

О.С.Огієнко

ПЕРЕВІДКЛАДЕННЯ СЕРЕДНЬОМІОЦЕНОВИХ ДІАТОМІТІВ У ВЕРХНЬОЧЕТВЕРТИННІ ОСАДКИ ПІВДЕННОЇ ЧАСТИНИ МОРЯ СКОТА (АНТАРКТИКА)

У статті викладено результати вивчення кременистих мікрофітофосилій з поверхневих донних осадків південної частини моря Скотта (західна Антарктика). При мікропалеонтологічних дослідженнях верхньочетвертинних відкладів ст.і К97-18 була зафіксована значна кількість перевідкладених стулок середньоміоценових видів діатомових. За складом діатомових водоростей у колонці виділені два інтервали: комплекси верхнього (0-38 м) вміщують верхньочетвертинні види, а у комплекс нижнього (0,38-0,5 м) входять як верхньочетвертинні, так і середньоміоценові види. Вік порід по всій довжині колонки оцінений в 0-0,56 млн. років, що відповідає зоні *Thalassiosira lentiginosa*. Накопичення відкладів верхнього інтервалу відбувалося в умовах глибокого морського басейну з крижаним покривом взимку та стратифікованою водною товщею навесні. В нижній частині колонки присутність у діатомових комплексах стулок міоценових видів пояснюється знаходженням у породі значної кількості дрібних шматочків міоценового діатоміту. Це свідчить про перевідкладення міоценового діатоміту у верхньочетвертинні донні відклади.

Головним агентом привносу теригенного матеріалу в південній частині моря Скотта в пізньому плейстоцені була дрейфуюча крига останнього піку антарктичного зледеніння. Аналіз напрямку і характеру течій того часу дозволив відстежити шляхи міграції, та окреслити первинне місце локалізації діатоміту в доволі широкому ареалі: район Південно-Оркнейських островів, північна частина Антарктичного півострова з прилягаючими островами. Вік формування діатомітів визначено за діатомовими індекс-видами як середньоміоценовий, зона *Denticulopsis simonsenii*, (14,2-12,3 млн. років). Характер міоценових діатомових комплексів та літологічний склад порід свідчить, що накопичення діатомітів відбувалося у відкритому глибокому морському басейні, позбавленому криги, з незначним привносом теригенного матеріалу внаслідок утворення антарктичного материкового крижаного покриву. Отримана нами за допомогою діатомового аналізу інформація про джерела мобілізації, а також шляхах та агентах переносу середньоміоценового осадкового матеріалу важлива при вивченні особливостей морського седіментогенезу в Антарктиці у неогеновому та четвортинному періодах, пов'язаних перш за все з глобальними кліматичними змінами – розвитком материкового зледеніння у високих широтах.

Ключові слова: діатомові, міоцен, квартал, донні відклади, Антарктика, стратиграфія, палеогеографія.

Вступ. Море Скотта – є частиною океанічного басейну, що сформувалась у пізньому палеогені внаслідок відокремлення Антарктичного півострова від Південної Америки. Море простягається в східному напрямку від протоки Дрейка до Південно-Сандвічевої острівної дуги, обмежене Північно-Шетландським хребтом на півночі та Південно-Шетландським хребтом на півдні. Більша частина дна басейну – це рівнина з глибинами 3000-4500 м, віддалена від основних джерел зносу теригенного матеріалу. Циркуляція вод на півдні моря завдячує своїм існуванням холодній глибинній течії моря Уедделла та умовно теплій Антарктичній циркумпольярній течії (АЦТ). Низькі температури приповерхневої води влітку поблизу Південних Оркнейських островів контролюються надходженням води з моря Уедделла [22].

В березні 1997 р. у рамках програм наукових досліджень НАН України у південній частині моря Скотта проводились експедиційні роботи рейсу НДС "Ернст Кренкель". Комплекс геологічних робіт включав відбір зразків осадкових порід ударною ґрунтовою трубкою. На похилому північному схилі Південно-Оркнейського жолобу було відібрано колонку ст. К97-18 довжиною 0,5 м (Рис. 1)/ Діатомовий аналіз зразків осадків колонки виявив перевідкладення середньоміоценових діатомових у верхньочетвертинних відкладах.

Мета роботи – вивчення таксономічного складу комплексів діатомових водоростей із

морських поверхневих відкладів, аналіз стратиграфічної належності перевідкладеної складової, простеження шляхів транспортування та джерел первинної локалізації осадового матеріалу.

Матеріали та методи. На діатомовий аналіз було відібрано вісім зразків осадових порід колонки ст. K97-18, у тому числі чотири з інтервалу 0-38 см (0-5, 15-20, 25-30, 37-38 см) та чотири з інтервалу 38-50 см через кожні 3 см. Лабораторна обробка для вилучення кременистих мікроводоростей з осаду проводилась методом В.П. Гричука та А.П. Жузе з використанням важкої рідини [1]. Крім того, без попередньої лабораторної обробки вивчено дев'ять шматочків діатоміту, акуратно вилучені із загальної маси осаду: два зразки з інтервалу 38-41 см, два - з 41-44 см, два – з 44-47 см, три – з інтервалу 47-50 см. Склад уламкового та глинистого матеріалу діатомітів вивчався за допомогою поляризаційного мікроскопа ПОЛАМ РП-1 та імерсійного методу.

Постійні препарати для дослідження діатомових виготовлено на контрастній синтетичній смолі NAPHRAX. Мікроскопічні дослідження виконано за допомогою світлового мікроскопа Olympus CX4 при зб. 600-1200. Підрахунок чисельності проводився від 500 до 900 ступок з подальшим визначенням відсоткової частки кожного виду у складі комплексу. Загалом було визначено 109 видів діатомових, що відносяться до 40 родів, та три види діктіохових водоростей (сілікофлагелат). Чотири види діатомових визначені із знаком відкритої номенклатури.

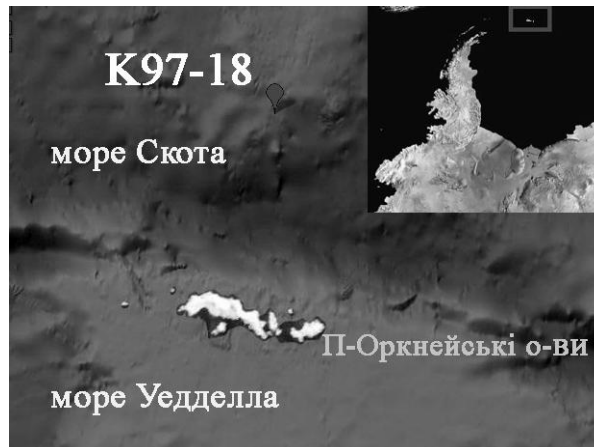


Рис. 1. Схема розташування ст. K97-18 у південній частині моря Скотта

Результати робіт та їх обговорення. За літологічними особливостями порід в колонці ст. K97-18 було віділено два інтервали – 0-38 та 38-50 см. Вивчення видового складу діатомових показало, що у цих інтервалах містяться різні за таксономічним складом асоціації діатомових водоростей.

