

полонины приурочены к высотному поясу от 1200 до 1720 м, а их размер колеблется от 3 га (т. н. "царинки") до более 200 га (полонина Лисича). Примененные в исследовании данные дистанционного зондирования Земли высокого разрешения позволили выявить стадии сукцессионных процессов, элементы эрозионной сети и др.

Ключевые слова: Мармарош, ГИС-технологии, дистанционное зондирование Земли, полонины, морфометрические характеристики, природно-антропогенный комплекс.

Надійшла до редколегії 20.09.2017

528.952 : 551.462

**Сінна О.І., Утєвський А.Ю., Островерх Є.А.,
Попов В.С., Шрестха М.Ю.**

*Харківський національний університет
імені В.Н. Каразіна*

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ ДНА АКВАТОРІЙ У РАЙОНІ О. ГАЛІНДЕЗ (АРГЕНТИНСЬКІ ОСТРОВИ, ЗАХІДНА АНТАРКТИКА)

Ключові слова: цифрове моделювання рельєфу, геоінформаційні системи (ГІС), рельєф дна акваторій, підводні ландшафти, ехолотна зйомка, антарктичні дослідження

Постановка проблеми. Згідно Державної цільової науково-технічної програми проведення досліджень в Антарктиці на 2011-2020 роки, одним із пріоритетних напрямів визначені біологічні дослідження, зокрема ті, що спрямовані на вивчення водних екосистем. У попередні роки українськими дослідниками (А. Ю. Утєвський та інші) у межах експедиційних робіт та за низкою науково-дослідних проектів за підтримки Національного антарктичного наукового центру МОН України виконані дослідження, що були спрямовані на вивчення структури бентосних угруповань, особливостей їх поширення, закладання біогеографічних полігонів в акваторіях у районі Української антарктичної станції (УАС) «Академік Вернадський». Подальший розвиток цього напрямку робіт пов'язаний із необхідністю вивчення особливостей рельєфу дна акваторій як основи для подальших комплексних досліджень підводних ландшафтів.

Аналіз попередніх досліджень. Поступово наукові дослідження і Світового океану, і Антарктики, у тому числі за тематикою вивчення рельєфу та біоти акваторій, на ряду із увагою до глобального та макрорегіонального рівнів, розвиваються на локальних ділянках, у зв'язку з чим все більше вдосконалюються методи досліджень і з'являються нові відкриття. Розвиток геоінформаційних технологій, методів дистанційного зондування, в тому числі акустичних, сприяють розвитку океанографічних досліджень, у тому числі – біологічної океанографії [13]. Ці методи широко залучають і в дослідження

біорізноманіття та екологічних процесів в Антарктиці. Значна увага приділяється дослідженню бентосних угруповань, створенню моделей їх розподілу в різних ландшафтах, виявленню існуючих екологічних зв'язків [11, 12, 14].

За результатами експедиційних досліджень українських вчених в акваторіях поблизу УАС, під час яких у різні роки було проведено близько 200 підводних занурень для вивчення бентосних угруповань, було встановлено, що біота може слугувати ідентифікатором динамічних умов навколишнього середовища (температури та хімічного складу води, глибин, умов освітленості тощо), а також історичних факторів розвитку акваторій [15]. Під час занурень були виявлені окремі приклади залежності розподілу біоти від положення у рельєфі дна акваторій та зв'язків біотичних особливостей з існуючими підводними мезо- та мікроформами рельєфу. Виходячи з цього, виникла ідея розробки єдиної бази геоданих про підводне біорізноманіття та здійснення просторового аналізу біорізноманіття акваторій засобами сучасних геоінформаційних систем (ГІС), а також організації більш детальних досліджень рельєфу дна акваторій.

Мета дослідження, результати якого розкриває дана стаття, полягає у розробці моделей рельєфу дна акваторій у районі о. Галіндез засобами геоінформаційних технологій на основі даних ехолотної зйомки та у висвітленні перспективних напрямів використання моделей.

Виклад основного матеріалу. Острів Галіндез (Galindez) є місцем розташування єдиної на цей час Української антарктичної станції – «Академік Вернадський». Аргентинські острови, до складу яких входить о. Галіндез, являють собою групу островів на відстані 9 км на північний захід від острова Петерманн і 7 км на північний захід від мису Тукса, у складі архіпелагу Вільгельма біля берегів Антарктичного півострова. Острови

Галіндез, Вінтер, Скуа (Galindez, Winter, Skua) в складі Аргентинських островів визначаються найближчими до станції об'єктами досліджень українських вчених. Звичайно, досліджуються не лише острови, а й шельфові зони та водні екосистеми, зокрема у міжострівних протоках Stella Creek, Skua Creek, Meek Channel, а іноді з виходом і до більше глибоководної протоки – Penola Strait (Рис. 1).

