

УДК 551.32+551.7+551.58

[https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.1\(46\).333957](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.1(46).333957)

Г. С. Педан¹, канд. геол. наук, доцент

Ю. В. Каракича, магістрантка

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

кафедра морської геології, гідрогеології, інженерної геології та палеонтології

пров. Шампанський, 2, м. Одеса, 65058, Україна

¹pedangalina3@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7361-5880>

ДИНАМІКА ГЛЯЦІАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ В ПІЗНЬОМУ ПЛЕЙСТОЦЕН-ГОЛОЦЕНІ В РАЙОНІ АНТАРКТИЧНОГО ПІВОСТРОВА НА ПІДСТАВІ ОПУБЛІКОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

В роботі узагальнено результати попередніх вітчизняних і зарубіжних досліджень Антарктичного півострова та району Української антарктичної станції «Академік Вернадський», проведено аналіз опублікованих та електронних матеріалів з інтерпретацію результатів та подальшим їх зіставленням. Використаний комплексний підхід в узагальненні наукової літератури, яка висвітлює гляціальну динаміку та її зв'язок із глобальними кліматичними змінами та умовами осадконакопичення на Антарктичному півострові в пізньоплейстоцен-голоценовий час.

Ключові слова: геологічні умови, гляціальні процеси, льодовиковий покрив, Антарктичний півострів, пізній плейстоцен-голоцен.

ВСТУП

Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011–2025 роки» має на меті проведення фундаментальних та прикладних, в тому числі і геолого-геофізичних наукових досліджень в Антарктиці. Дослідження, які проводяться Національним антарктичним науковим центром із залученням інших установ, в тому числі Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, дають можливість науково обґрунтувати мінерально-ресурсний потенціал регіону, необхідність функціонування української антарктичної станції (УАС) «Академік Вернадський», а також сприяють позитивному іміджу України.

Проведення геологічних досліджень Західної Антарктики, в тому числі і гляціальних процесів, є важливим для формування фундаментальних уявлень про геологічну еволюцію планети та подальший її розвиток. Льодовики є індикатором змін клімату, значно впливають на рівень океану. Вони є одними із основних постачальників продуктів седиментації в океан. Визначення віку льодовикового покриву та його дегляціації допомагають у вирішенні питань

накопичення донних відкладів. Ці дослідження також необхідні при створенні палеокліматичних та палеогеографічних реконструкцій району дослідження.

Мета роботи – вивчення динаміки гляціальних процесів у пізньоплейстоцен – голоценовий час в районі Антарктичного півострова. Об'єктом дослідження є гляціальні процеси. Предметом дослідження є геологічні умови та просторово-часова динаміка льодового покриву. Відповідно до основної мети необхідно виконати наступні завдання: охарактеризувати геологічні умови Антарктичного півострова; виконати реконструкцію просторово-часових змін льодовикового покриву на Антарктичному півострові після останнього льодовикового максимуму.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При написанні статті використовувався матеріал із літературних, картографічних, звітних ретроспективних і новітніх даних геологічних досліджень Антарктичного півострова з інтерпретацію результатів та подальшим їх зіставленням, а також за матеріалами науково-дослідної теми за Договором № Н/09–2024 «Палеогеографічні реконструкції району Аргентинських островів на основі аналізу просторової та фаціальної мінливості донних відкладів» (відповідальний виконавець – к. геол. н., доц. Педан Г.С.).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Географічне положення та клімат. Антарктичний півострів (АП) знаходиться в межах Західної Антарктиди, і відділений від Східної Антарктиди Трансантарктичними горами. Українська антарктична станція «Академік Вернадський» розташована на острові Галіндез, який є частиною Аргентинських островів (рис. 1).

Зміна клімату є одним із головних факторів динаміки льодовикового покриву. Узагальненням сучасних наукових уявлень про зміни клімату Антарктики за останні 50 років можна вважати роботи вчених Великобританії, США, Австралії, в якій аналіз метеорологічних даних 19 станцій за останні 50 років дав неоднозначний висновок щодо тенденцій зміни клімату регіону (Turner et. al., 2005). Одинадцять станцій за своїми середньорічними даними показали тенденції до потепління, але результати досліджень семи станцій демонструють тенденції до похолодання, що вказує на просторову складність змін, які відбулися в Антарктиці за останні десятиліття.

Антарктичний півострів є одним із місць, яке нагрівається найшвидше у світі, при цьому температура поверхні зросла більш ніж на 2,5° С протягом другої половини 20 століття (Vaughan та ін., 2003). Потепління має потенціал для значного підвищення глобального рівня моря (Joughin and Alley, 2011). Розрахунковий підйом евстатичного рівня моря з моменту останнього льодовикового максимуму (LGM), тобто за останні 26 тисяч років, складає за даними (Heagy &

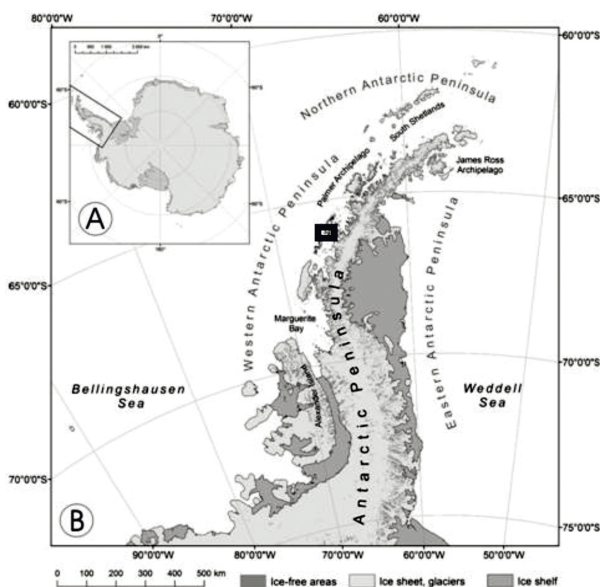


Рис. 1. Карта розташування (А) регіону АП в межах Антарктичного континенту та (В) розширення територій, вільних від льоду, навколо регіону АП (Ruiz-Fernández et al., 2019). Чорний прямокутник – місце знаходження Української антарктичної станції «Академік Вернадський»

Anderson, 2005) близько 2,9 м. Інтенсивне танення шельфових льодовиків Антарктиди за останні 40 років призвело до збільшення швидкості евстатичного підйому рівня Світового океану вдвічі (з 1,5 мм/рік до 3 мм/рік). Потепління проявляється у зменшенні потужності льодовикового покриву, обвалі шельфових льодовиків, що оточують півострів, (Scambos et al., 2003), у відступі і прискоренні танення вивідних льодовиків (Cook et al., 2005). Ці процеси обумовлюють зміни геоморфологічних умов та осадконакопичення на АП та навколо нього. Однак, незважаючи на зростаючу кількість літератури, яка підтверджує льодовикові коливання, залишається багато питань відносно залежності їх діапазону від зміни клімату.

