

УДК 550.834; 550.34.06

DOI: <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.322506>

Прояви регіональних розломів на острові Зміїний

Д.М. Гринь, А.С. Чулков, 2025

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна

У результаті проведення інженерно-геофізичних вишукувань на обраних ділянках острова Зміїний було виявлено нові розломи та підтверджено розташування деяких відомих розломів. На острові проводилися сейсмічні дослідження з вивчення будовиосадового чохла, зони вивітрювання та цілісності корінних порід. Під час ін-

Citation: Gryn, D.M., & Chulkov, A.S. (2025). Manifestations of regional faults on Zmiiny island. *Geofizychnyi Zhurnal*, 47(2), 199—204. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.322506>.

Publisher S. Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine, 2025. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

ISSN 0203-3100. *Geophysical Journal*. 2025. Vol. 47. № 2

терпетації отриманих на острові сейсмічних даних було детально вивчено будову деяких розломів, повністю накритих осадовим чохлам. Визначено ступінь розкриття розломів (ширина) та їх внутрішнє заповнення. Ортогональна схема розташування сейсмічних профілів дала змогу встановити азимут простягання виявлених розломів, що проходять через увесь острів. Виявлено збіг азимутів тектонічних розломів, розташованих в акваторії Чорного моря, та азимутів розломів, виявлених на острові. З цього можна зробити висновок, що острів, який є вершиною складки, знаходився під впливом тектонічних рухів, які сформували розломи: Голіцинський, Істрійський та Тротус.

Ключові слова: тектонічні розломи, інженерна геофізика, профіль, сейсмічна хвиля, геологічний розріз.

Вступ. Мета вишукувальних робіт на о. Зміїний — вивчити за допомогою інженерної сейсміки геологічну будову території, відібрану державним підприємством «Морська пошуково-рятувальна служба» (м. Одеса). Зокрема, визначити товщину осадових і перехідних порід (вивітрених), глибину залягання корінних порід, встановити наявність глибинних розломів і тріщин та оцінити можливості будівництва на обстеженій території певних об'єктів.

Для реалізації поставленого завдання на о. Зміїний було доставлено сейсмічне обладнання Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. Для сейсмічного профілювання використовувалися два типи сейсмостанцій: однокомпонентні американські сейсмостанції Texan-125A (Reftek) і створені в Інституті геофізики НАН України трикомпонентні сейсмостанції SV. До

однієї половини однокомпонентних станцій були під'єднані сейсмічні датчики для реєстрації горизонтальних, до іншої — для реєстрації вертикальних рухів поверхні ґрунту.

Для вивчення геологічної будови та визначення ефективних значень швидкостей поширення сейсмічних хвиль у верхній частині розрізу були виконані польові вишукування з використанням методу заломлених хвиль (МЗХ) і відбитих хвиль (МВХ) згідно з [ДБН А.2.1-1-2014, 2014]. Сейсмічні датчики розставлялись уздовж профілів завдовжки 51 м. Глибина дослідження при ідеальних умовах становила 30 м. Відстань між сейсмостанціями 1 м. Генерування хвиль здійснювалося ударом 10-кілограмової кувалди по металевій плиті, яка знаходилася на поверхні землі під кутом 45° до горизонтальної осі профілю