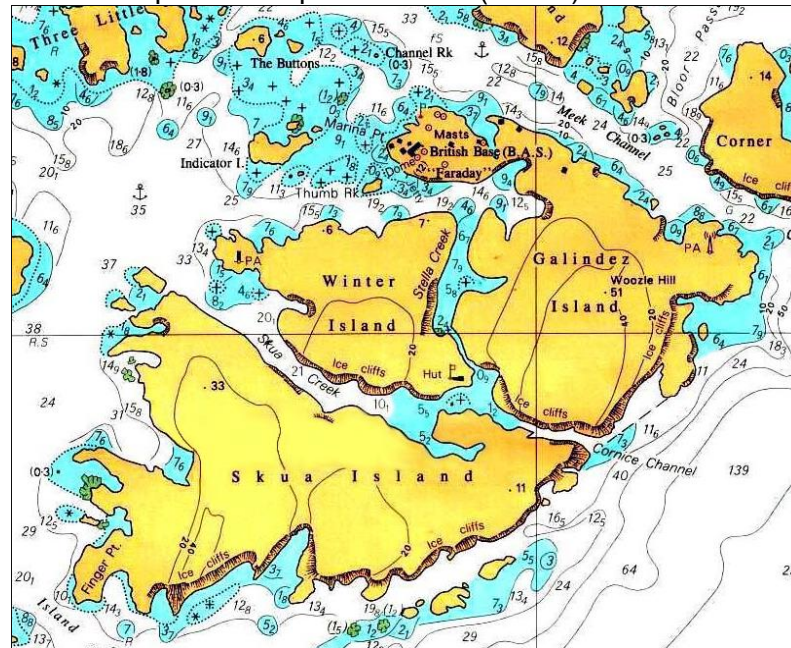


Рис. 1 – Фрагмент карти, використаної в якості основи для оглядового цифрового моделювання рельєфу дна акваторій [відкриті Інтернет-джерела]

На первинному етапі реалізації ідеї щодо комплексного аналізу даних про біоту акваторій на основі прив'язки до особливостей підводного рельєфу, в 2013 р. було створено оглядову цифрову модель рельєфу (ЦМР) дна акваторій у районі станції «Академік Вернадський» [4] (Рис. 2). На той момент, за умов відсутності у відкритому доступі інших даних про глибини району досліджень, для побудови ЦМР було використано існуючі картографічні матеріали району Аргентинських островів [2, 8], зокрема батиметричну карту, укладену ще за часів функціонування британської станції «Фарадей».

Все ж різниця між детальною локалізацією даних вивчення бентосних угруповань та роздільною здатністю ЦМР залишалася суттєвою, рельєфні особливості, що були зафіксовані у польових умовах за трансектами аналізу біоти, не проявлялися на ЦМР. Відповідно, подальші дослідження були спрямовані на отримання більш детальних даних про рельєф акваторій. Під

час сезонних експедицій 2014, 2015, 2016 р.р. дослідження бентосних угруповань супроводжувалося акустичною зйомкою ключових ділянок ехолотом-картплотером Lowrance HDS7 (Echosounder+GPS Chartplotter), який було включено до складу експедиційного спорядження. При цьому, роботи велися за ключовими біогеографічними полігонами: Stella Creek та Skua Creek в однойменних протоках, PenguinPoint – у протоці Meek Channel з частковим виходом у глибоководну зону протоки Penola Strait [15]. Отримані дані зйомок опрацьовувалися в другій половині року в камеральних умовах вченими Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, у рамках наукових проектів за підтримки Національного антарктичного наукового центру (НАНЦ) МОН України [3, 5, 6].

Загальний алгоритм застосування ГІС для моделювання рельєфу акваторій за даними зйомок, апробований для 3 полігонів, базується на наступній послідовності робіт:

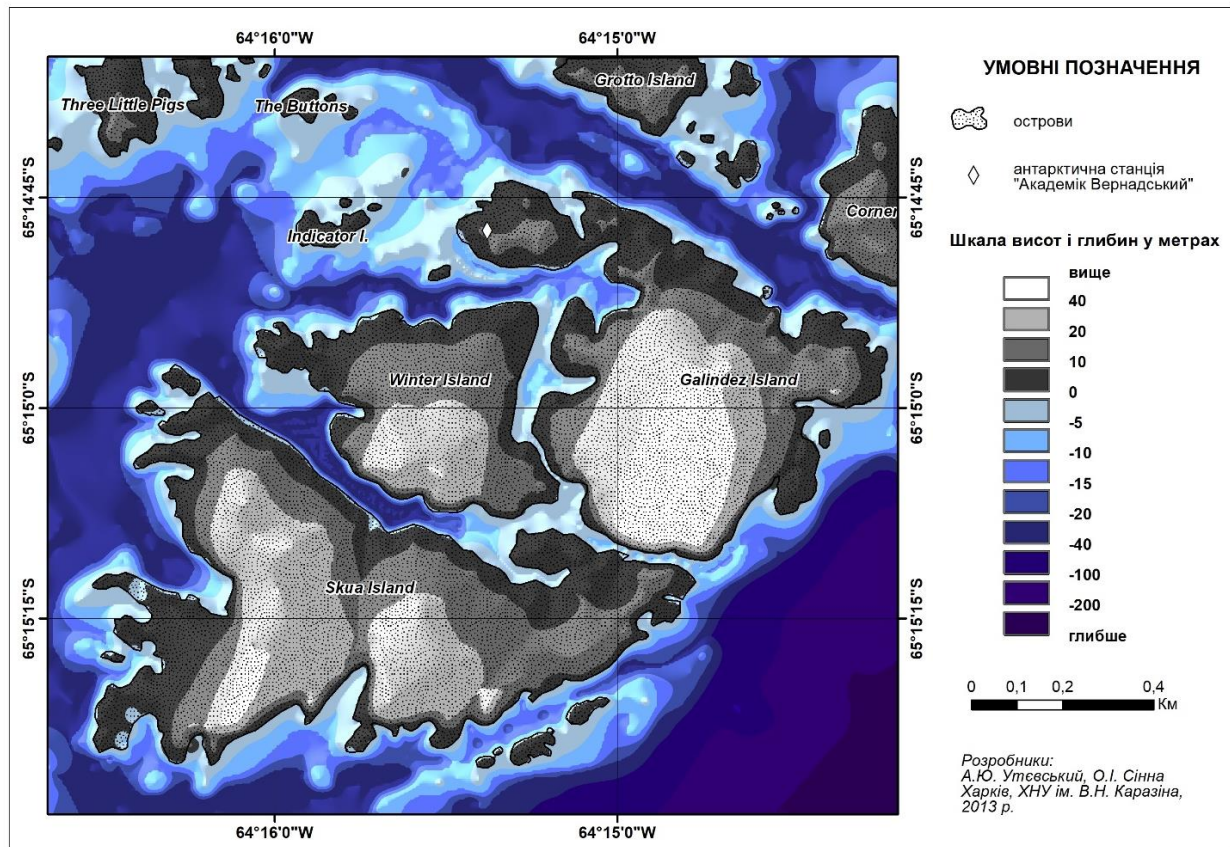


Рис. 2 – Оглядова карта району досліджень, укладена на основі ЦМР

1) отримані дані треку зйомки ехолотом відкривалися й переглядалися у програмі DrDepth, з візуалізацією первинних точок глибин за лінією зйомки (рис. 3) та моделей рельєфу засобами цієї програми (рис. 4). Перегляд даних ще під час експедиційних досліджень в окремих випадках дозволяв виявити похибки вимірювань, що сталися з технічних, погодних чи інших причин під час зйомки, та, за наявності можливостей, додатково повторити зйомку окремих ділянок акваторій або врахувати ці помилки при подальшій камеральній обробці результатів. Основними перевагами використання програми DrDepth є простота роботи, швидкість перегляду первинних матеріалів, а також – можливість конвертації вихідних даних у форматі зйомки ехолотом – в формат *.csv, який надалі можна використовувати у більшості сучасних ГІС.

2) Дані зйомки рельєфу в форматі *.csv були завантажені в ArcGIS, збережені для подальшої роботи як геоінформаційні шари (*.shp). За необхідності та за наявними даними щодо умов зйомки під час експедиційних досліджень, дані було відряджено із фільтрацією похибкових значень

замірів. До робочого ГІС-проекту долучено базові шари меж та наземного рельєфу островів, надані НАНЦ, а також дані вивчення бентосних угруповань.

3) На основі атрибутивних даних в точках зйомки щодо зафіксованих ехолотом глибин, у середовищі ArcMap із застосуванням інструменту TopoToRaster додатку ArcGIS Spatial Analyst, були побудовані детальні цифрові моделі рельєфу дна акваторій та відповідні батиметричні карти (Рис. 5).

4) За допомогою додатку ArcGIS – ArcScene, здійснена тривимірна візуалізація цифрових моделей рельєфу досліджуваних акваторій. Зміна візуалізаційних характеристик моделей у тривимірному середовищі в окремих випадках дозволила більш наочно виявити існуючі особливості підводного рельєфу (Рис. 6).

Серед загальних геоморфологічних рис досліджуваних акваторій слід відзначити наявність окремих уступів на певних глибинах, що стають місцем накопичення уламкового матеріалу; на окремих ділянках мають місце сліди зіткнення з айсбергами та гроулерами, але різної величини в протоках (адже міжострівні протоки Stella Creek та