Геологічні умови Антарктичного півострова. Район дослідження охоплює шельфову зону північно-західної частини Антарктичного півострова, де розташована Українська антарктична станція «Академік Вернадський». Антарктичний півострів підстилається товстою (37–40 км) континентальною корою. Близько 80% порід, що складають Західну Антарктику, представлені двома групами порід – інтрузивними утвореннями батоліту Антарктичного півострова і вулканогенними породами (Thomson & Pankhurst, 1983). Архіпелаг Аргентинські острови представляє собою окремий тектонічний блок, який розбитий розломами на невеликі фрагменти (Greku et al., 2006). Острови відокремлені від Антарктичного півострова протокою Пенола, яка закладена по зоні тектонічного розлому. Ізотопне датування інтрузивних утворень району

УАС дозволило прослідити історичну послідовність формування геологічних шарів і уточнити загальні особливості стратиграфії регіону (Митрохин & Бахмутов, 2019). Досліджуваний стратиграфічний розріз складений вулканогенними та підпорядкованими їм теригенними відкладами, накопичення яких тривало від пізнього палеозою до кайнозою включно. Вулканічна серія Антарктичного півострова представлена двома товщами. Перша – це вулканогенна товща півострова Київ, яка є найбільш розповсюдженою серед стратифікованих утворень району Аргентинських островів, і датується юрою-крейдою. У петрографічному складі значну роль відіграють пірокластичні породи. Друга товща – вулканогенна товща Аргентинських островів, яка широко розповсюджена в межах острівної групи, де розташована УАС. Вік вулканізму обмежений часовим інтервалом між юрським та крейдовим періодами.

Реконструкції змін льодовикового покриву в районі Антарктичного півострова після останнього льодовикового максимуму. Льодовиковий покрив Антарктичного півострова є складною природною системою із внутрішньою динамікою, яка чутлива до кліматичних змін (Turner et al., 2005; Bentley et al. 2005). Питання, як крижаний щит Західної Антарктики буде змінюватись відповідно до глобального потепління протягом наступних кількох десятиліть, залишається складним. У цьому контексті дослідження минулих подій в регіоні Антарктиди має першочергове значення.

Реконструкції палео-льодовикового покриву вимагають глибокого розуміння поточних і минулих процесів, узагальнень льодовикової історії АП (Ingólfsson et al., 2003; Livingstone et al., 2012; Davies et al, 2012). Існуючі реконструкції півострова пов'язані в більшій мірі з морським середовищем (Heroу & Андерсон 2005). Детальні наземні дослідження дають можливість дослідити палео- та сучасні геоморфологічні та осадові процеси, особливо на вільних від льоду регіонах.

Найбільш ефективним є комплексний підхід, який заснований на комбінації різних видів досліджень: геофізичного дослідження, радіо-вуглецевого датування морських відкладів, озерних та наземних органічних матеріалів, ізотопного аналізу космогенних елементів валунів та оброблених льодовиком підстилаючих порід, мікропалеонтологічних даних (угруповання діатомових водоростей) тощо. За останні декілька десятиків років розуміння льодовикової історії АП стало більш детальним і глибоким завдяки технологічним розробкам у морській геофізичній зйомці та методах наземного датування. Це дозволило детально реконструювати колишню площу льодовикового покриву та течії на континентальному шельфі. Більшість авторів визнають, що льодовиковий щит Антарктичного півострова співпадав з границею континентального шельфу під час LGM, приблизно 26 тисяч років тому (Heroу & Anderson, 2005; Anderson & Oakes-Fretwell, 2008). Дані акустичних профілів надають інформацію про фізичну природу верхніх кількох десятків метрів відкладень морського дна, що допомагає в інтерпретації геоморфологічних особливостей, пов'язаних із

зледенінням. (O Cofaigh et al., 2014). Відбір зразків за допомогою керну та моделювання палеогляціологічних реконструкцій надають інформацію про колишні підльодовикові процеси, що контролюють динаміку льодовикового покриву (King et al., 2012, Briggs and Tarasov, 2013).

На теперішній час узагальнені поточні знання про LGM, представлена історія льодовикового покриву для АП і надані серії реконструкцій часового зрізу, що відображають зміни розміру та товщини льодовикового покриву на основі наземних і морських геоморфологічних та геолого-геофізичних доказів.

У зв'язку зі зміною клімату рівень Світового океану швидко підвищується через танення льодовиків. Велика кількість публікацій свідчить про актуальність цієї проблеми (Domingues et al., 2018). За даними (Cook et al., 2014) 90% з 860 льодовиків Антарктичного півострова зменшилися в період між 1950 і 2004 роками. Найбільші тенденції потепління притаманні західній та північній частинам Антарктичного півострова (Turner et al., 2014). Однак, відповідно до Shepherd et al. (2012) такі зміни є нерівномірними по всьому регіону. З точки зору зменшення площі, найбільших втрат зазнали шельфові льодовики. За спостереженнями Silva et al. (2020) 60% льодовиків Антарктичного півострова перебувають у процесі зменшення, 25% – розширення та 7% – коливання. Танення більшості льодовиків підтверджує, що Антарктичний півострів втрачає більше льодовикової маси, ніж набирає, тому процес є незбалансованим (Cook et al., 2014).

Є і протилежні дослідження. За даними (Burton-Johnson et al., 2016) лише <0,5% загальної площі Антарктичного континенту вільно від льоду, і лише невелика частина поверхні суші оголилася під час Голоцену (Nývlt et al., 2020). Вільними від льоду є, в основному, прибережні середовища (Giralt et al., 2020), а також нунатаки на всьому континенті (Small et al., 2019).

Суттєві зміни в динаміці льоду вздовж східного та західного узбережжя північної частини Антарктичного півострова були виявлені комплексним аналізом часових рядів спостережень (Seehaus et al., 2018). Крижаний щит Антарктичного півострова (APIS) в останні десятиліття втрачає масу прискореними темпами. Втрата маси в основному є реакцією на танення морських льодовиків і шельфового льодовика, що обумовлює відступ, прискорення потоку та зниження APIS (Roseby et al., 2022; Paolo et al., 2015; Cook et al., 2016; Rignot et al., 2019). Вивідні льодовики зазвичай починаються з розтікання льодовикових покривів з льодорозділу (синонім водорозділу) в середній частині антарктичного півострова між тихоокеанським і атлантичним секторами Південного океану у напрямку від центру куполів до периферії. Вивідні льодовики утворюють плаваючі льодовикові язика та айсберги. В результаті руху льодовика виникають напруження розтягування і стискування, які призводять до утворення тріщин або льодових складок.

Найефективнішими для моніторингу льодового покриву важкодоступних ділянок є супутникові технології. У дослідженнях використовуються дані супут-

ників Sentinel, які є частиною системи безперервного і комплексного моніторингу Землі, розгорнутої в рамках європейської програми Copernicus. (Tretiyak, 2016; Kadurin & Andrieieva, 2021, Tretiyak & Kukhtar, 2023; Miles et al., 2023).