Характеристика інтервалу 0-38 см. Верхня частина колонки складена однорідним нешаруватим сіро-зеленим безкарбонатним сильно глинистим алевритом з домішками псамітового матеріалу та поодинокими уламками кварцу та кристалічних порід дрібногравійного розміру.

Діатомові комплекси із чотирьох досліджених зразків цього інтервалу за таксономічним складом однакові. Стулки діатомових численні, добре збережені. Діатомові майже повністю представлені планктонними морськими та океанічними видами. Приблизно половина ступок у комплексах належить до антарктичних холодноводних видів та криофілів [2]. Решта діатомових представлена умовно теплолюбними океанічними субантарктичними видами. Тихопелагічні види, такі як *Paralia sol* (Ehr.) Crawf. та епіфіти – представники роду *Socconeis*, котрі можуть існувати у планктоні, представлені поодинокими стулками.

Серед холодноводних планктонних морських та криофільних діатомей домінують представники роду *Chaetoceros*, 17-27% від загальної кількості стулок у комплексі. Присутні *Actinocyclus actinochilus* Ehr. – 4-7%, *Porosira glacialis* (Grun.) Jorg. та *Porosira pseudodenticulata* (Hust.) Jouse, які в сумі складають 3-4%, *Fragilariopsis cylindrus* (Grun.) Krieger та *Fragilariopsis curta* (V. Heurck) Hust., в сумі – 2-5%, *Stellarima microtrias* (Ehr.) Hasle & Sims – 1-4%. Ці види є індикаторами поширення морської криги і використовуються при палеорекоконструкціях.

Неритовий планктонний вид *Thalassiosira antarctica* Comber становить 20-25% в комплексі і представлений як холодноводною формою (7-10%), котру відносять до криофілів [6], так і теплолюбного (11-14%). Океанічний вид *Thalassiosira lentiginosa* (Jan.) Fryx. сягає 4-6%, частка *Fragilariopsis kerguelensis* (O'Meara) Hust, антагоніста крижаних умов, становить 5-9%. Серед представників роду *Rhizosolenia* (4-6%) переважає більш теплолюбний вид *R. styliformis* Bright. Океанічний холодноводний вид *Thalassiosira gracilis*, присутній у кількості 1-4%. представлений двома варіаціями: *T. gracilis* var. *expecta* (VanLandingham) Fryxell & Hasle та *T. gracilis* var. *gracilis* (Karsten) Hustedt. Відмічається також присутність поодиноких стулок вимерлих діатомей, таких як *Actinocyclus ingens* Ratray, *A. ingens* var. *nodus*, *Denticulopsis dimorpha* (Schrader) Simonsen, *D. simonsenii* Yanagisawa & Akiba, *Rocella praenitida* та ін.

Екологія діатомових з інтервалу 0-38 см. Представники роду ***Chaetoceros***, одного з найбільш розповсюджених серед діатомових водоростей у Світовому океані, більше властиві районам помірних та полярних широт. У Антарктичних морських водах рід *Chaetoceros* також спостерігається у великій кількості, особливо в прибережних холодних водах, що знаходяться під дією криги. Спостереження за планктонними асоціаціями Південного океану показало, що представники цього роду існують у доволі широкому діапазоні температур – від -2°C до $+12^{\circ}\text{C}$, але найбільшої концентрації клітин в планктоні вони набувають при температурі поверхневої води від -1°C до $+1^{\circ}\text{C}$. Пік розвитку *Chaetoceros* пов'язаний з високою первинною продуктивністю вод рано навесні, спричиненою стратифікацією водної товщі під час масового танення морського крижаного покриву [19]. Утворення спор покою, які й накопичуються у донних відкладах, спостерігається після масової вегетації при температурі поверхневої морської води від $-0,5$ до $+1,5^{\circ}\text{C}$ [3]. Монокомплекси *Chaetoceros* у морських відкладах корелюють з високою продуктивністю вод навесні [6], тому їх використовують як індикатор положення краю морського крижаного покриву [19].

Actinocyclus actinochilus – типовий антарктичний неритовий вид, найбільші концентрації клітин якого у планктоні спостерігаються біля краю крижаної зони [22] та зони розповсюдження пакової криги, де він асоціює з іншими представниками "крижаних діатомових" Середні літні температури поверхні моря в області розповсюдження *A. actinochilus* становлять $-1,5-0^{\circ}\text{C}$ [14]. Стулки *A. actinochilus* добре накопичуються та зберігаються в морських осадах, тому цей вид активно використовують для палеорекоконструкцій крижаного режиму.

Fragilariopsis curta та ***F. cylindrus*** – обидва види найбільш поширені серед планктонних неритових діатомових біля границі розповсюдження льоду влітку. Вони також є невід'ємною частиною оброшувачів криги, де існують у талій воді між кристалами льоду [6, 22]. Ці види є одними з тих небагатьох, чия вегетація починається на початку весни у підкрижаному просторі, але пік розвитку відбувається разом з *Chaetoceros* під час танення морської криги. Пік розмноження спостерігається у діапазоні температур морської води від $-0,5^{\circ}$ до $+1^{\circ}\text{C}$. Водночас з *A. Actinochilus* ці види є індикаторами положення морської крижаної кромки влітку [22].

Fragilariopsis obliquicostata (Van Heurck) Heiden є важливим індикатором щільної морської криги, спостерігається серед міководоростей під прибережною міцною кригою [22] та активно розмножується при температурі морської води від -1° до 0°C [3].

Porosira glacialis і ***P. pseudodenticulata*** класифікуються як неритові діатомові, що існують у водах, суміжних з морською кригою або узбережжям. Їх розповсюдження

обмежене температурою поверхневої морської води від $-1,3^{\circ}$ до $+2^{\circ}\text{C}$ з піком цвітіння при $0^{\circ}\dots - +0,5^{\circ}\text{C}$. Значної концентрації в донних діатомових комплексах не набувають [3, 18].

едставники планктонного роду *Thalassiosira* численні в антарктичних водах. Вони існують у відносно відкритих водах і зрідка спостерігаються в крижаних умовах, проте *T. antarctica* пристосувалася до життя в морських умовах, що зазнають впливу криги. Розрізняють два відмінних морфологічних різновиди стулок цього виду, розвиток яких залежить від температури води. Низькотемпературний різновид *T. antarctica* вегетує при $-1,5^{\circ}\text{C}$ і використовується для визначення зон розповсюдження прибережної криги, а теплолюбний різновид розвивається при оптимальній температурі $+4^{\circ}\text{C}$ у водах, позбавлених морської криги, і є показником відносно відкритоводного середовища [6; 18].