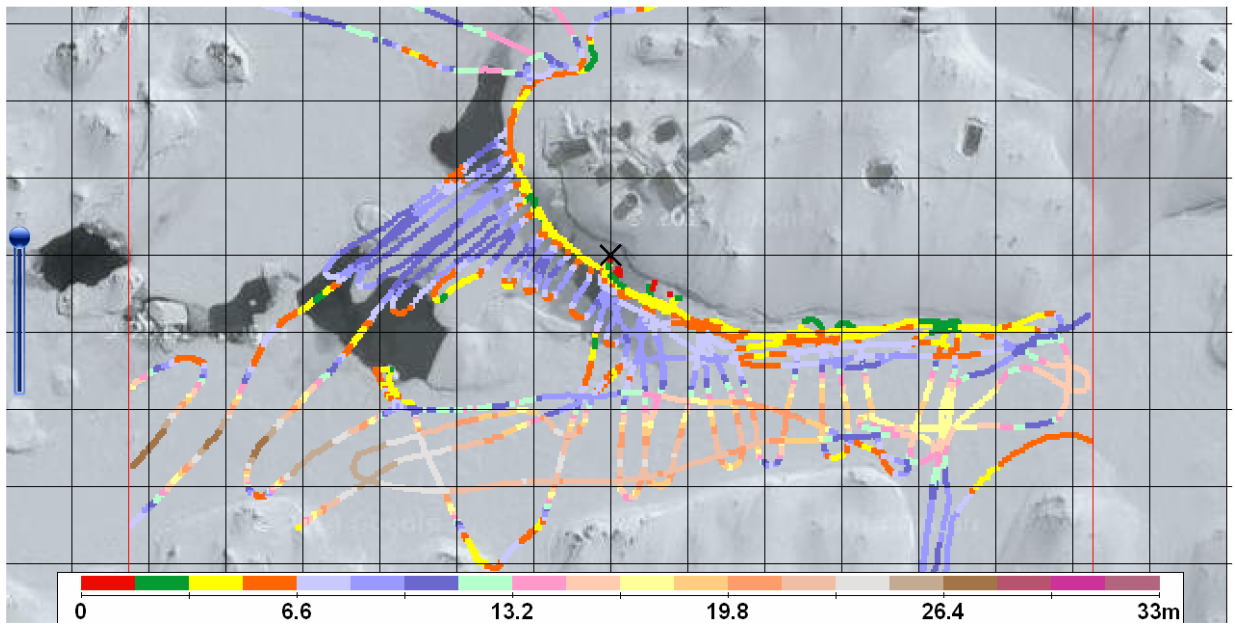


Рис. 3 – Попередня візуалізація результатів акустичної зйомки акваторії вздовж мису Marina Point у вигляді точок глибин засобами Dr.Depth [6]

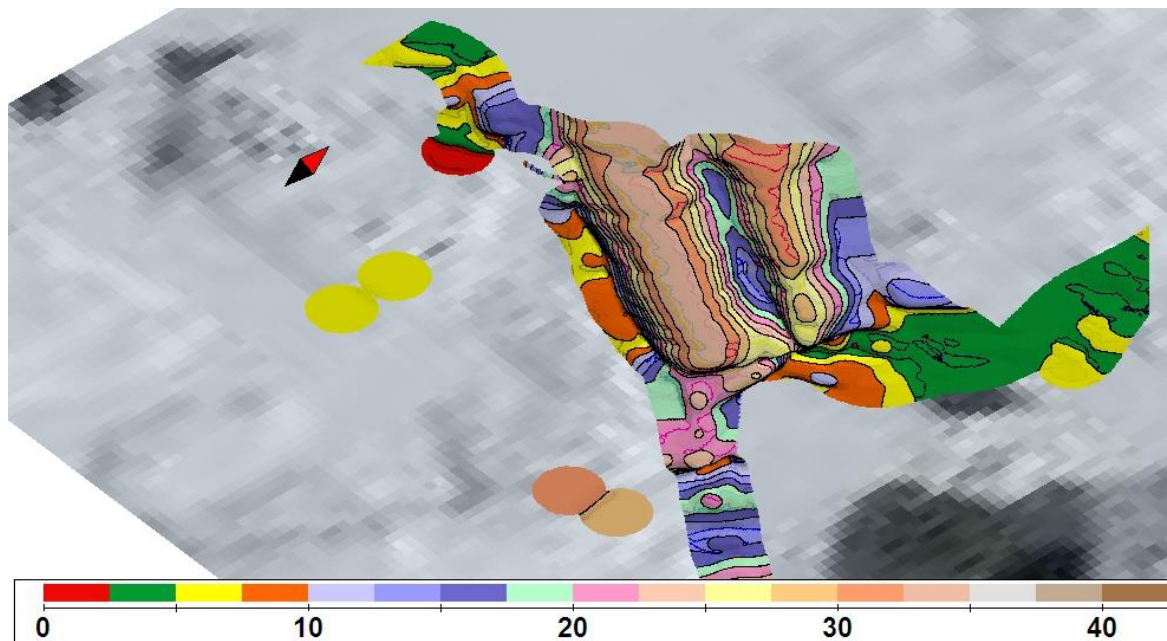


Рис. 4 – Попередня візуалізація результатів акустичної зйомки протоки Meek Channel (між Grotto I. та Galindez I.) у вигляді моделі рельєфу засобами Dr.Depth [6]