Дослідження з оцінки переміщення антарктичних льодовиків за допомогою радіолокаційних супутникових систем останнім часом є темою, яка часто обговорюється (Zhou et al., 2011; Mengzhen et al., 2020). Наприклад, об'єктом дослідження в роботі (Tretiyak & Kukhtar, 2023) є льодовик Труз, розташований на Київському півострові поблизу Української антарктичної станції «Академік Вернадський» у Західній Антарктиді. В результаті аналізу часових рядів максимальних швидкостей цього льодовика, отриманими супутником Sentinel-1, було виявлено, що протягом досліджуваного періоду (2015–2020 pp) максимальні швидкості змінювалися від 2,64 м/добу до 4,05 м/добу.

Оцінка швидкостей рухів льодовикового покриву в межах півострова Київ у часовому інтервалі з грудня 2020 по березень 2021 року показала, що швидкість рухів коливається у значних межах і у пригирлових частинах льодовиків може досягати 3,5–4 метрів на добу (Kadurin & Andrieieva, 2021).

В роботі (Марусаж, 2020) на підставі лазерного сканування та цифрового знімання досліджено та проаналізовано зміни поверхневих об'ємів виходів льодовиків на о. Галіндез та о. Вінтер упродовж 2013–2018 років. Наведені результати свідчать про загальну тенденцію зменшення льодовиків та неоднорідність їх змін.

Таким чином, основними факторами, які обумовлюють швидкість руху льодовика і активно вивчаються, є клімат (Cook et al., 2005), вплив океану на зовнішню межу льодовика (Cook et al., 2016) та внутрішня динаміка льодовика (Lovell та ін., 2017). Як наслідок, для різних льодовиків швидкості змінюються в досить широкому діапазоні від практично нуля до 660 м на рік у різних його частинах залежно від сезону (Jawak et al., 2019).

Реконструкція змін льодовикового покриву на Антарктичному півострові після останнього льодовикового максимуму (LGM) до наших днів представлена в роботі (Ó Cofaigh et al, 2014) (рис. 2).

Антарктичний півострів пережив кілька етапів просування та відступу льодовика. Найбільш екстремальним періодом був останній максимум зледеніння біля 26 тис. років тому. В цей час льодовики вийшли на межу внутрішнього шельфу Антарктиди. Льодовиковий покрив почав відступати від границі останнього льодовикового максимуму приблизно 18,0 тисяч років назад (Ó Cofaigh et al., 2014; Palacios et al., 2020; Kaplan et al., 2020). Близько ~10–8 тисяч років тому з'явилися зони, вільні від льоду, які значною мірою збереглися до теперішнього часу (Hodgson et al., 2013; Oliva et al., 2016).

Між 15 та 10 тис. років тому льодовиковий покрив вздовж західного узбережжя Антарктичного півострова зазнав швидкої редукції, хоча його відступ у різних місцях мав індивідуальні риси та був асинхронним. Незначні періоди відступання щита відбулися близько 7 тис років, 5 тисяч років та протягом

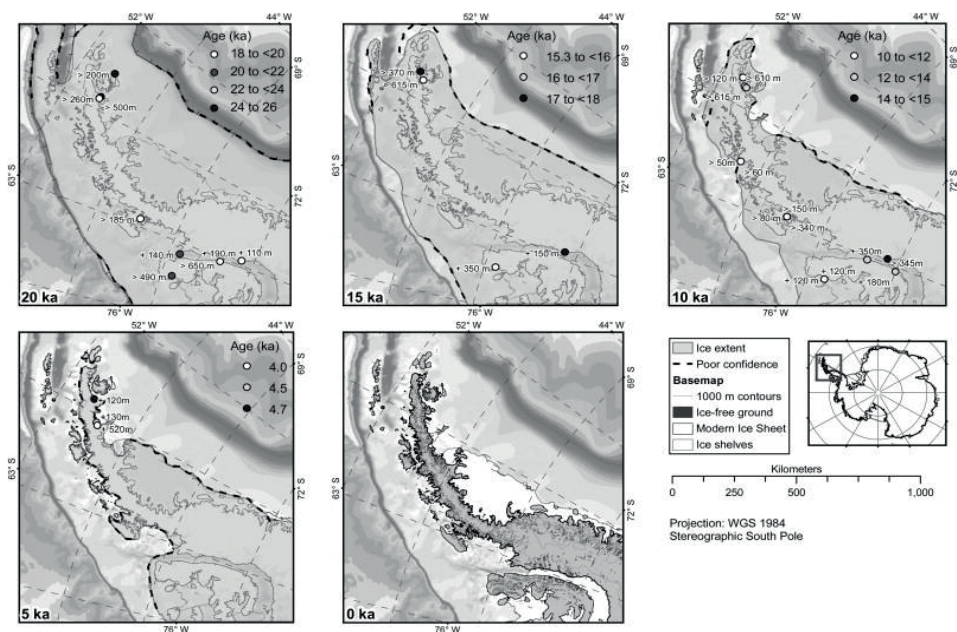


Рис. 2. Часові зрізи льодовикового щита Антарктичного півострова на 20, 15, 10, 5 і 0 тисяч років назад. Точки на картах вказують на товщину палеокрижаного щита (різниця з нинішньою над теперішнім рівнем моря (+ або –) (за Ó Cofaigh et al., 2014).

останніх 2,5 тисяч років тому (Davies et al., 2017; Palacios et al., 2020; Kaplan et al., 2020). Остання з цих подій, починаючи з $\sim 2,5$ тисячоліття, є так званим неольодовиковим періодом і відзначається більш прохолодними умовами (Hodgson et al., 2013; Sejka et al., 2020), розширенням шельфового льодовика та льодовиковим прогресом (Palacios et al., 2020). Малий льодовиковий період – це період між приблизно 1500 і 1800 роками, в якому глобальний клімат був холоднішим, ніж сьогодні (Matthews & Briffa, 2005). Він не був позначений холодними умовами протягом усієї тривалості 300–400 років (Mann and Jones, 2003) і складався з кількох окремих періодів з глобальним похолоданням приблизно на $0,5^{\circ}\text{C}$ (Mann et al., 2009), що набагато менше в порівнянні з останнім льодовиковим максимумом (максимум похолодання на $5,5^{\circ}\text{C}$).

У зв'язку з тим, що впродовж останніх десятиліть льодовики та льодові системи Антарктичного півострова зазнають значних змін розмірів та форми, для контролю, прогнозування та запобігання таким процесам необхідно проводити постійний моніторинг та аналіз зміни основних параметрів льодовиків та льодових систем. Дослідження динаміки змін кількісних параметрів льодовиків є досить важливою задачею для виявлення і передбачення майбутніх кліматичних, гляціологічних та біологічних змін, що відбуваються на Землі.