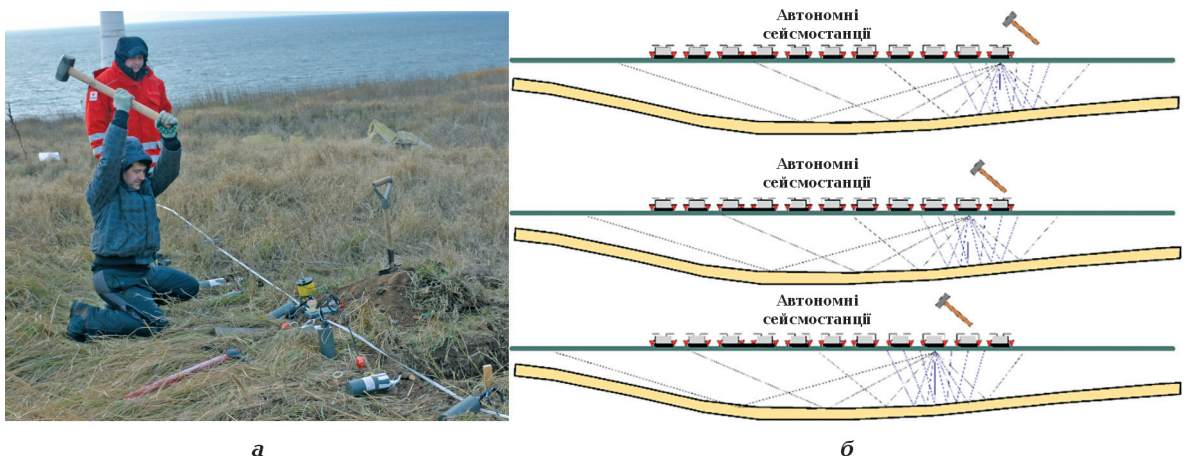


Рис. 1. Проведення вишукувальних інженерно-геофізичних робіт: а — генерування сейсмічних хвиль, б — схема отримання сейсмічних даних.

Fig. 1. Exploration engineering and geophysical works: а — generation of seismic waves, б — scheme for obtaining seismic data.

(рис. 1). У такий спосіб відбувалося одночасне збудження поперечних і поздовжніх хвиль. Для зменшення впливу випадкових хвиль-завад проводилося 10-кратне накопичення сейсмічних даних на кожному пункті збудження сейсмічних хвиль.

Для встановлення будови середовища використано ортогональну (хрестоподібну) схему розташування пошукових профілів, яка за мінімальних витрат часу дає змогу отримати максимальну просторову інформацію про геологічну будову.

Збудження сейсмічних хвиль відбувалося біля кожної точки спостереження. Всього на кожному профілі було по 51 точці спостереження, де знаходилась пара сейсмостанцій — Texan-125A (Reftek) і SV. Сейсмостанції SV використовувалися для отримання трикомпонентних високочастотних записів сейсмічного поля, які забезпечують підвищену роздільну здатність сейсмічних методів, оскільки ці сейсмостанції оцифровують аналоговий сигнал з дискретністю 2000 Гц [Гринь та ін., 2019; Гринь, Вербицький, 2019]. Високочастотні записи дають змогу виявляти сигнали, характерні для тонкошаруватих і тріщинуватих консолидованих порід, з яких складаються скельні породи о. Зміїний.

Результати досліджень. Незначна тов-

щина осадового чохла і наявність щільних порід робить сейсмічні записи високочастотними з високою роздільною здатністю та можливістю виявляти тріщини або розломи. У сейсмічних даних спостерігається явище, характерне для сейсмограм з островів — аномально високий рівень низькочастотних гармонік (1—7 Гц), які створюють морські хвилі та вітер.

Швидкість поширення сейсмічних хвиль V_P осадового чохла на ділянці спостереження є непостійною і змінюється як за глибиною, так і у просторі. Середні значення швидкості (260—345 м/с) свідчать про однорідність і присутність невеликої кількості уламків щільних порід. Максимальна товщина осадових порід становить 2 м. Збільшення швидкості з глибиною відбувається стрибкоподібно (з великим градієнтом швидкості), що вказує на незначну зону вивітрювання у корінних порід. Значення швидкості у корінних породах на профілі є також непостійними і коливаються у межах 2500 м/с.

Аналізуючи хвильове поле твердих порід флішеподібної товщі, можна зробити висновок про його блокову структуру через присутність різних за розміром тектонічних тріщин, сформованих під час складкоутворення. За сейсмічними даними