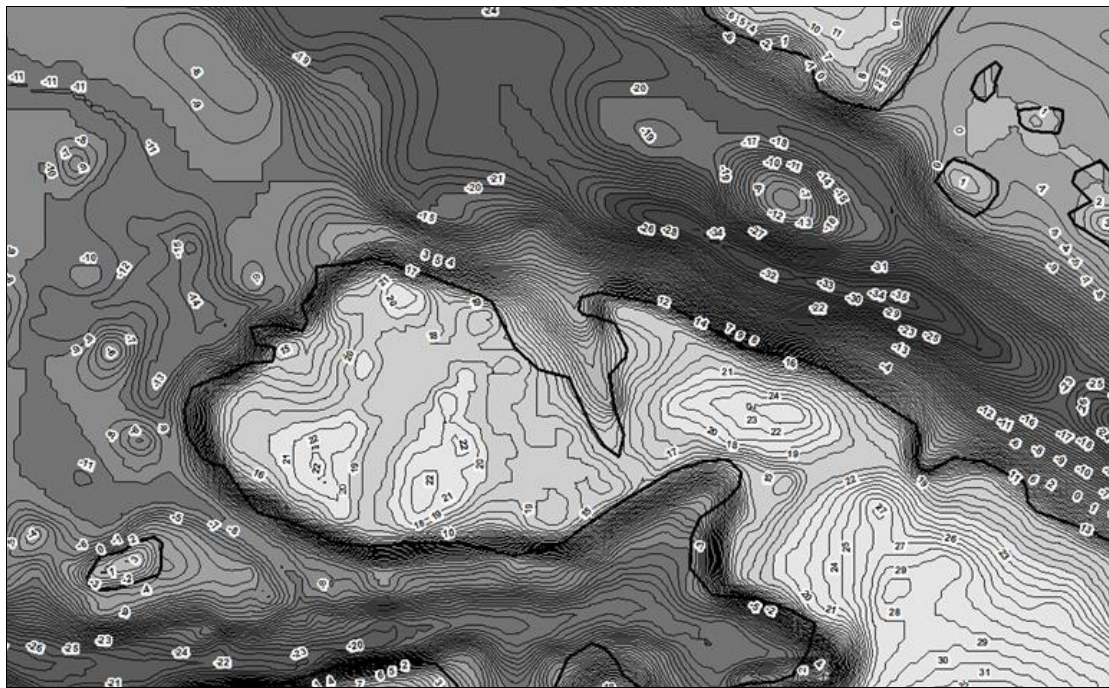


Рис. 5 – Фрагмент батиметричної карти
(для наземного рельєфу використані дані, надані НАНЦ) [6]

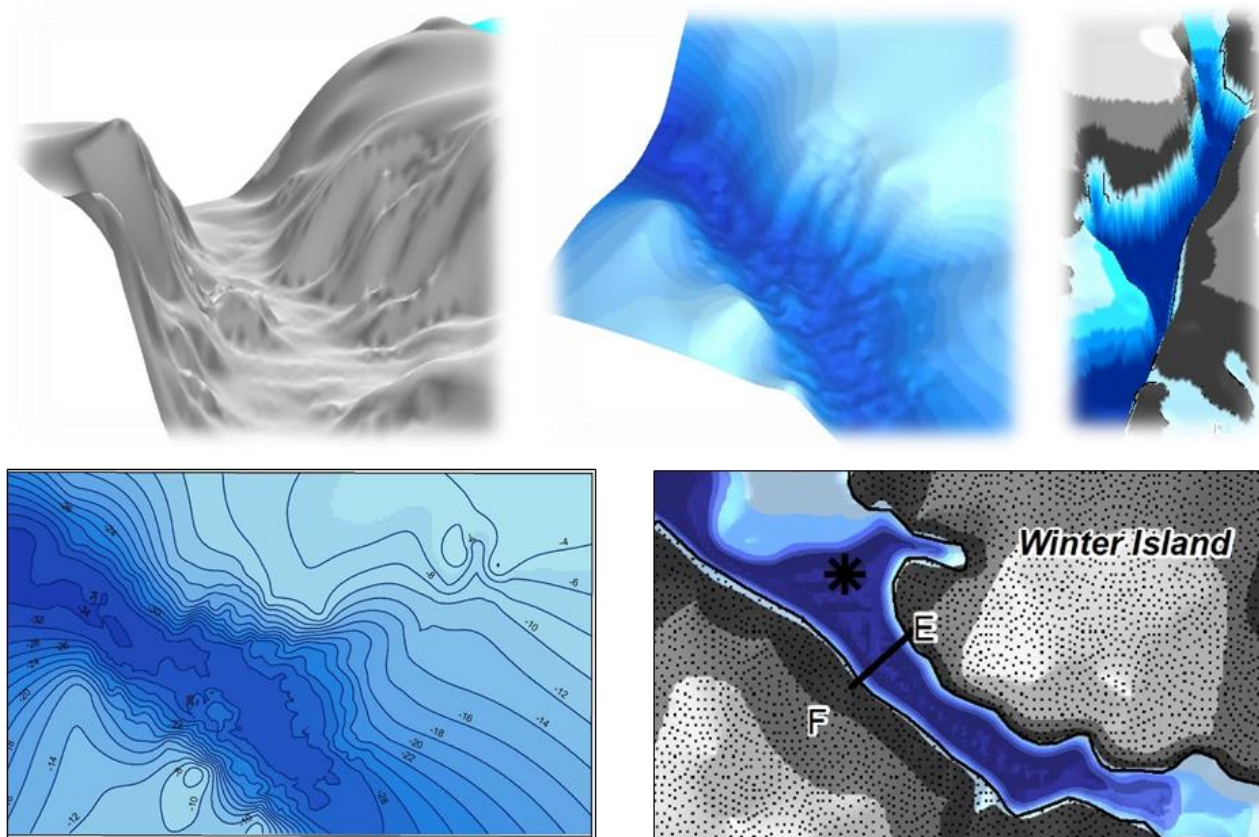


Рис. 6 – Приклади візуалізації даних у 2D- і 3D-форматі для протоки Skua Creek (порівняння моделей, отриманих за даними акустичної зйомки, та первинної оглядової моделі рельєфу)