ВИСНОВКИ

Антарктичний півострів сформувався в результаті субдукції океанічної літосфери моря Беллінгсгаузена під АП і представляє собою мезо-кайнозойську магматичну дугу південно-східної околиці Тихого океану. В основі геологічної будови району дослідження лежить наявність тектонічних блоків різного порядку, які формують основні закономірності розвитку рельєфу та геологічних процесів, історії геологічного розвитку та осадконакопичення. Архіпелаг Аргентинські острови, який входить до Антарктичного півострова і де розташована Українська антарктична станція «Академік Вернадський», представляє собою тектонічний блок, складений вулканогенними та теригенними відкладами, накопичення яких тривало від пізнього палеозою до кайнозою включно.

На теперішній час узагальнені знання про LGM, представлена історія льодовикового покриву для Антарктичного півострова і надані серії реконструкцій часового зрізу, що відображають зміни розміру та товщини льодовикового покриву на основі наземних і морських геоморфологічних та геолого-геофізичних доказів. Останній льодовиковий період, який розпочався приблизно 26 тис. років тому, характеризується значним за розміром льодовиковим покривом і повністю обіймав район дослідження. В наступні тисячоліття відбувалося поступове танення з етапами уповільнення та прискорення. Під час зниження температури навколишнього середовища спостерігалися періоди збільшення кількості льоду. Такі свідчення фіксуються в особливостях підводного рельєфу, у зміні літологічного та мікрофауністичного складу донних відкладів району досліджень.

Аналіз, зроблений в статті, стане в пригоді при подальшому вивченні умов осадконакопичення в районі Антарктичного півострова навколо Української антарктичної станції «Академік Вернадський» для створення палеокліматичних та палеогеографічних реконструкцій району дослідження на пізньоплейстоцен – голоценовий час.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Марусаж Х. Розробка методики комплексного дослідження змін поверхневих об'єктів острівних льодовиків Антарктичного узбережжя. Дис... канд технічних наук. Львів. 2020. 179 с.
- Митрохин, О., & Бахмутов, В. Стратиграфія району Української антарктичної станції «Академік Вернадський» // Український антарктичний журнал, № 1(18). 2019. С. 45–61. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/168294>
- Anderson, J., & Oakes-Fretwell, L. Geomorphology of the onset area of a palaeo-ice stream, Marguerite Bay, Antarctica Peninsula. *Earth Surf. Process. Landf.* 2008. V. 33. P. 503–512: <http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2013.829411>
- Bentley, M., Hodgson, D., Smith, J., & Cox, N. Relative sea level curves for the South Shetland Islands and Marguerite Bay, Antarctic Peninsula. *Quat. Sci. Rev.*, 24. 2005. P. 1203–1216. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.10.004>
- Burton-Johnson, A., Black, M., Fretwell, P. T., & Kaluza-Gilbert, J. An automated methodology for differentiating rock from snow, clouds and sea in Antarctica from Landsat 8 imagery: a new rock outcrop map and area estimation for the entire Antarctic continent, *The Cryosphere*, 10. 2016. P. 1665–1677, <https://doi.org/10.5194/tc-10-1665-2016>.

- Cejka, T., Nyvlt, D., Kopalova, K., Bulinova, M., Kavan, J., Lirio, J., Coria, S., & de Vijver, B. Timing of the neoglaciation onset on the north-eastern Antarctic peninsula based on lacustrine archive from lake Anonima, Vega island. *Global Planet. Change* 184. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.103050>
- Cook, A., Fox, A., Vaughan, D. & Ferrigno, J. Retreating glacier fronts on the Antarctic Peninsula over the past half-century. *Science*, Vol. 308, No. 5721. 2005. P. 541–544. doi:10.1126/science.1104235
- Cook, A., Vaughan, D., Luckman, A., & Murray, T. A new Antarctic Peninsula glacier basin inventory and observed area changes since the 1940s. *Antarctic Science*. 2014. V. 26 (6). P. 614–624. <https://doi.org/10.1017/S0954102014000200>
- Cook, A., Holland, P., Meredith, M., Murray, T., Luckman, A., & Vaughan, D. Ocean forcing of glacier retreat in the western Antarctic Peninsula. *Science*, 353(6296). 2016. 283–286. <https://doi.org/10.1126/science.aae0017>
- Davies, B., Carrivick, J., Glasser, N., Hambrey, M., & Smellie, J. Variable glacier response to atmospheric warming, northern Antarctic Peninsula, 1988–2009. *Cryosphere*, 6(5). 2012. 1031–1048. <https://doi.org/10.5194/tc-6-1031-2012>
- Davies, B., Hambrey, M., Glasser, N., Holt, T., Rodes, A., Smellie, J., Carrivick, J., & Blockley, S. Ice-dammed lateral lake and epishelf lake insights into Holocene dynamics of Marguerite trough ice stream and George VI ice shelf, Alexander island, Antarctic peninsula. *Quat. Sci. Rev.* 177. 2017. 189–219. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.10.016>
- Domingues, R., Goni, G., Baringer, M., & Volkov, D. What caused the accelerated sea level changes along the U.S. East Coast during 2010–2015? *Geophysical Research Letters*, 45(24), 13,367–13,376. 2018 <https://doi.org/10.1029/2018GL081183>
- Giralt, S., Hernández, A., Pla-Rabés, S., Antoniadis, D., Toro, M., Granados, I., & Oliva, M. Holocene environmental changes deduced from lake sediments. In M. Oliva & J. Ruiz-Fernández (Eds.), *Past Antarctica* (pp. 51–68). Elsevier. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-817925-3.00003-3>
- Greku, R., Milinevsky, G., Ladanovsky, Y., Bakhmach, P., & Greku T. Topographic and Geodetic research by GPS, Echosounding and ERS Altimetric, and SAR Interferometric Surveys during Ukrainian Antarctic Expedition in the West Antarctic // *Antarctica: Contribution to global earth sciences*, ed. Futterer D.K. et al., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. 2006. P. 383–390. https://doi.org/10.1007/3-540-32934-x_48
- Heroy, D., & Anderson, J. (2005) Ice-sheet extent of the Antarctic Peninsula region during the Last Glacial Maximum (LGM) – insights from glacial geomorphology. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 117, pp. 1497–1512. <https://doi.org/10.1130/B25694.1>
- Ingólfsson, Ó., Hjort, C., & Humlum, O. Glacial and Climate History of the Antarctic Peninsula since the Last Glacial Maximum. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 2003. 35(2). 175–186. [https://doi.org/10.1657/1523-0430\(2003\)035\[0175:GACHOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1657/1523-0430(2003)035[0175:GACHOT]2.0.CO;2)
- Jawak, S., Kumar, S., Luis, A., Pandit, P., Wankhede, S., & Anirudh, T. Seasonal comparison of velocity of the eastern tributary glaciers, Amery Ice Shelf, Antarctica, using SAR offset tracking. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-2/W5. 2019. 595–600. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W5-595-2019>
- Joughin, I., & Alley, R. Stability of the West Antarctic ice sheet in a warming world, *Nat. Geoscience*. 2011. 4. 506–513. <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo1194>
- Kadurin, S., & Andrieieva, K. Ice sheet velocity tracking by Sentinel-1 satellite images at Graham Coast Kyiv Peninsula. *Ukrainian Antarctic Journal*. 2021. V.1. P.24–31. <https://doi.org/10.33275/1727-7485.1.2021.663>
- Kaplan, M., Strelin, J., Schaefer, J., Peltier, C., Martini, M., Flores, E., Winckler, G., & Schwartz, R. Holocene glacier behavior around the northern Antarctic Peninsula and possible causes. *Earth Planet Sci. Lett.* 534. 2020. 116077. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116077>
- King, M., Bingham, R., Moore, P., Whitehouse, P., Bentley, M., & Milne, G. Lower satellite-gravimetry estimates of Antarctic sea-level contribution. *Nature*. 2012. 491(7425). P. 586–589, <https://doi.org/10.1038/nature11621>
- Lovell, A., Stokes, C., & Jamieson, S. Sub-decadal variations in outlet glacier terminus positions in Victoria Land, Oates Land and George V Land, East Antarctica (1972–2013). *Antarctic Science*. 2017. 29(5). P. 468–483. <https://doi.org/10.1017/S0954102017000074>
- Mann, M., & Jones, P. Global surface temperatures over the past two millennia. *Geophys. Res. Lett.* 30, 1820. 2003. <http://dx.doi.org/10.1029/2003GL017814>
- Mann, M., Zhang, Z., Rutherford, S., Bradley, R., Hughes, M., Shindell, D., Ammann, C., Faluvegi, G., & Fenbair, N. Global signatures and dynamical origins of the Little ice age and Medieval climate anomaly. *Science*. 2009. 326. P. 1256–1260. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1177303>
- Mengzhen, Q., Liu, Y., Lin, Y., Hui, F., Li T., & Cheng, X. Efficient location and extraction of the iceberg calved areas of the Antarctic ice shelves. *Remote Sensing*. 2020. 12(16). 2658. <https://doi.org/10.3390/rs12162658>