Thalassiosira lentiginosa – планктонний субантарктичний вид, широко розповсюджений в Південному океані. Найбільших концентрацій набуває у відкритому океані в зоні антарктичного полярного фронту, тоді як у прибережних районах, зокрема, навколо Антарктичного півострова і в морі Уедделла майже не спостерігається. Його вегетація відбувається протягом усього літа при температурі від $+1^{\circ}$ до $+8^{\circ}\text{C}$ [10]. Крупні за розміром та міцні стулки *T. lentiginosa* активно збагачують SiO_2 донні відклади Південного океану [12].

Thalassiosira gracilis – вважається холодноводним океанічним видом, поширеним у планктоні усіх секторів Південного океану. У комплексах він представлений двома варіаціями: *T. gracilis* var. *expecta* та *T. gracilis* var. *gracilis*, які пов'язані з відкритоводними океанічними умовами [12] та розвиваються при температурі морської води від -1° до $+2^{\circ}\text{C}$ [10].

Fragilariopsis kerguelensis – один з найбільш поширених ендемічних планктонних видів Південного океану, розповсюджений у діатомових асоціаціях відкритих субантарктичних вод і домінує у складі фітопланктона на південь від полярного фронту. У прибережних зонах трапляється не часто, а віддає перевагу відкритоокеанічним умовам. *F. kerguelensis* розвивається протягом усього літнього сезону, утворюючи піки розвитку навесні і восени [22]. Цей вид пристосований до існування у вузькому температурному діапазоні, оптимальна температура води для його вегетації становить $+5^{\circ}\text{C}$. При збільшенні температури до $+8^{\circ}\text{C}$ або пониженні до $+2-3^{\circ}\text{C}$ його продуктивність зменшується вдвічі, а при температурі менше за 0°C та більше $+19-20^{\circ}\text{C}$ його розвиток припиняється [10, 17]. Через значне окварцювання стінок стулки *F. kerguelensis* стійкі до розчинення та руйнування, а завдяки їх великій кількості у планктоні є основним постачальником біогенного опалу в кремнеземні відклади Південного океану. Зважаючи на вузький «екологічний стандарт» *F. kerguelensis* є цінним палеоіндикатором: він корелює з відкритоводними океанічними умовами, концентрація його стулок у морських відкладах обернено пропорційна до поширення морської криги й збільшується з віддаленням від Антарктичного континенту [22].

Rhizosolenia styliformis є одним з найбільш теплолюбних видів роду *Rhizosolenia* в антарктичних водах. Велика концентрація стулок цього виду в донних відкладах корелює з низькою щорічною тривалістю криги, нещільною морською кригою протягом зими та відкритоокеанічними умовами впродовж літа.

Аналіз екологічних характеристик діатомових комплексів із морських донних відкладів інтервалу 0-38 см дозволив зробити такі висновки про гідрологічні умови під час накопичення даного шару осаду. Повна відсутність бентосних діатомових та наявність численних планктонних, серед яких суттєву частку складають океанічні види, вказує на значні глибини морського басейну та значну віддаленість району дослідження від континенту. Велика кількість кріофілів (*Chaetoceros*, *F. curta*, *F. cylindrus*) вказує на швидке танення крижаного покриву навесні та дрейфуючу кригу влітку (наявність *A. actinochilus*, *P. glacialis*, мала кількість *R. styliformis*). Комплекси "крижаних діатомових" (*A. actinochilus*, *F. curta*, *F. rhombica*) разом з океанічною *T. gracilis* свідчать про низькі середньолітні температури морської поверхні (менше за $+1,5^{\circ}\text{C}$) [12]. У той же час, наявність субантарктичних океанічних видів *F. kerguelensis*, *T. lentiginosa* та теплолюбної

форми *T. antarctica* дає можливість встановити верхню межу літніх температур не нижче за +4-5°C.

Таксономічний склад описаного комплексу відповідає діатомовій зоні **Thalassiosira lentiginosa** зональної шкали неоген-четвертинних відкладів Плато Кергелен та затоки Прюдз (Baldauf, Barron, 1991) [4], яка добре корелюється з діатомовими зонами інших секторів Південного океану. Абсолютний вік зони визначається як 0-0,62 млн років [4]. За наявністю в комплексі виду *T. antarctica*, який присутній у відкладах Південного океану, не старших за 0,56 млн років [9], можна зробити припущення про формування відкладів не раніше за цей час.

Характеристика інтервалу 38-50 см. Цей інтервал літологічно представлений світло-сірим з легким зеленуватим відтінком безкарбонатним слабо глинистим алевритом з домішками піщаного та дрібногравійного матеріалу кварцу та кристалічних порід. Текстура алевриту хаотична, грудкувата. Грудочки розміром 0,5-3 мм, окремі до 5 мм, однорідної будови, білуватого кольору, напівокруглої форми, місцями складають до 10% породи, представлені діатомітом, утвореним тонким детритом панцирів діатомових водоростей (рис. 2).

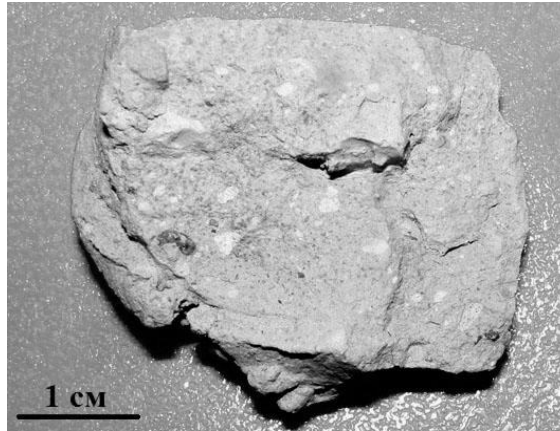


Рис. 2. Зразок алевриту з інтервалу 38-50 см. На рисунку добре видно грудкувату текстуру породи

В інтервалі виявлено суміш діатомових різновікових та різнофаціальних комплексів (рис. 3). Верхньочетвертинні діатомові, що склали основу комплексу вищезалягаючого інтервалу 0-38 см, становлять не більше 15%. Основна частина (85% ступок) – це здебільшого представники вимерлих неогенових видів та сучасні види, що мають широкий віковий діапазон. Таким чином, у діатомових комплексах інтервалу 38-50 см нами було виділено дві складові: автохтонну – четвертинні діатомові, що розвиваються у сучасному планктоні південної частини моря Скотта, та алохтонну – здебільшого вимерлі неогенові види, які потрапили в осади шляхом перевідкладення з більш давніх порід.