Skua Creek не досягають глибин більше 40 м, відповідно й льодові форми, що заходять сюди, є значно меншими, ніж ті, що зустрічаються у місці виходу протоки Meek Channel у протоку Penola Strait, де береговий схил різко уходить вглиб на 200 метрів і глибше).

Висновки і перспективи досліджень. У процесі виконання даного дослідження автори публікації зустрілися з кількома проблемними питаннями, які залишаються невіршеними та визначають напрями для подальшої роботи. По-перше, акустична зйомка акваторій у районі української антарктичної станції «Академік Вернадський» вже здійснювалася наприкінці 1990-х – на початку 2000-х років [1]. У зв'язку з цим, існує ідея порівняння цих даних з більш актуальними даними, отриманими в 2014-2016 р.р. – для аналізу динаміки та розвитку рельєфу на досліджуваних ділянках акваторій, звичайно, якщо такі зміни будуть виявлені на результуючих моделях, побудованих на основі даних акустичних зйомок.

Другий аспект, який неодноразово поставав у проблематиці організації українських антарктичних досліджень [10] та виявився актуальним у нашій роботі – це

необхідність об'єднання існуючих даних і матеріалів досліджень і забезпечення доступу до них вчених із різних організацій, які працюють над близькою тематикою. Одним із засобів досягнення цього в області використання первинних геоданих і похідних ГІС-моделей є подальший розвиток створеного цього року геопорталу Національного антарктичного наукового центру МОН України [9], на якому найближчим часом планується розмістити цифрові моделі рельєфу акваторій у районі о. Галіндез, зробивши їх загальнодоступними для використання фахівцями.

Продовження розвитку комплексних досліджень акваторій району Української антарктичної станції пов'язане із виявленням закономірностей розвитку бентосних угруповань [7] у залежності від існуючих геоморфологічних особливостей, подальшим долученням до аналізу даних вимірювань показників температури та солоності вод у межах досліджуваних проток, вивченням та картографуванням структури підводних ландшафтів, а також аналізом геохімічних процесів і взаємозв'язків між суходолом та водним середовищем.

Публікація містить результати досліджень, проведених за грантом Президента України за конкурсним проектом № Ф70/137-2017 Державного фонду фундаментальних досліджень. Автори висловлюють подяку Національному антарктичному науковому центру МОН України, ТОВ «Esri Ukraine», ТОВ «ECOMM Co» за підтримку досліджень.

Список літератури

1. Карта рельефа дна мелководной зоны архипелага Аргентинских островов в районе украинской антарктической станции Академик Вернадский / П. Ф. Гожик, Р. Х. Греку, В.П. Усенко та ін.] // Геол. журнал. – 2002. – № 1. – С. 128–131.
2. *Ляшенко Д. О.* Українські антарктичні дослідження. Антарктичний півострів [карта] / Д. О. Ляшенко, А. П. Федчук // Національний атлас України. – К.: ДНВП «Картографія», 2007. – 33 с.
3. Оцінка стану морських охоронних районів «Stella Creek» і «Skua Creek». Закладання нових морських охоронних районів: звіт про НДР (закл.) / ХНУ ім. В. Н. Каразіна; керівн. А. Ю. Утевський; викон.: О. І. Сінна [та ін.]. – Харків, 2014. – 36 с.
4. *Сінна О.І.* Цифрове моделювання рельєфу дна акваторій у районі української антарктичної станції «Академік Вернадський» / О.І. Сінна, А.Ю. Утевський, В.С. Попов // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. – 2015. – Вип. 21. – С. 31-35.
5. Створення біогеографічного полігону Penguin Point: модельний профіль та його характеристика: звіт про НДР (закл.) / ХНУ ім. В. Н. Каразіна; керівн. А. Ю. Утевський; викон.: О. І. Сінна [та ін.]. – Харків, 2015. – 40 с.
6. Тривимірна модель о. Галіндез: біорізноманіття та середовище: звіт про НДР (закл.) / ХНУ ім. В.Н. Каразіна; керівн. А. Ю. Утевський; викон.: О. І. Сінна [та ін.]. – Харків, 2016. – 72 с.
7. Моделирование наземных и подводных биотопов о. Галиндез (Аргентинские острова, Западная Антарктика) с использованием геоинформационных систем / А.Ю. Утевский, Е.И. Сенная, А.Е. Березкина, В.С. Попов // Український антарктичний журнал. – 2016. – №15. – С. 96-105.
8. *Федчук А.П.* Стан картографічного забезпечення Антарктики / А.П. Федчук // Часопис картографії. – 2013. – Вип. 6. – С. 84-93.
9. Створення геопорталу автоматизованої системи Національного центру антарктичних даних (АС НЦАД) на основі хмарної технології ArcGIS Online / Філософ Р. С., Норчевський Р. В., Солом'янчук Л. Ю. та ін. // VIII Міжнародна Антарктична Конференція, присвячена 25-річчю приєднання України до Договору про Антарктику: тези. – К., 2017. – С.190-191.
10. *Юшко Н.А.* Підхід до збереження даних досліджень Національного антарктичного центру / Н. А. Юшко, Р.Л. Новогрудська, Л.С. Глоба // там же. – С. 196.
11. *Craig R. Smith et all* (2006) A synthesis of benthopelagic coupling on the