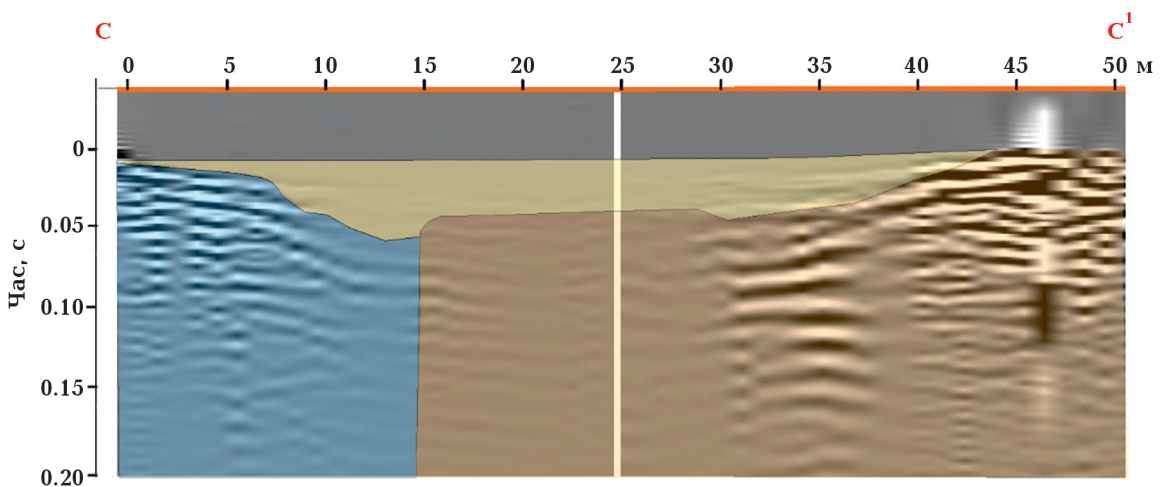


Рис. 2. Приклад сейсмічного розрізу ортогональної групи профілів. Жовтим кольором позначено осадові породи (низькошвидкісні), коричневим і блакитним — конгломерато-брекчієву та пісковиково-конгломератову товщі.

Fig. 2. Example of a seismic section of an orthogonal group of profiles. Sedimentary rocks (low-velocity) are marked in yellow, conglomerate-breccia and sandstone-conglomerate strata are marked in brown and blue.

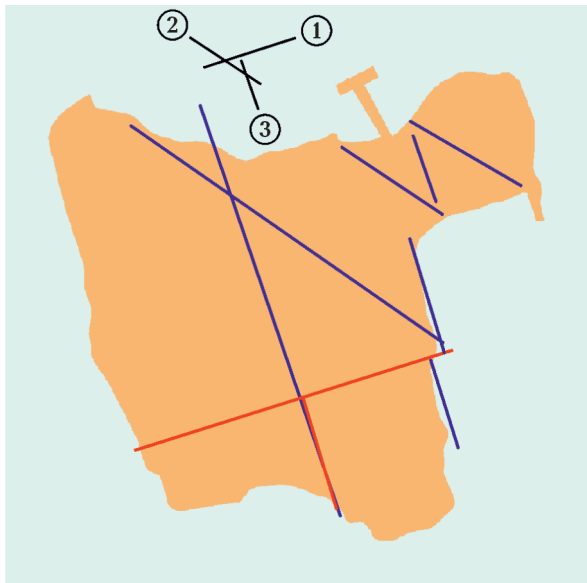


Рис. 3. Зображення розломів, виділених на території о. Зміїний: сині лінії — розломи з карти Г.Г. Ткаченка, накладені на сучасну топографічну основу острова, червоні — розломи, виявлені під час інженерно-геофізичних вишукувань, чорні — азимутні розломи акваторії Чорного моря; 1—3 — напрямки пролягання розломів (1 — Голіцинського, спорідненого з Головним Азовським розломом, 2 — Тротус, 3 — Істрійського).

Fig. 3. The faults on Zmiinyi Island: blue lines — faults from the map of G.G. Tkachenko superimposed on the current topographical base of the island, the red lines are faults revealed during engineering and geophysical excavations, black lines — azimuths of faults in the Black Sea; 1—3 — directions of the faults (1 — Golitsynskyi Fault, which is connected with the Golovnyi Azovskiyi Fault, 2 — Trotus, 3 — Istriani).

(рис. 2) виділяються блоки розміром від 2 до 5 м завдовжки (у горизонтальному напрямку) з невеликим нахилом. Тріщини місцевого походження мають розміри від сантиметрів до десятків сантиметрів. На сейсмограмах ознаки розломів і тріщин присутні переважно як зникання та поява нових фаз сейсмічної хвилі. Наявні розломи збігаються з вертикальним напрямком простягання блокової структури корінних порід, що свідчить про їх певну участь у тектонічному формуванні острова як частини складчастої зони.

У результаті проведених вишукувальних робіт методами МЗХ і МВХ на о. Зміїний було виявлено два розломи, азимутні розповсюдження яких збігаються з відо-

мими розломами — Голіцинським (який за напрямком збігається з Головними Азовським розломом) та Істрійським розломами.