Серед **автохтонних** видів присутні *T. antarctica* (холодно- та теплолюбна форми), *Porosira glacialis* (спори покою та вегетативні клітини), *Stellarima microtrias*, *T. lentiginosa*, *T. gracilis* var. *gracilis*, *F. kerguelensis*, *F. obliquecostata*, *A. actinochilus*. Фактично це ті самі види, котрі складають основу діатомового комплексу верхнього інтервалу колонки. Вони також вказують на накопичення осадків нижнього інтервалу колонки у пізньочетвертинний час, що відповідає зоні **Thalassiosira lentiginosa** (0-0,56 млн років).

Серед **алохтонних** діатомових домінують: *Denticulopsis simonsenii* (Simonsen & Kanaya) Simonsen – до 25%, *Actinocyclus ingens* Rattray та *A. ingens* var. *nodus* – близько 15%, *Stephanopyxis turris* (Grev. & Arnott) Ralfs, *Stephanopyxis* sp. 1, *Stephanopyxis* sp. 2, які в сумі становлять 15-20% від загальної кількості перевідкладених ступок.

Представники роду *Rhizosolenia* (*R. hebetata* f. *hiemalis* Gran, *R. hebetata* f. *semispina* (Hensen) Gran, *R. oligocenica*?, *R. miocenica*?) складають 6-18% автохтонного комплексу

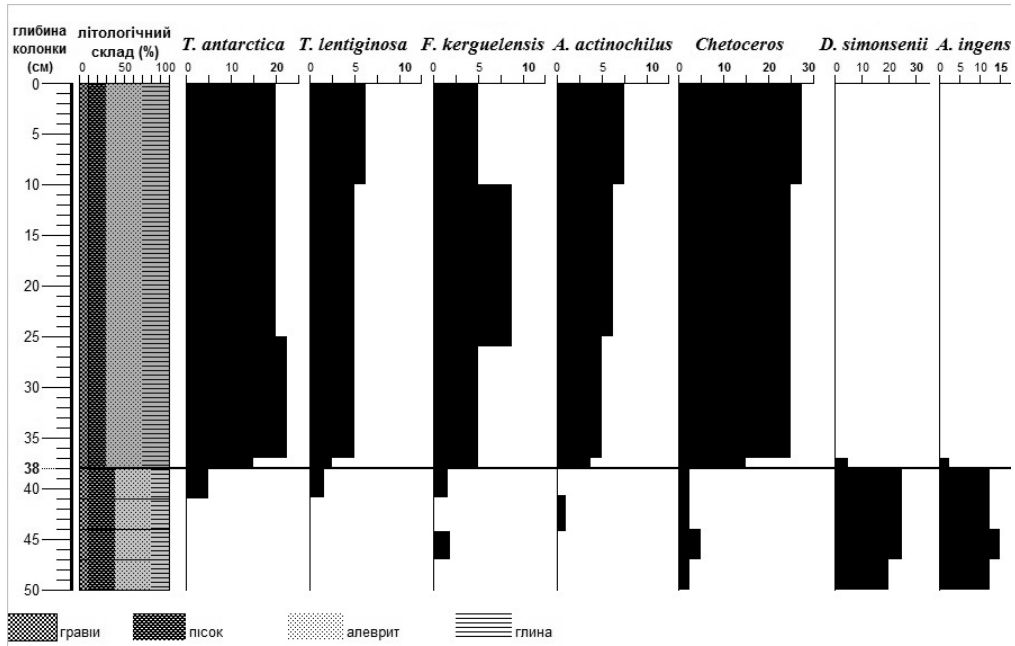


Рис. 3. Схема розподілу чисельності стулок домінуючих видів діатомових (%) по колонці

Решта видів представлена незначною кількістю екземплярів, 1-5% кожний, але вони надають комплексу багате таксономічне різноманіття. Це представники родів *Thalassiosira*, *Thalassionema*, *Thalassiothrix*, *Nitzschia*, *Chaetoceros*, *Fragilariopsis*, *Stellarima*, *Coscinodiscus* (*C. oculus-iridis*, *C. radiatus*, *C. marginatus*), *Paralia*, *Asteromphalus*, *Bacteriastrum* (гіалохети). Спостерігаються поодинокі стулки *Trinacria excavata* Heiberg, *Trinacria pileolus* (Ehr.) Grun., *Mediaria splendida* Sheshuk.-Por., *Liradiscus ovalis* Grev., *Craspedodiscus* sp., *Rouxia* sp., *Cocconeis* spp. Крім діатомових, серед мікрофітофосилій з опаловим скелетом трапляються поодинокі скелети діктіохових водоростей (силікофлагеляти): *Distephanus speculum* (Ehr.) Haeckel, *Distephanus crux* (Ehr.) Haeckel, а також фрагменти *Dictyocha* sp.

Джерелом надходження перевідкладених стулок були діатоміти, уламки яких у вигляді світлих грудочок включені у сіре тло основної маси породи (матриксу) інтервалу 38-50 см (рис. 2). Діатоміти складені тонким детритом стулок діатомових водоростей з незначною домішкою (до 5%) теригенного матеріалу у вигляді окремих зерен кварцу дрібноалеверитистої розмірності та глинистих мінералів з групи гідрослюд. Видовий склад діатомових комплексів діатомітів та алохтонної складової матриксу збігається.

При мікроскопічному дослідженні відокремлених грудочок діатоміту у них виявлено діатомову асоціацію, представлену 61 видом та різновидами, що належать до 31 роду. Інші мікрофосилії з кременистим скелетом представлені трьома видами силікофлагелят, поодинокими панцирами ебрідієвих водоростей (Ebridians) та радіолярій (Radiolaria), а також спікулами губок (*Spongia*) (Рис. 4). Основна маса діатоміту складена уламками голок та хет представників родів *Chetoceros*, *Bacteriastrum*, уламками сильно видовжених панцирів пенатних діатомових *Thalassiothrix*, *Thalassionema* та центричних *Coscinodiscus*, *Thalassiosira*. Цілими збереглися стулки діатомових невеликих розмірів, або з товстостінними панцирами: *Denticulopsis*, *Actinocyclus*, *Rhizosolenia*, *Stephonopixis*, *Chaetoceros*.