Antarctic shelf: Food banks, ecosystem inertia and global climate change//Deep-Sea Research II 53, 875–894 p. **12. Murphy E.J. et al** (2012) Developing integrated models of Southern Ocean food webs: Including ecological complexity, accounting for uncertainty and the importance of scale// Progress in Oceanography 102, 74–92 p. **13. Musard O. et al** (2014) Underwater Seascapes: From Geographical to Ecological Perspectives // Springer, 293 p. **14. Kaiser St. et al** (2011) Is there a distinct continental slope fauna in the Antarctic?// Deep-Sea Research II 58, 91–104 p. **15. Utevsky A.Yu.** Development of the Marine Protected Area Network in the Argentine Islands area (Akademik Vernadsky Station, Ukraine) / A.Yu. Utevsky, M.Yu. Kolesnykova, D.V. Shmyrov, O.I. Sinna // Ukrainian Antarctic journal. – No.13, 2014. – P. 225-230.

Сінна О.І., Утевський А.Ю., Островерх Є.А., Попов В.С., Шрестха М.Ю. **Геоінформаційне моделювання рельєфу дна акваторій у районі о. Галіндез (Аргентинські острови, Західна Антарктика).** Представлено методичні підходи до обробки та ГІС-аналізу даних зйомки акваторій у районі о. Галіндез (Аргентинські острови, Західна Антарктика), на якому знаходиться Українська антарктична станція «Академік Вернадський». Акустична зйомка проток Stella Creek, Skua Creek, Meek Channel (частково з виходом у протоку Penola Strait) приладом ехолот-картплотер Lowrance HDS7 (Echosounder+GPS) виконувалася в рамках експедиційних досліджень українських вчених у 2014-2016 р.р. На камеральному етапі досліджень, на основі даних ехолотної зйомки, засобами програмних комплексів DrDepth та ArcGIS здійснене геоінформаційне моделювання рельєфу дна акваторій, побудовано цифрові моделі рельєфу (ЦМР) та батиметричні карти. Додатково виконана тривимірна візуалізація ЦМР. Розглянуті перспективи використання результатів досліджень для подальшого аналізу геоморфологічних особливостей морського дна та структури підводних ландшафтів.

Ключові слова: цифрове моделювання рельєфу, геоінформаційні системи (ГІС), рельєф акваторій, підводні ландшафти, ехолотна зйомка, антарктичні дослідження.

Sinna O.I., Utevsky A.Yu., Ostroverkh Ye.A., Popov V.S., Shrestha M.Yu. **Geoinformation modeling of seabed relief around Galindez Island (the Argentine Islands, Western Antarctic).** The article represents methodical approaches to processing and GIS-analysis of survey data of the water areas around Galindez Island (the Argentine Islands, Western Antarctic), where the Vernadsky Research Base is located. The acoustic survey of straits Stella Creek, Skua Creek and Meek Channel (partly with access to the Penola Strait) by the Lowrance HDS7 (Echosounder + GPS) chartplotter was performed as part of the expedition research of Ukrainian scientists in 2014-2016. Geoinformation modeling of seabed relief was done at the cameral stage of the studies on the basis of the echosounder survey data using the tools of the DrDepth and ArcGIS software complexes. Also, digital elevation models (DEM) and bathymetric maps were constructed at the cameral stage. In addition, 3D visualization of DEM was performed and an analysis of individual morphometric parameters was carried out. The basic layers of the boundaries and land relief of the islands were added to the working GIS project, as well as the study data of benthic groups. The study of these groups was conducted at different depths (up to a maximum of 60 meters) along transects laid down in key sectors of the investigated water areas. At the same time, photo and video filming of biocenoses was carried out. The characteristics of the underlying substrate were recorded in some places. This allows us to attract these data for a more meaningful analysis of geomorphological processes in the future. In general, the relief of the investigated straits has its own features. In particular, these are separated ledges at certain depths, which become place of accumulation of detrital material, and longitudinal furrows having a sharp slope. Also, there are traces of a collision with icebergs and growlers of different sizes in the straits (in fact the inter-island straits Stella Creek and Skua Creek do not reach depths of more than 40 meters, so the ice forms that come in here are much smaller than those found at the outlet of the Meek Channel in the Penola Strait, where the coastal slope sharply goes deeper by 200 meters and even deeper). The perspectives of using research results for further analysis of the geomorphological features of the seabed and the structure of underwater landscapes are considered.