Miles, B. Stokes, C., Jenkins, A., Jordan, J., Jamieson, S., & Gudmundsson, G. H. Slowdown of Shirase Glacier, East Antarctica, caused by strengthening alongshore winds. *The Cryosphere*. 2023.17. P. 445–456. <https://doi.org/10.5194/tc-17-445-2023>

Nýílt, D., Glasser, N., Oliva, M., Roberts, S., & Roman, M. Tracing the deglaciation since the last glacial maximum. In M. Oliva & J. Ruiz-Fernández (Eds.), *Past Antarctica*. 2020. P. 89–108). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817925-3.00005-7>

Ó Cofaigh, C., Davies, B., Livingstone, S., Smith, J., Johnson, J., Hocking, E., ... & Simms, A. Reconstruction of ice-sheet changes in the Antarctic Peninsula since the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews*. 2014.100.P.87–110. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.06.023>

Oliva, M., Antoniadis, D., Giral, S., Granados, I., Pla-Rabes, S., Toro, M., Liu, E., Sanjurjo, J., & Vieira, G. The Holocene deglaciation of the Byers Peninsula (Livingston Island, Antarctica) based on the dating of lake sedimentary records. *Geomorphology*. 2016. 261. P. 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.02.029>

Palacios, D., Ruiz-Fernandez, J., Oliva, M., Andres, N., Fernandez-Fernandez, J.M., Schimmelpfennig, I., Leanni, L., Gonzalez-Diaz, B., & Team, A. Timing of formation of neoglacial landforms in the south Shetland islands (Antarctic peninsula): regional and global implications. *Quat. Sci. Rev.* 2020. 234, 106248. <https://hal.science/hal-02535722>

Paolo, F., Fricker, H., & Padman, L., Volume loss from Antarctic ice shelves is accelerating. *Science*. 2015. 348. P. 327–331. DOI: 10.1126/science.aaa0940

Rignot, E., Mouginot, J., Scheuchl, B., van den Broeke, M., van Wessem, M. J., & Morlighem, M. Four decades of Antarctic Ice Sheet mass balance from 1979–2017, *P. Natl. Acad. Sci. USA*. 2019. P. 116, 1095–1103, <https://doi.org/10.1073/pnas.1812883116>

Roseby, Z. Smith, J., Hillenbrand, C., Cartigny, M., Rosenheim, B., Hogan, K., Claire A., Leventer, A., Kuhn, G., Ehrmann, W., & Larter R. History of Anvers-Hugo Trough, western Antarctic Peninsula shelf, since the Last Glacial Maximum. Part I: Deglacial history based on new sedimentological and chronological data. *Quaternary Science Reviews*. 2022. 291.107590. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107590>

Ruiz-Fernández, J., Oliva, M., Nýílt, D., Cannone, N., García-Hernández, C., Guglielmin, M., Hrbáček, F., Roman, M., Fernández, S., López-Martínez, J., & Antoniadis, D. Patterns of spatio-temporal paraglacial response in the Antarctic Peninsula region and associated ecological implications. *Earth-Science Reviews*. 2019. 192. P. 379–402. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.03.014>

Scambos, T., Hulbe, C., & Fahnestock, M. Climate-induced ice shelf disintegration in the Antarctic Peninsula, in: *Antarctic Peninsula Climate Variability: Historical and Paleoenvironmental Perspectives*, edited by: Domack, E., Leventer, A., Burnett, A., Bindschadler, R., Convey, P., and Kirby, M., AGU, Washington, DC, Antarct. Res. Ser. 2003. 79. P. 79–92. <https://doi.org/10.1029/AR079p0079>

Seehaus, T., Cook, A., Silva, A., & Braun, M. Changes in glacier dynamics in the northern Antarctic Peninsula since 1985, *The Cryosphere*. 2018. 12. P. 577–594, <https://doi.org/10.5194/tc-12-577-2018>

Shepherd, A., Ivins, E., Geruo, A., Barletta, V., Bentley, M., Bettadpur, S., ... Zwally, H. A Reconciled Estimate of Ice-Sheet Mass Balance. *Science*. 2012. 338(6111). P. 1183–1189. <https://doi.org/10.1126/science.1228102>

Silva, A., Arigony-Neto, J., Braun, M., Almeida Espinoza, J., Costi, J., & Janã, R. Spatial and temporal analysis of changes in the glaciers of the Antarctic Peninsula. *Global and Planetary Change*. 2020. 184. Article 103079. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.103079>

Small, D., Bentley, M., Jones, R., Pittard, M., & Whitehouse, P. Antarctic ice sheet palaeo-thinning rates from vertical transects of cosmogenic exposure ages. *Quaternary Science Reviews*. 2019. 206. P. 65–80. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.12.024>

Thompson, M., & Pankhurst R.). Age of Post-Gondwanian calc-alkaline volcanism in the Antarctic Peninsula region. – In: *Antarctic Earth Science* (eds. R. L. Oliver, P. R. James and J. B. Jago). – Canberra: Australian Academy of Science and Cambridge; Cambridge University Press. 1983. P. 328–333. <https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/524235>

Tretyak, K., Hlotov, V., Holubinka, Y., & Marusazh, K. Complex geodetic research in Ukrainian Antarctic Station «Academician Vernadsky» (Years 2002–2005, 2013–2014). *Reports on Geodesy and Geoinformatics*. 2016. 100(1). P. 149–163.