У комплексах з діатомітів домінує вид *D. simonsenii* з майже незмінною чисельністю в усіх зразках (18-21%), представники роду *Stephanopyxis* (щонайменше чотири види) – 13-26%, спори покою роду *Chaetoceros* та морфологічно подібних родів у кількості 7-15%, стулки *Thalassiothrix* та *Thalassionema* – 10%, представники родів *Rhizosolenia* та *Proboscia* (щонайменше шість видів) – 10-15%, вид *Actinocyclus ingens* з різновидом *A. ingens* var. *nodus* 4-6%. Представники інших родів (*Thalassiosira*, *Coscinodiscus*, *Nitzschia*, *Fragilariopsis*, *Paralia* та ін.) мають широкий видовий спектр, але представлені незначною кількістю – від поодиноких стулок до 3% (рис. 4).

Походження та вік діатомітів. Більшість видів діатомових із діатоміту, вкрапленого у породу інтервалу 38-50 см, мають доволі широкий віковий діапазон існування. Вік утворення діатомітів можна визначити за наявністю планктонних видів *D. simonsenii* (14,2-4,5 млн р) та *A. ingens* (16,4-0,62 млн р) [4], котрі є видами-індексами середнього міоцену в зональних стратиграфічних шкалах Антарктики, побудованих за матеріалами глибоководного буріння [4; 8; 13 - 15; 21]. Стратиграфічно важливою є знахідка виду *Mediaria splendida*, який вказує на вік діатоміту, не молодший за середній міоцен.

Перша поява (F.O.) виду *D. simonsenii* у Південному океані визначається на рівні 14,2 млн років [13; 14]. Це дає можливість зробити припущення про нижню вікову межу утворення досліджуваних діатомітів. Верхню границю їх формування можна встановити за останньою появою (L.O.) *A. ingens* var. *nodus*, яка для моря Уедделла становить 12,3 млн років [13; 14]. Тому час утворення діатомітів, на нашу думку, вкладається в інтервал 14,2-12,3 млн років, а за таксономічним складом комплекс відповідає зоні *Denticulopsis simonsenii* шкали північної частини Атлантичного сектору Південного океану [7; 8; 13; 14].

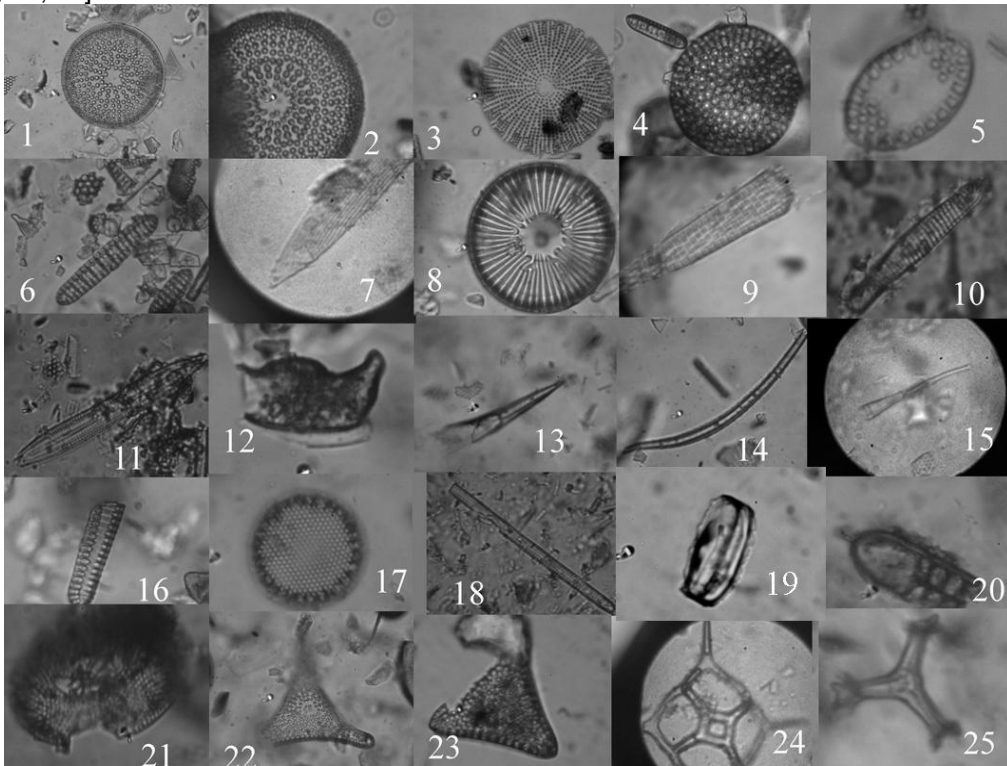


Рис. 4. Діатомові та діктіохові водорості із діатомітів, вкраплених в основну породу ст. K97-18
 1 – *Actinocyclus ingens*; 2 – *Actinocyclus ingens* var. *nodus*; 3 – *Actinocyclus* sp.; 4 – *Coscinodiscus marginatus*; 5 – *Cocconeis* sp.; 1, 6 – *Denticulopsis simonsenii*; 7 – *Mediaria splendida*; 8 – *Paralia* sp.; 9 – *Fragilariopsis* sp. 1; 10 – *Fragilariopsis* sp. 2; 11 – *Rouxia* cf. *californica*; 12 – *Odontella* sp.; 13 – *Rhizosolenia hebetata* f. *hiemalis*; 14 – *Rhizosolenia miocenica* ?; 15 – *Rhizosolenia* sp. 1; 16 – *Nitzschia* cf. *grossepunctata*; 17 – *Stephanopyxis* sp. 1; 18 – *Thalassiothrix longissima*; 19 – *Chaetoceros*-подібна спора; 20 – *Entoplia* sp.; 21 – *Craspedodiscus* sp.; 22 – *Trinacria excavata*; 23 – *Trinacria pileolus*; 24 – *Distephanus crux*; 25 – спікула губки. (зб. 400-600)

Аналізуючи в цілому видовий склад діатомових із включень діатомітів, а саме наявність у їхньому складі видів із визначеним віковим діапазоном та видів-індексів діатомових зональних шкал Південної півкулі, можемо зробити висновок, що вік формування діатомітів оцінюється як верхи нижньої частини – низи верхньої частини середнього міоцену (рис. 5).