Keywords: digital terrain modeling, geoinformation systems (GIS), seabed relief, underwater landscapes, echosounder survey, Antarctic studies.

Сенная Е. И., Утевский А. Ю., Островерх Е. А., Попов В. С., Шрестха М. Ю. **Геоинформационное моделирование рельефа дна акваторий в районе о. Галиндез (Аргентинские острова, Западная Антарктика).** Представлены методические подходы по обработке и ГИС-анализу данных съёмки акваторий в районе о. Галиндез (Аргентинские острова, Западная Антарктика), на котором находится Украинская антарктическая станция «Академик Вернадский». Акустическая съёмка проливов Stella Creek, Skua Creek, Meek Channel (частично с выходом в пролив Penola Strait) прибором эхолот-картплоттер Lowrance HDS7 (Echosounder+GPS) выполнялась в рамках экспедиционных исследований украинских учёных в 2014-2016 г.г. На камеральном этапе исследований, на основе данных эхолотной съёмки, средствами программных комплексов DrDepth и ArcGIS выполнено геоинформационное моделирование рельефа дна акваторий, построены цифровые модели рельефа (ЦМР) и батиметрические карты. Дополнительно выполнена трёхмерная визуализация ЦМР. Представлены перспективы использования результатов исследований для

дальшого аналізу геоморфологічних особливостей морського дна і структури підводних ландшафтів.

Ключеві слова: цифрове моделювання рельєфу, геоінформаційні системи (ГІС), рельєф акваторій, підводні ландшафти, ехолотна зйомка, антарктичні дослідження.

Надійшла до редколегії 08.09.2017

УДК 528.94:528.481

Молочко А.М., Молочко М.А.

*Київський національний університет
імені Тараса Шевченка*

ГЕОДИНАМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Ключові слова: геодинамічні дослідження, геодезичні спостереження, картографічне моделювання, перезволоження, випинання (випір, впливання, пучення), нівелювання високоточне, гідростатичне

Геодезичні спостереження й дослідження для виявлення й усунення причин деформацій інженерно-технічних споруд зазвичай здійснювались конкретнонауковими методами [1, 2, 5], але їх бажано проводити комплексно, з широким залученням методів споріднених галузей знань, які сьогодні в освітній сфері зведені до таких угруповань, як «Географія», «Науки про Землю», «Архітектура та будівництво». Фахівців з цих напрямів професійного спрямування готують на географічному факультеті Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Їм важливо переймати досвід проведення геодинамічних досліджень і впроваджувати його у практику майбутніх вишукувань.

Актуальність. Для посилення аргументації і доведення доцільності комплексної організації досліджень геодинамічних процесів проведено ретроспективний аналіз матеріалів деяких високоточних геодезичних спостережень попередніх років, виконаних за дорученням адміністрації університету науковцями кафедри геодезії та картографії. Ці роботи здійснювались безпосередньо на дослідницьких ділянках деяких університетських споруд, що через незадовільну експлуатацію зазнали суттєвих деформацій унаслідок розвитку геодинамічних процесів на території Київського плато (район Виставкового центру України, де знаходиться студмістечко університету).

Мета дослідження. Здійснити аналіз раніше проведених геодинамічних досліджень з метою розробки принципів організації методики картографічного моделювання процесів та явищ будь-якого походження із застосуванням новітніх геоінформаційних технологій і впровадження їх у навчальний процес [4], особливо

зважаючи на потребу нагального вирішення надзвичайних ситуацій, що виникають.

Виклад основного матеріалу. 1. Розглянуто випадок виявлення й усунення причин, пов'язаних з раптовим виникненням тріщини розкриття, шириною близько 15 см. у верхній частині корпусу фізичного факультету зі сторони конструктивно нависаючої у протилежний бік великої фізичної аудиторії, збудованої у вигляді амфітеатру, що з торця примикає до шестиповерхової (враховуючи поверх технічної надбудови) основної споруди (Рис. 1). Загрозливою ситуація виявилася восени, з настанням дощової погоди і могла супроводжуватись серйозним руйнуванням будівлі в період початку занять в університеті. Крім співробітників МНС і експертів-будівельників до розв'язання проблеми безпеки життєдіяльності студентів та викладачів в цій ситуації, як вже згадувалось, були залучені науковці з числа професорсько-викладацького складу кафедри геодезії та картографії. Треба надати їм належне – вони залучили до неї як консультантів окремих фахівців-геологів та геоморфологів. Закладаючи пункт спостережень для проведення високоточного нівелювання у вигляді тимчасового ґрунтового репера, трубою понад 2 метри користувались як «желонкою», що дозволяла відстежувати гранулометричний склад товщі відкладів, з яких складався будівельний майданчик споруди, яка знаходилась у аварійному стані. За результатами аналізів геоморфологів, вона виявилася складеною лімнологічними, піщано-глинистими відкладами, представленими прошарками різнозернистого піску та строкатих глин неоген-четвертинного віку, що є надзвичайно водотривкими і, у випадку відсутності