Tretyak, K., & Kukhtar, D. Modeling the Trooz Glacier's movement using air temperature data and satellite SAR observations in 2015–2022. *Ukrainian Antarctic Journal*. 2023., 21(1). P. 24–36. <https://doi.org/10.33275/1727-7485.1.2023.709>

Turner, J., Colwell S., Marshall G., at all. Antarctic Climate Change During the Last 50 Years. *Int. J. Climatol*. 2005. Vol. 25. P. 279–294. <https://doi.org/10.1002/joc.1130>

Turner, J., Barrand, N., Klepikov, A. Antarctic climate change and the environment: an update. *Polar Record*. 2014. Volume 50. Issue 3 / June 2014. P. 237–259. <https://doi.org/10.1017/S0032247413000296>

Vaughan, D., Marshall, G., Connolley, W., Parkinson, C., Mulvaney, R., Hodgson, D., King, J., Pudsey, C., & Turner, J. Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula. *Climate Change*. 2003. 60. P. 243–274. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026021217991>

Zhou, C., Zhou, Y., Wang, Z., & Sun, J. Estimation of ice flow velocity of calving glaciers using SAR interferometry and feature tracking. *Proceedings of Fringe 2011 Workshop, Frascati, Italy*. ESA SP-697. 2011. P. 49. ISBN 978–92–9092–261–2

REFERENCES

Maruszah Kh. (2020). Rozrobka metodyky kompleksnoho doslidzhennia zmin poverkhnevyykh ob'iemiv ostrivnykh lodovykyv Antarktychnoho uzberezhzhia. (Development of a methodology for a comprehensive study of changes in the surface volumes of island glaciers of the Antarctic coast). Dissertation Candidate of Technical Sciences. Lviv. 179 pp. [in Ukrainian].

Mytrokhyn, O., & Bakhmutov, V. (2019). Stratyhrafia raionu Ukrainskoi antarktychnoi stantsii «Akademik Vernadskyi» (Stratigraphy of the area of the Ukrainian Antarctic Station «Akademik Vernadskyi»). *Ukrainian Antarctic Journal*. 1(18). P. 45–61. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/168294> [in Ukrainian].

Anderson, J., & Oakes-Fretwell, L. (2008). Geomorphology of the onset area of a palaeo-ice stream, Marguerite Bay, Antarctica Peninsula. *Earth Surf. Process. Landf.*, 33, pp. 503–512: <http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2013.829411>

Bentley, M., Hodgson, D., Smith, J., & Cox, N. (2005). Relative sea level curves for the South Shetland Islands and Marguerite Bay, Antarctic Peninsula. *Quat. Sci. Rev.*, 24, pp. 1203–1216. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2004.10.004>

Burton-Johnson, A., Black, M., Fretwell, P. T., & Kaluza-Gilbert, J. (2016). An automated methodology for differentiating rock from snow, clouds and sea in Antarctica from Landsat 8 imagery: a new rock outcrop map and area estimation for the entire Antarctic continent, *The Cryosphere*, 10, 1665–1677, <https://doi.org/10.5194/tc-10-1665-2016>.

Cejka, T., Nyvlt, D., Kopalova, K., Bulinova, M., Kavan, J., Lirio, J., Coria, S., & de Vijver, B. (2020). Timing of the neoglacial onset on the north-eastern Antarctic peninsula based on lacustrine archive from lake Anonima, Vega island. *Global Planet. Change* 184, 103050. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.103050>

Cook, A., Fox, A., Vaughan, D. & Ferrigno, J. (2005). Retreating glacier fronts on the Antarctic Peninsula over the past half-century. *Science*, Vol. 308, No. 5721, 2005, pp. 541–544. doi:10.1126/science.1104235

Cook, A., Vaughan, D., Luckman, A., & Murray, T. (2014). A new Antarctic Peninsula glacier basin inventory and observed area changes since the 1940s. *Antarctic Science*, 26(6), 614–624. <https://doi.org/10.1017/S0954102014000200>

Cook, A., Holland, P., Meredith, M., Murray, T., Luckman, A., & Vaughan, D. (2016). Ocean forcing of glacier retreat in the western Antarctic Peninsula. *Science*, 353(6296), 283–286. <https://doi.org/10.1126/science.aac0017>

Davies, B., Carrivick, J., Glasser, N., Hambrey, M., & Smellie, J. (2012). Variable glacier response to atmospheric warming, northern Antarctic Peninsula, 1988–2009. *Cryosphere*, 6(5), 1031–1048. <https://doi.org/10.5194/tc-6-1031-2012>

Davies, B., Hambrey, M., Glasser, N., Holt, T., Rodas, A., Smellie, J., Carrivick, J., & Blockley, S. (2017). Ice-dammed lateral lake and epishelf lake insights into Holocene dynamics of Marguerite trough ice stream and George VI ice shelf, Alexander island, Antarctic peninsula. *Quat. Sci. Rev.* 177, 189–219. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.10.016>

Domingues, R., Goni, G., Baringer, M., & Volkov, D. (2018). What caused the accelerated sea level changes along the U.S. East Coast during 2010–2015? *Geophysical Research Letters*, 45(24), 13,367–13,376. <https://doi.org/10.1029/2018GL081183>

Giralt, S., Hernández, A., Pla-Rabés, S., Antoniadis, D., Toro, M., Granados, I., & Oliva, M. (2020). Holocene environmental changes deduced from lake sediments. In M. Oliva & J. Ruiz-Fernández (Eds.), *Past Antarctica* (pp. 51–68). Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-817925-3.00003-3>

Greku, R., Milinevsky, G., Ladanovsky, Y., Bakhmach, P., & Greku T. (2006). Topographic and Geodetic research by GPS, Echosounding and ERS Altimetric, and SAR Interferometric Surveys during Ukrainian Antarctic Expedition in the West Antarctic // *Antarctica: Contribution to global earth sciences*, ed. Futterer D.K. et al., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York. P. 383–390. https://doi.org/10.1007/3-540-32934-x_48

