатомовой зоне *Denticulopsis simonsenii* (14,2–12,1 млн. лет) и определить возраст их формирования как среднемиоценовый [4, 10].

Основным агентом переноса миоценовых пород в приантарктических водах являлся дрейфующий морской лед последнего антарктического оледенения. Анализ направления и характера водных течений, существовавших в это время, позволил очертить место первичной локализации слоев диатомита в довольно широких пределах: Южные Оркнейские о-ва, северная/северо-западная часть Антарктического плота и прилегающие острова.

Анализ экологической структуры миоценовых диатомовых комплексов и литологического состава породы свидетельствует, что накопление диатомитов происходило в открытом глубоком морском бассейне, лишенном морского льда, с небольшим по-

ступением терригенного материала вследствие оледенения Антарктиды.

Полученная на основе диатомового анализа информация об источниках мобилизации, а также путях и агентах переноса среднемиоценового осадочного материала может быть использована при изучении особенностей морского седиментогенеза в Антарктике, связанных с развитием материкового оледенения в высоких широтах.

## Литература

1. Bak, Y. Diatom evidence for Holocene paleoclimatic change in the South Scotia Sea, West Antarctica [Text] / Y. S. Bak, K. C. Yoo, H. Yoon, J. D. Lee, H. Yun // *Geosciences Journal*. – 2007. – Vol. 11, Issue 1. – P. 11–22. doi: 10.1007/bf02910377
2. Лисицын, А. П. Ледовая седиментация в Мировом океане [Текст] / А. П. Лисицын. – М.: Наука, 1994. – 448 с.
3. Diekmann, B. Terrigenous sediment supply in the Scotia Sea (Southern Ocean): response to Late Quaternary ice dynamics in Patagonia and on the Antarctic Peninsula [Text] / B. Diekmann, G. Kuhna, V. Rachold, A. Abelmann, U. Braathauer, D. Futterer, R. Gersonde, H. Grobe // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2000. – Vol. 162, Issues 3–4. – P. 357–387. doi: 10.1016/S0031-0182(00)00138-3
4. Gersonde, R. Neogene diatom biostratigraphy of ODP Leg 113, Weddell Sea (Antarctic Ocean) [Text] / R. Gersonde, L. Burckle // *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. – 1990. – Vol. 113. – P. 761–789. doi: 10.2973/odp.proc.sr.113.126.1990
5. Harwood, D. Diatom biostratigraphy and paleoenvironmental significance of reworked Miocene diatomaceous clasts in sediments from RISP site J-9 [Text] / D. Harwood, R. Scherer // *Antarctic Journal of the U.S.* – 1998. – Vol. 23, Issue 5. – P. 31–34.
6. Buffen, A. Diatom assemblages in surface sediments of the northwestern Weddell Sea, Antarctic Peninsula [Text] / A. Buffen, A. Leventer, A. Rubin, T. Hutchins // *Marine Micropaleontology*. – 2007. – Vol. 62, Issue 1. – P. 7–30. doi: 10.1016/j.marmicro.2006.07.002
7. Crosta, X. The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 2. Open ocean related species [Text] / X. Crosta, O. Romero, L. Armand, J. J. Pichon // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2005. – Vol. 223, Issue 1. – P. 66–92. doi: 10.1016/j.palaeo.2005.03.028
8. Armand, L. The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 1. Sea ice related species [Text] / L. Armand, X. Crosta, O. Romero, J. J. Pichon // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2005. – Vol. 223, Issue 1. – P. 93–126. doi: 10.1016/j.palaeo.2005.02.015
9. Zielinski, U. Plio-Pleistocene diatom biostratigraphy from ODP Leg 177, Atlantic sector of the Southern Ocean [Text] / U. Zielinski, R. Gersonde // *Marine Micropaleontology*. – 2002. – Vol. 45, Issue 3–4. – P. 225–268. doi: 10.1016/s0377-8398(02)00031-2
10. Censarec, B. Data report: Relative abundance and stratigraphic ranges of selected diatom from Miocene sections at ODP Sites 689, 690, 1088 and 1092 (Atlantic sector of Southern Ocean) [Text] / B. Censarec, R. Gersonde // *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*. – 2003. – Vol. 117. – P. 1–14. doi: 10.2973/odp.proc.sr.177.119.2003
11. Bart, P. Were West Antarctic Ice Sheet grounding events in the Ross Sea a consequence of East Antarctic Ice Sheet expansion during the middle Miocene? [Text] / P. Bart // *Earth and Planetary Science Letters*. – 2003. – Vol. 216, Issue 1–2. – P. 93–107. doi: 10.1016/S0012-821X(03)00509-0