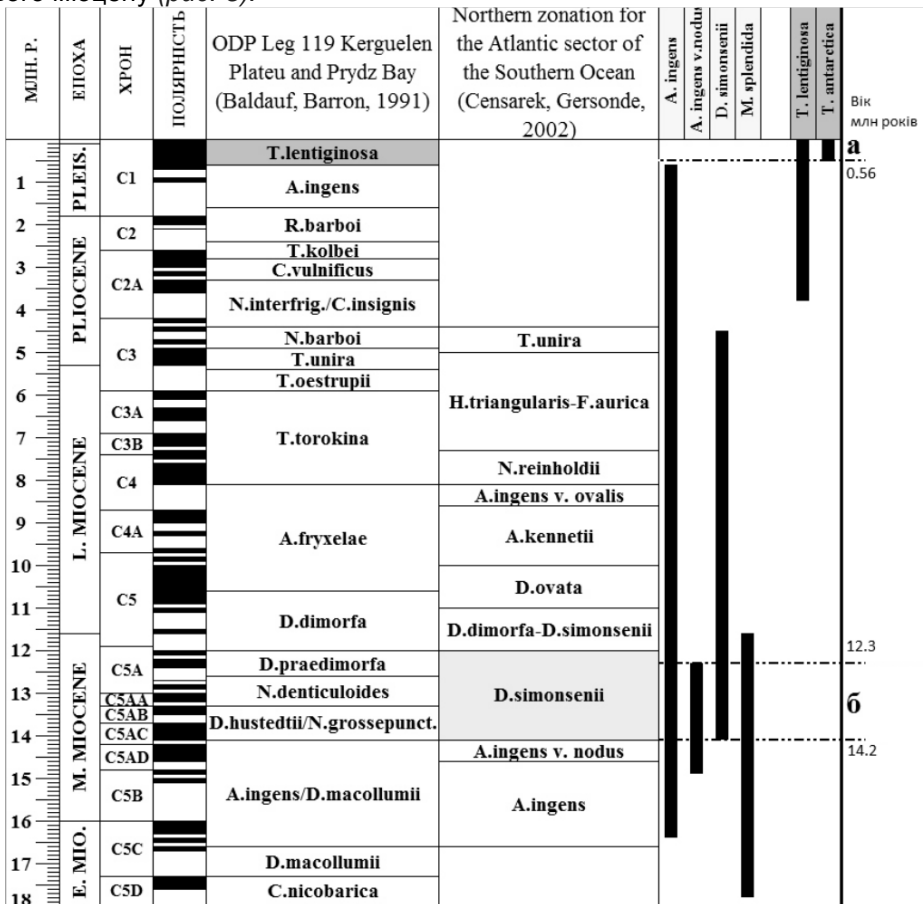


Рис. 5. Стратиграфічне поширення важливих видів діатомових у міоценових відкладах північної частини Атлантичного сектору Південного океану [7], Плато Кергелен та затоки Прудз [4]

У діатомовому комплексі із уламків діатоміту суттєво переважає планктон. Це здебільшого океанічні субантарктичні види, що могли існувати у відносно широкому інтервалі температур. Цікавою є знахідка представників родів *Craspedodiscus* та *Entopyla*, які характерні для тропічних вод. Більшість діатомових є неритичним та океанічним планктоном, що свідчить про відкритий характер басейну осадконакопичення. Незначна участь представників бентосу, епіфітів та тихопелагічних видів, таких як *Cocconeis* spp., *Paralia* sp. та ін., вказує на значні глибини басейну. Велика кількість та видове різноманіття діатомових, наявність представників родів *Thalassionema*, *Thalassiotrix*, *Chaetoceros*, *Rhizoscholenia* дозволяє припустити високу продуктивність вод.

За нашими висновками, пік накопичення антарктичних діатомітів припадає на середній міоцен. Відомо, що приблизно на початок середнього міоцену навколо Антарктиди утворилася система циркуляції океанічних течій, схожа на сучасну, що й спричинило активне охолодження Антарктиди. Східна Антарктика на той час була повністю охоплена материковим зледенінням і вже існував айсберговий рознос, який був поширений локально [16]. Льодовиковий щит Західної Антарктики складався

щонайменше з двох частин. Найбільш суттєвих змін у той час зазнало біогенне кремненакопичення – розширився пояс накопичення кременистих осадків навколо Антарктиди [5].

Описані вище середньоміоценові діатоміти ст. K97-18, зважаючи на присутність у них субтропічних океанічних видів, формувалися у відкритому морському басейні субантарктичної зони, що зазнавала впливу теплих течій відкритого океану. Привнесення домішок теригенного та глинистого матеріалу з материка до басейну, де накопичувалися діатоміти, в той час було вкрай незначним. Можливо, це відбувалось внаслідок присутності континентального льодовика, котрий звів нанівець транспортування теригенного матеріалу вільною водою, але власної криги льодовика для початку айсбергового розносу в даному районі було недостатньо. На прохолодні умови на континенті вказує мінеральний склад глин у діатомітах, представлених ілітами, що свідчить про домінування фізичного вивітрювання на суходолі.

Чинники, шляхи та час перевідкладання діатомітів. Видовий склад діатомових комплексів алохтонної складової матриксу вказує на час перевідкладення міоценових діатомітів та дає можливість зробити припущення про умови осадконакопичення у той час. На вік перевідкладення вказує наявність у матриксі сучасних видів діатомових (*T. lentiginosa*, *T. antarctica*), тобто його можна прийняти не старшим за 0,56 млн років. Наявність у матриксі сучасних кріофілів (*A. actinochilus*) та океанічних видів (*F. kerguelensis*, *T. lentiginosa*, *T. gracilis*) показує, що осадконакопичення відбувалося в умовах, віддалених від континенту, за присутності сезонного крижаного покриву і теплового, як для Антарктики, але короткого літа. На наявність крижаного покриву вказують і літологічні особливості породи, а саме наявність гравійного матеріалу, що постачався завдяки розгрузці морської криги. Власне, шматочки діатоміту, наявні в породі, також являють собою уламки гравійної розмірності.

Схоже перевідкладення міоценових діатомітів відомо неподалік гирла льодовика моря Росса та описано D.M. Harwood, 1988 [16, 20]. За його даними стулки міоценових діатомових водоростей та міоценові породи (у тому числі й діатоміти) були перероблені у пізньоплейстоценовий час шельфовим льодовиком Росса.

Реконструкція течій у районі Південно-Оркнейських островів під час піку останнього антарктичного зледеніння [11] показує можливі шляхи транспортування теригенного матеріалу морською кригою та дає можливість зробити припущення про корінне розташування діатомітів. Найбільш вірогідним місцем локалізації є район Південно-Оркнейських островів або північна частина Антарктичного півострова з архіпелагом (рис. 6). Корінні міоценові діатоміти доволі широко розповсюджені в регіоні. Потужні корінні шари діатомітів середньоміоценового віку були виявлені під час морського буріння у південно-східній частині шельфу Південно-Оркнейських островів та центральній частині моря Уедделла [13, 14].