Heroy, D., & Anderson, J. (2005) Ice-sheet extent of the Antarctic Peninsula region during the Last Glacial Maximum (LGM) – insights from glacial geomorphology. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 117, pp. 1497–1512. <https://doi.org/10.1130/B25694.1>

Ingólfsson, Ó., Hjort, C., & Humlum, O. (2003). Glacial and Climate History of the Antarctic Peninsula since the Last Glacial Maximum. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 35(2), 175–186. [https://doi.org/10.1657/1523-0430\(2003\)035\[0175:GACHOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1657/1523-0430(2003)035[0175:GACHOT]2.0.CO;2)

Jawak, S., Kumar, S., Luis, A., Pandit, P., Wankhede, S., & Anirudh, T. (2019). Seasonal comparison of velocity of the eastern tributary glaciers, Amery Ice Shelf, Antarctica, using SAR offset tracking. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-2/W5, 595–600. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W5-595-2019>

Joughin, I., & Alley, R. (2011). Stability of the West Antarctic ice sheet in a warming world, *Nat. Geoscience*, 4, 506–513. <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo1194>

Kadurin, S., & Andrieieva, K. (2021). Ice sheet velocity tracking by Sentinel-1satellite images at Graham Coast Kyiv Peninsula. *Ukrainian Antarctic Journal*, 1, 24–31. <https://doi.org/10.33275/1727-7485.1.2021.663>

Kaplan, M., Strelin, J., Schaefer, J., Peltier, C., Martini, M., Flores, E., Winckler, G., & Schwartz, R. (2020). Holocene glacier behavior around the northern Antarctic Peninsula and possible causes. *Earth Planet Sci. Lett.* 534, 116077. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116077>

King, M., Bingham, R., Moore, P., Whitehouse, P., Bentley, M., & Milne, G. (2012). Lower satellite-gravimetry estimates of Antarctic sea-level contribution. *Nature*, 491(7425), pp. 586–589, <https://doi.org/10.1038/nature11621>

Lovell, A., Stokes, C., & Jamieson, S. (2017). Sub-decadal variations in outlet glacier terminus positions in Victoria Land, Oates Land and George V Land, East Antarctica (1972–2013). *Antarctic Science*, 29(5), 468–483. <https://doi.org/10.1017/S0954102017000074>

Mann, M., & Jones, P. (2003). Global surface temperatures over the past two millennia. *Geophys. Res. Lett.* 30, 1820. <http://dx.doi.org/10.1029/2003GL017814>

Mann, M., Zhang, Z., Rutherford, S., Bradley, R., Hughes, M., Shindell, D., Ammann, C., Faluvegi, G., & Fenbair, N. (2009). Global signatures and dynamical origins of the Little ice age and Medieval climate anomaly. *Science* 326, 1256–1260. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1177303>

Mengzhen, Q., Liu, Y., Lin, Y., Hui, F., Li T., & Cheng, X. (2020). Efficient location and extraction of the iceberg calved areas of the Antarctic iceshelves. *Remote Sensing*, 12(16), 2658. <https://doi.org/10.3390/rs12162658>

Miles, B. Stokes, C., Jenkins, A., Jordan, J., Jamieson, S., & Gudmundsson, G. H. (2023). Slowdown of Shirase Glacier, East Antarctica, caused by strengthening alongshore winds. *The Cryosphere*, 17, 445–456. <https://doi.org/10.5194/tc-17-445-2023>

Nývlt, D., Glasser, N., Oliva, M., Roberts, S., & Roman, M. (2020). Tracing the deglaciation since the last glacial maximum. In M. Oliva & J. Ruiz-Fernández (Eds.), *Past Antarctica* (pp. 89–108). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817925-3.00005-7>

Ó Cofaigh, C., Davies, B., Livingstone, S., Smith, J., Johnson, J., Hocking, E., ... & Simms, A. (2014). Reconstruction of ice-sheet changes in the Antarctic Peninsula since the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews*, 100, 87–110. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.06.023>

Oliva, M., Antoniadis, D., Giralt, S., Granados, I., Pla-Rabes, S., Toro, M., Liu, E., Sanjurjo, J., & Vieira, G. (2016). The Holocene deglaciation of the Byers Peninsula (Livingston Island, Antarctica) based on the dating of lake sedimentary records. *Geomorphology* 261, 89–102. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.02.029>

Palacios, D., Ruiz-Fernandez, J., Oliva, M., Andres, N., Fernandez-Fernandez, J.M., Schimmelpfennig, I., Leanni, L., Gonzalez-Diaz, B., & Team, A. (2020). Timing of formation of neoglaciation landforms in the south Shetland islands (Antarctic peninsula): regional and global implications. *Quat. Sci. Rev.* 234, 106248. <https://hal.science/hal-02535722>

Paolo, F., Fricker, H., & Padman, L., (2015). Volume loss from Antarctic ice shelves is accelerating. *Science* 348, 327–331. DOI: 10.1126/science.aaa0940

Rignot, E., Mouginot, J., Scheuchl, B., van den Broeke, M., van Wessem, M. J., & Morlighem, M. (2019). Four decades of Antarctic Ice Sheet mass balance from 1979–2017, *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 116, 1095–1103, <https://doi.org/10.1073/pnas.1812883116>.

Roseby, Z. Smith, J., Hillenbrand, C., Cartigny, M., Rosenheim, B., Hogan, K., Claire A., Leventer, A., Kuhn, G., Ehrmann, W., & Larter R. (2022). History of Anvers-Hugo Trough, western Antarctic Peninsula shelf, since the Last Glacial Maximum. Part I: Deglaciation history based on new sedimentological and chronological data. *Quaternary Science Reviews* 291 107590 <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107590>

Ruiz-Fernández, J., Oliva, M., Nývlt, D., Cannone, N., Garcia-Hernández, C., Guglielmin, M., Hrbáček, F., Roman, M., Fernández, S., López-Martínez, J., & Antoniadis, D. (2019). Patterns of spatio-temporal paraglaciation response in the Antarctic Peninsula region and associated ecological implications. *Earth-Science Reviews* 192, 379–402. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.03.014>

Scambos, T., Hulbe, C., & Fahnestock, M. (2003). Climate-induced ice shelf disintegration in the Antarctic Peninsula, in: *Antarctic Peninsula Climate Variability: Historical and Paleoenvironmental Perspectives*, edited by:

Domack, E., Leventer, A., Burnett, A., Bindschadler, R., Convey, P., and Kirby, M., AGU, Washington, DC, Antarct. Res. Ser., 79. 79–92. <https://doi.org/10.1029/AR079p0079>

Seehaus, T., Cook, A., Silva, A., & Braun, M. (2018). Changes in glacier dynamics in the northern Antarctic Peninsula since 1985, *The Cryosphere*, 12, 577–594, <https://doi.org/10.5194/tc-12-577-2018>.