## References

1. Bak, Y. S., Yoo, K. C., Yoon, H. I., Lee, J. D., Yun, H. (2007). Diatom evidence for Holocene paleoclimatic change in the South Scotia Sea, West Antarctica. *Geosciences Journal*, 11 (1), 11–22. doi: 10.1007/bf02910377
2. Lisitzin, A. P. (1994). *Ledovaya sedimentatsiya v Mirovom okeane [Ice sedimentation in the World ocean]*. Nauka, 448.
3. Diekmann, B., Kuhna, G., Rachold, V., Abelmann, A., Brathauer, U., Futterer, D., Gersonde, R., Grobe, H. (2000). Terrigenous sediment supply in the Scotia Sea (Southern Ocean): response to Late Quaternary ice dynamics in Patagonia and on the Antarctic Peninsula. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 162 (3-4), 357–387. doi: 10.1016/S0031-0182(00)00138-3
4. 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. doi: 10.2973/odp.proc.sr.113.126.1990
5. Harwood, D., Scherer, R. (1988). Diatom biostratigraphy and paleoenvironmental significance of reworked Miocene diatomaceous clasts in sediments from RISP site J-9. *Antarctic Journal of the U.S.*, 23 (5), 31–34.
6. Buffen, A., Leventer, A., Rubin, A., Hutchins, T. (2007). Diatom assemblages in surface sediments of the north-western Weddell Sea, Antarctic Peninsula. *Marine Micropaleontology*, 62 (1), 7–30. doi: 10.1016/j.marmicro.2006.07.002
7. 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 (1), 66–92. doi: 10.1016/j.palaeo.2005.03.028
8. 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 (1), 93–126. doi: 10.1016/j.palaeo.2005.02.015
9. Zielinski, U., Gersonde, R. (2002). Plio-Pleistocene diatom biostratigraphy from ODP Leg 177, Atlantic sector of the Southern Ocean. *Marine Micropaleontology*, 45 (3-4), 225–268. doi: 10.1016/s0377-8398(02)00031-2
10. Censarec, B., Gersonde, R. (2003). Data report: Relative abundance and stratigraphic ranges of selected diatom from Miocene sections at ODP Sites 689, 690, 1088 and 1092 (Atlantic sector of Southern Ocean). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 117, 1–14. doi: 10.2973/odp.proc.sr.177.119.2003
11. Bart, P. (2003). Were West Antarctic Ice Sheet grounding events in the Ross Sea a consequence of East Antarctic Ice Sheet expansion during the middle Miocene? *Earth and Planetary Science Letters*, 216 (1–2), 93–107. doi: 10.1016/S0012-821X(03)00509-0

Рекомендовано до публікації д-р геол. наук Іванік О. М.  
Дата надходження рукопису 20.04.2015

**Огиенко Олег Сергеевич**, асистент, кафедра общей и исторической геологии, УНИ «Институт геологии» Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, ул. Васильковская, 90, г. Киев, Украина, 03022

E-mail: ogienko@univ.kiev.ua

**Тимченко Юлия Анатольевна**, кандидат геологических наук, младший научный сотрудник, НИЛ Геотектонической и прикладной геофизики, УНИ «Институт геологии» Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, ул. Васильковская, 90, г. Киев, Украина, 03022

E-mail: maotica@ukr.net

УДК 911.2;551.510.534;551.513  
DOI: 10.15587/2313-8416.2015.42282

## ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ОЗООНОВОЙ ДЫРЫ И ПОВТОРЯЕМОСТЬ МЕРИДИОНАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ЮЖНОГО ТИПА

© А. В. Холопцев, М. П. Никифорова

*Выявлены значимые статистические связи изменений среднемесячных значений общего содержания озона, в месяцы существования озоновой дыры, с вариациями продолжительностей периодов преобладания в атмосфере над Северным полушарием Земли элементарных циркуляционных механизмов, которые относятся к Меридиональному южному типу*

**Ключевые слова:** озоновая дыра, общее содержание озона, элементарный циркуляционный механизм, субтропический разрыв тропопаузы, температура поверхности океана

*Significant statistical connections of monthly mean values changes of total ozone amount and duration variations of prevalence periods in atmosphere over Northern hemisphere of meridional southern type of elementary circulation mechanisms have been revealed in months, when ozone hole exists*

**Keywords:** ozone hole, total ozone amount, elementary circulation mechanism, subtropical tropopause break, sea surface temperature

### 1. Введение

Состояние озонового слоя над различными регионами нашей планеты во многом определяет распределение по их поверхности потока ультрафиолетовой радиации, которая существенно влияет на здоровье их населения и развитие многих компонентов их

живой природы. Поэтому выявление роли различных факторов в его изменениях является актуальной проблемой физической географии, метеорологии, геофизики ландшафтов и биогеографии.

Интерес к изучению данной проблемы существенно возрос в 80-х и 90-х годах XX в., после того