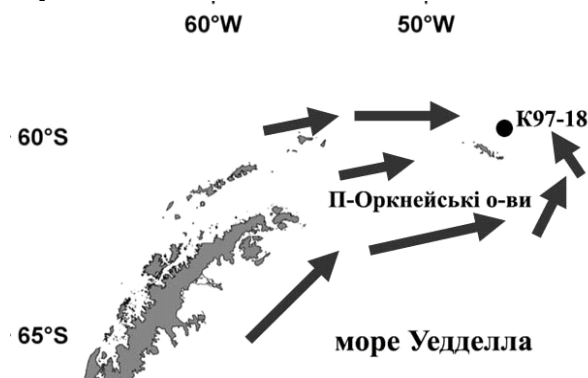


Рис. 6. Узагальнена схема реконструкції шляхів надходження теригенного матеріалу в південну частину моря Скотта під час останнього антарктичного зледеніння (Diekmann B. et al., 2000) [11].

Висновки. Аналіз комплексів діатомових водоростей з відкладів колонки ст. К97-18 дозволив виділити два інтервали, які відповідають різним умовам осадконакопичення у цьому районі. Верхній шар, 0-38 см, містить пізньочетвертинні види діатомових водоростей, екологічні характеристики яких вказують на накопичення відкладів в умовах, подібних до сучасних: глибокий морський басейн, відкритий до океану, наявність крижаного покриву взимку, швидке танення криги навесні з утворенням стратифікованої товщі води, доволі тепле, але коротке літо. Вік порід становить приблизно 0-0,56 млн років, діатомовий комплекс відповідає зоні **Thalassiosira lentiginosa**.

До складу діатомових нижнього інтервалу, 38-50 см, входять, крім верхньочетвертинних, також середньоміоценові види, а в основній масі породи відмічена значна кількість дрібних шматочків діатомітів, складених тими самими міоценовими видами. Це свідчить про процес перевідкладення міоценових діатомітів, що відбувся у пізньочетвертинний час.

Основним чинником переносу міоценових порід була дрейфуюча морська крига останнього антарктичного зледеніння. Розташування ст. К97-18 на схилі жолоба дозволяє зробити припущення про участь схилових гравітаційних процесів у переміщенні матеріалу. Аналіз напрямку та характеру водних течій, що існували на той час (рис. 6), дає підстави окреслити корінне місце локалізації шарів діатоміту у досить широкому ареалі: Південно-Оркнейські о-ви, північна частина Антарктичного півострова та прилеглі острови. За характерними видами діатомових зони **Denticulopsis simonsenii** можемо визначити вік утворення діатомітів як середньоміоценовий (14,2-12,3 млн років).

За результатами аналізу літологічного складу діатомітів та характеру міоценових діатомових комплексів зроблено висновок, що накопичення діатомітів відбувалося у відкритому глибокому морському басейні, позбавленому морської криги, з малою кількістю надходження теригенного матеріалу через зледеніння Антарктиди. Не виключено, що знесення теригенного матеріалу та накопичення діатоміту мало сезонний характер.

Автор висловлює подяку директору Інституту геологічних наук академіку НАН України П.Ф. Гожику та головному спеціалісту В.П. Вернігорову за люб'язно наданий геологічний матеріал, а також О.П. Ольштинській, науковому керівникові, доктору геологічних наук, професору кафедри загальної та історичної геології за цінні консультації.

1. Жузе А.П. К методике технической обработки горных пород в целях диатомового анализа. / А.П. Жузе / – Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1953. – С. 206-220.
2. Усачев П.И. Микрофлора полярных льдов. / П.И. Усачев // Тр. Ин-та океанологии АН СССР, 1949. – Т. 3. – С. 216-259.
3. Armand L. The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 1. Sea ice related species / Armand L., Crosta X., Romero O., Pichon J.-J. // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, – 2005. – №223. – P. 93-126.
4. Baldauf J.G. Diatom biostratigraphy: Kerguelen Plateau and Prydz Bay regions of the Southern Ocean. / Barron J., Larsen B., et al. (eds.) / Baldauf J.G., Barron J.A. // Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 1991. – № 119. – P. 547-598.
5. Bart P.J. Were West Antarctic Ice Sheet grounding events in the Ross Sea a consequence of East Antarctic Ice Sheet expansion during the middle Miocene? / Bart P.J. // Earth and Planetary Science Letters, – 2003. – № 216. – P. 93-107.
6. Buffen A. Diatom assemblages in surface sediments of the northwestern Weddell Sea, Antarctic Peninsula / Buffen A., Leventer A., Rubin A., Hutchins T. // Marine Micropaleontology, – 2007. – № 62. – P. 7-30.
7. Censarec B. Miocene diatom biostratigraphy at ODP Sites 689, 690, 1088, 1092 (Atlantic sector of Southern Ocean) / Censarec B., Gersonde R. // Marine Micropaleontology, – 2002. – № 11. – P. 309-359.
8. 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) / Censarec B., Gersonde R. // Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, – 2003. – № 177. – P. 1-14.
9. Cody R.D. Thinking outside the zone: High-resolution quantitative diatom biochronology for the Antarctic Neogene / Cody R.D., Levy R.H., Harwood D.M., Sadler P.M. // Palaeogeog Palaeoclimat Palaeoecol, – 2008. – № 260. – P. 92-121.
10. Crosta X. The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 2. Open ocean related species / Crosta X., Romero O., Armand L., Pichon J.-J. // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, – 2005. – № 223. – P. 66-92.