Shepherd, A., Ivins, E., Geruo, A., Barletta, V., Bentley, M., Bettadpur, S., ... Zwally, H. (2012). A Reconciled Estimate of Ice-Sheet Mass Balance. *Science*, 338(6111), 1183–1189. <https://doi.org/10.1126/science.1228102>

Silva, A., Arigony-Neto, J., Braun, M., Almeida Espinoza, J., Costi, J., & Jană, R. (2020). Spatial and temporal analysis of changes in the glaciers of the Antarctic Peninsula. *Global and Planetary Change*, 184, Article 103079. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.103079>

Small, D., Bentley, M., Jones, R., Pittard, M., & Whitehouse, P. (2019). Antarctic ice sheet palaeo-thinning rates from vertical transects of cosmogenic exposure ages. *Quaternary Science Reviews*, 206, 65–80. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.12.024>

Thompson, M., & Pankhurst R. (1983). Age of Post-Gondwanian calc-alkaline volcanism in the Antarctic Peninsula region. – In: *Antarctic Earth Science* (eds. R.L. Oliver, P.R. James and J.B. Jago). – Canberra: Australian Academy of Science and Cambridge; Cambridge University Press. P. 328–333. <https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/524235>

Tretyak, K., Hlotov, V., Holubinka, Y., & Marusazh, K. (2016). Complex geodetic research in Ukrainian Antarctic Station «Academician Vernadsky» (Years 2002–2005, 2013–2014). *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, 100(1), 149–163.

Tretyak, K., & Kukhtar, D. (2023). Modeling the Trooz Glacier's movement using air temperature data and satellite SAR observations in 2015–2022. *Ukrainian Antarctic Journal*, 21(1), 24–36. <https://doi.org/10.33275/1727-7485.1.2023.709>

Turner J., Colwell S., Marshall G., at all. (2005). Antarctic Climate Change During the Last 50 Years. *Int. J. Climatol.* Vol. 25. P. 279–294. <https://doi.org/10.1002/joc.1130>

Turner, J., Barrand, N., Klepikov, A. (2014). Antarctic climate change and the environment: an update. *Polar Record / Volume 50 / Issue 3 / June 2014*. pp. 237–259. <https://doi.org/10.1017/S0032247413000296>

Vaughan, D., Marshall, G., Connolley, W., Parkinson, C., Mulvaney, R., Hodgson, D., King, J., Pudsey, C., & Turner, J. (2003). Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula. *Climate Change* 60, 243–274. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026021217991>

Zhou, C., Zhou, Y., Wang, Z., & Sun, J. (2011). Estimation of ice flow velocity of calving glaciers using SAR interferometry and feature tracking. *Proceedings of Fringe 2011 Workshop, Frascati, Italy*. ESA SP-697, p. 49. ISBN 978-92-9092-261-2

Надійшла 29.05.2025

H. S. Pedan

Yu. V. Karakycha

Odesa I. I. Mechnikov National University,

Department of Marine Geology, Hydrogeology, Engineering Geology and
Paleontology

2 Shampanskyi Ln, Odesa, 65058, Ukraine

pedangalina3@gmail.com

DYNAMICS OF GLACIAL PROCESSES IN THE LATE PLEISTOCENE-HOLOCENE IN THE AREA OF THE ANTARCTIC PENINSULA BASED ON PUBLISHED LITERATURE

Abstract

Problem Statement and Purpose. Conducting geological research, including glacial processes in the Antarctic Peninsula (AP) area, is important for forming fundamental ideas about the geological evolution of the planet and its further development. Glaciers are an indicator of climate change and significantly affect ocean levels.

They are one of the main suppliers of sedimentation products to the ocean. Determining the age of the ice sheet and its deglaciation helps in solving the issues of sediment accumulation. These studies are necessary in creating paleoclimatic and paleogeographic reconstructions of the study area. The purpose of the work is to study the dynamics of glacial processes in the Late Pleistocene-Holocene time in the Antarctic Peninsula area. The object of research is glacial processes. The subject of research is geological conditions and spatio-temporal dynamics of the ice sheet.

Data & Methods. Material from literary, cartographic, retrospective and recent data from geological research of the Antarctic Peninsula was used in the article. The scientific literature covering glacial dynamics and its relationship to global climate change and sedimentation conditions on the Antarctic Peninsula during the Late Pleistocene-Holocene is summarized.

Results. The Antarctic Peninsula is composed of volcanogenic and terrigenous sediments ranging in age from the Late Paleozoic to the Cenozoic. The main factors that determine the speed of a glacier are climate, the influence of the ocean on the outer edge of the glacier, and its internal dynamics. The surface temperature of the Antarctic Peninsula increased by 2.5° C during the second half of the 20th century. Warming has the potential to significantly raise global sea levels. The estimated eustatic sea level rise since the Last Glacial Maximum (LGM) is about 2.9 m. The intensive melting of Antarctic glaciers over the past 40 years has doubled the rate of eustatic sea level rise (from 1.5 mm/year to 3 mm/year). An integrated approach to reconstructing paleo-ice cover is most effective. It is a combination of different types of research: geophysical research, radiocarbon dating of marine sediments, lake and terrestrial organic materials, isotopic analysis of micropaleontological data. The history of the ice sheet for the AP, a series of time-lapse reconstructions are presented in the work. Most authors agree that the AR ice sheet coincided with the continental shelf boundary during the LGM (approximately 26,000 years ago). Different points of view exist. Some studies suggest that 90% of the Antarctic Peninsula's glaciers have shrunk since 1950. According to other studies, 60% of the Antarctic Peninsula glaciers are in the process of shrinking, 25% are expanding, and 7% are fluctuating. The Antarctic Peninsula is losing more ice mass than it is gaining. The process is unbalanced. For different glaciers, the rate of deglaciation varies in a fairly wide range: from zero to 660 m per year in different parts of it, depending on the season. The Antarctic Peninsula has had several stages of glacier advance and retreat. The most extreme period was the Last Glacial Maximum (LGM) about 26,000 years ago. The glaciers were located on the edge of Antarctica's inner shelf at this time. The ice sheet began to retreat from the boundary of the last glacial maximum approximately 18,000 years ago. Ice-free zones appeared about ~10,000–8,000 years ago and have persisted to the present day. The ice sheet actively retreated between 15,000 and 10,000 years ago along the western coast of the Antarctic Peninsula. His retreat had individual features and was asynchronous in different places. Minor periods of shield retreat occurred about 7,000 years ago, 5,000 years ago, and during the last 2,500 years ago. The Neoglacial period begins 2.5 thousand years ago and is marked by cooler conditions, ice shelf expansion, and glacial advance. The Little Ice Age is the period between approximately 1500 and 1800 AD. It had several distinct periods with global cooling of about 0.5° C. There was little ice sheet movement during this period. Active deglaciation began in the 50s of the 20th century.

Keywords: geological conditions, glacial processes, ice sheet, Antarctic Peninsula, late Pleistocene-Holocene.