11. Diekmann B. Terrigenous sediment supply in the Scotia Sea (Southern Ocean): response to Late Quaternary ice dynamics in Patagonia and on the Antarctic Peninsula / Diekmann B., Kuhn G., Rachold V., Abelman A., Brathauer U., Fütterer D., Gersonde R., Grobe H.V. // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, – 2000. – № 162. – P. 357-387.
12. Esper O., Gersonde R., Kadagies N. Diatom distribution in southeastern Pacific surface sediments and their relationship to modern environmental variables / Esper O., Gersonde R., Kadagies N. // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, – 2010. – № 287. – P. 1-27.
13. Gersonde R. Neogene diatom biostratigraphy of ODP Leg 113, Weddell Sea (Antarctic Ocean) / Gersonde R., Burckle, L.H. // *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, – 1990. – № 113. – P. 761-789.
14. Gersonde R. Taxonomy and morphostructure of neogene diatoms from the Southern Ocean, ODP LEG 113 / Gersonde R. // *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, – 1990. – № 113. – P. 791-802.
15. Harwood D.M. Middle Eocene to Pleistocene diatom biostratigraphy of Southern Ocean sediment from Kerguelen Plateau, Leg 120 / Harwood D.M., Maruyama T. // *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, – 1992. – № 120. – P. 683-733.
16. Harwood D.M. Diatom biostratigraphy and paleoenvironmental significance of reworked Miocene diatomaceous clasts in sediments from RISP site J-9 / Harwood D.M., Scherer R.P. // *Antarctic Journal of the U.S.*, – 1988. – № 23. – P. 31-34.
17. Krebs W. Ice Diatom Floras, Arthur Harbor, Antarctica / Krebs W., Lipps J., Burckle L. // *Polar Biol*, – 1987. – № 7. – P. 163-171.
18. Pike J., Observations on the relationship between the Antarctic coastal diatoms *Thalassiosira antarctica* Comber and *Porosira glacialis* (Grunow) Jorgensen and sea ice concentrations during the Late Quaternary / Pike J., Crosta X., Maddison E.J., Stickley C.E., Denis D., Barbara L., Renssen H. // *Marine Micropaleontology*, – 2009. – № 73. – P. 14-25.
19. Roberts D. Protists in the marine ice of the Amery Ice Shelf, East Antarctica / Roberts D., Craven M., Minghong Cai, Allison I., Nash G. // *Biol*, – 2007. – № 30. – P. 143-153.
20. Scherer R.P. Micropaleontological analysis of sediments from the Crary Ice Rise, Ross Ice Shelf / Scherer R.P., Harwood D.M., Ishman S.E. // *Antarctic Journal of the U.S.*, – 1988. – № 23. – P. 34-36.
21. Winter D., Iwai M. Data report: Neogene diatom biostratigraphy, Antarctic Peninsula Pacific margin, ODP Leg 178 rise sites / Winter D., Iwai M. // *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, – 2002. – №178. – P. 1-25.
22. Young-Suk Bak. Diatom evidence for Holocene paleoclimatic change in the South Scotia Sea, West Antarctica / Young-Suk Bak, Kyu-Cheul Yoo, Ho Il Yoon, Jong-Deock Lee, Hyesu Yun. // *Geosciences Journal*, – 2007. – №11. – P. 11-22.

О.С. Огієнко

ПЕРЕОТЛОЖЕНИЕ СРЕДНЕМИОЦЕНОВЫХ ДИАТОМИТОВ В ВЕРХНЕЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОСАДКАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ МОРЯ СКОТА (АНТАРКТИКА)

Статья содержит результаты изучения кремнистых микрофитофоссилий из поверхностных осадков южной части моря Скотта (западная Антарктика). При микропалеонтологических исследованиях верхнечетвертичных отложений ст. K97-18 было зафиксировано значительное количество переотложенных створок среднемиоценовых видов диатомовых. По составу диатомовых водорослей в колонке были выделены два интервала: комплексы из верхнего (0-0,38 м) содержат только верхнечетвертичные виды, а в комплекс нижнего (0,38-0,5 м) входят как верхнечетвертичные, так и среднемиоценовые виды. Возраст пород по всей длине колонки оценен в интервале 0-0,56 млн. лет и соответствует зоне *Thalassiosira lentiginosa*. Накопление отложений верхнего интервала происходило в условиях глубокого открытого морского бассейна с ледовым покровом зимой и стратифицированной водной толщей весной. В нижней части колонки присутствие в диатомовых комплексах створок миоценовых видов объясняется нахождением в породе значительного количества мелких кусочков миоценового диатомита. Это свидетельствует о переотложении миоценовых диатомитов в верхнечетвертичный осадок.

Основным агентом привноса терригенного материала в южной части моря Скотта в позднем плейстоцене был дрейфующий морской лед последнего пика антарктического оледенения. Анализ направления и характера течений того времени позволили проследить пути миграции и оконтурить место первичной локализации слоев диатомита в довольно широком ареале: район Южно-Оркнейских о-вов, северная часть Антарктического п-ова с прилегающими островами. Возраст формирования диатомитов, определен по диатомовым индекс-видам как средний миоцен, зона *Denticulopsis simonsenii* (14,2-12,3 млн. лет). Характер миоценовых диатомовых комплексов и литологический состав свидетельствует, что накопление диатомитов происходило в открытом глубоком морском бассейне, лишенном льдов, с незначительным привносом терригенного материала вследствие образования антарктического материкового ледового покрова. Полученная нами информация об источниках мобилизации и о путях и агентах переноса

среднемиоценового осадочного матеріала важна при изучении особенностей морского седиментогенеза в Антарктике в неогеновое и четвертичное время, связанное прежде всего с глобальными климатическими изменениями – развитием материкового оледенения в высоких широтах.

Ключевые слова: диатомовые, миоцен, квартал, донные отложения, Антарктика, стратиграфия, палеогеография.

O. Ogienko

REDEPOSITION OF THE MIDDLE MIOCENE DIATOMITES IN THE UPPER QUATERNARY SEDIMENT OF THE SOUTHERN SCOTIA SEA (ANTARCTIC)

The article is devoted to results of studying of siliceous microphytofossils from surface deposits of a southern part of the Scotia Sea (Western Antarctic). The micropaleontologic researches have allowed to detect presence of many redeposition valves of the Middle Miocene diatom species in the Upper Quaternary sediments of Site K97-18. On diatom data, the Core deposits have been divided into two intervals. The diatom assemblages consists of the Upper Quaternary species in the top interval (0-0,38 m), and the Upper Quaternary and the Middle Miocene species mixture in the bottom one (0,38-0,5 m). The age of Core sediments is 0-0,56 Ma (Thalassiosira lentiginosa zone). The top interval deposits were accumulated in the deep and open sea with an ice-cover in winter and a melt-stratified surface water in spring. The Middle Miocene frustules in diatom assemblages of Core bottom part are due to presence of a many little pieces of diatomite which are composed of the same species. It is the evidence of the Miocene diatomites redeposition in the Late Quaternary time.

A drifting sea ice of the Last Antarctic Glaciation was the main transporter of terrigenous sediment in the Scotia Sea in Late Pleistocene. Temporary currents direction had shown ways of diatomite clasts migration and primary localisation of diatomite layers near the area of the Southern Orkney Islands, the Northern Antarctic Peninsula and subantarctic islands. The age of diatomite forming was defined as the Middle Miocene about 14.2-12.3 Ma (Denticulopsis simonsenii zone). On the analysis of the Miocene diatom assemblages and lithology of deposits it was determined the diatomite forming conditions. It was accumulate in an open deep sea without ice. Through the Antarctic Ice Sheet formation the amount of terrigenous material was a little. On the base of taxonomic composition of diatom assemblages the sources and ways of the Middle Miocene sedimentary matter were defined. This new information is important to the studying of the Antarctic Neogene-Quaternary deposition changes were induced by the global polar glaciation.

Keywords: diatom, Antarctic region, Miocene, Quarter, deposit, stratigraphy, paleogeography.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
О.С. Огієнко
E-mail: ogienko@univ.kiev.ua

Стаття надійшла: 23.10.2014