Головний Азовський розлом в Азовському морі виділяється у швидкісній моделі 12-кілометровим неузгодженим за швидкостями контактом південної частини Азовського масиву та Скіфської плити [Starostenko et al., 2015]. На відстані 600 км, на о. Зміїний, зафіксовано розломну зону завширшки близько 10 м, яку можна віднести до південно-західного початку регіонального Голіцинського розлому, що узгоджується з теоретичними уявленнями, висвітленими в публікаціях [Фарфуляк, 2015; Starostenko et al., 2015]. Азимут зафіксованого сейсмічними методами розлому на острові збігається з високою точністю з азимутом Головного Азовського розлому, що може свідчити про їхнє спільне положення (рис. 3).

Виявлений методами інженерної геофізики розлом із південно-східним азимутом є розломом, закартованим у 1969 р. Г.Г. Ткаченком за результатами візуального огляду берегової лінії острова [Ткаченко, 1969]. Визначивши кут невідповідності нахилу схеми острова Г.Г. Ткаченка із сучасною топографічною основою острова, вдалось визначити істинні азимуті інших розломів, які були ним закартовані у 70-х роках минулого століття, і таким чином залучити їх до аналізу розломно-блокової будови о. Зміїний.

Виявлені на о. Зміїний розломи тісно пов'язані з розломами, які знаходяться в морській частині Скіфської плити. Зокрема, на формування острова, як тектонічної складки, вплинули Головний Азовський розлом, Істрійський розлом і Тротус. Ці розломні структури та загальна геологічна будова острова по лінії вишукувальних профілів є важливою складовою для фундаментальних і прикладних задач, зокрема будівництва різних споруд на острові та врахування їхнього впливу на сейсмічність острова.

Висновки. Під час проведення інженерно-геофізичних вишукувань на о. Зміїний було виявлено приповерхневі розло-

ми, які пов'язані з основними розломами Чорноморського регіону. Ймовірно, на о. Зміїному починається Голіцинський розлом, уздовж якого розташовані найбільші відкриті родовища української частини

Чорного моря. Проведена робота показує важливість подальшого вивчення геологічної будови острова як об'єкта, який пояснює геодинаміку формування прилеглих до нього територій.

Список літератури

- Гринь Д.М., Вербицький С.Т. Автономні цифрові сейсмічні станції SV. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 4. С. 125—144. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i4.2019.177376>.
- Гринь Д.М., Вербицький С.Т., Дмитренко О.В. Адаптивний сейсмічний комплекс для інженерної геофізики. *Геоінформатика*. 2019. № 4(72). С. 65—73.
- ДБН А.2.1-1-2014 «Інженерні вишукування для будівництва». Додаток К в частині інженерно-геологічних та геотехнічних вишукувань, для уточнення будови геологічного розрізу, С. 92—93.
- Ткаченко Г.Г. Геология острова Змеиногo (Черное море). *Геология побережья и гна Черного и Азовского морей в пределах УССР*. 1969. Вып. 3. С. 3—19.
- Фарфуляк Л.В. Природа наклонной сейсмической границы в земной коре Скифской микроплиты вдоль профиля DOBRE-5. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 6. С. 23—39. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i6.2015.111172>.
- Starostenko, V., Janik, T., Yegorova, T., Farfuliak, L., Czuba, W., Środa, P., Thybo, H., Artemieva, I., Sosson, M., Volfman, Y., Kolomiyets, K., Lysynchuk, D., Omelchenko, V., Gryn, D., Guterch, A., Komminaho, K., Legostaeva, O., Tiira, T., & Tolkunov, A. (2015). Seismic model of the crust and upper mantle in Scythian Platform: the DOBRE-5 profile across the northwestern Black Sea and the Crimean Peninsula. *Geophysical Journal International*, 201, 406—428. <https://doi.org/10.1093/gji/ggv018>.

Manifestations of regional faults on Zmiiny island

D.M. Gryn, A.S. Chulkov, 2025

S. Subbotin Institute of Geophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

As a result of engineering and geophysical surveys on selected areas of Zmiiny Island, new and confirmed locations of some known faults were discovered. Seismic studies were conducted on the island to study the structure of the sedimentary cover, the weathering zone, and the integrity of the bedrock. During the interpretation of seismic data obtained on the island, the structure of some faults completely covered by the sedimentary cover was studied in detail. The degree of opening of the faults (width) and their internal filling were determined. The orthogonal scheme of the location of seismic profiles allowed us to establish the azimuths of the strike of the detected faults that pass through the entire island. The azimuths of tectonic faults in the Black Sea coincided with those on the island. Thus, the island, which is at the top of the fold, was under the influence of tectonic movements that formed the Golitsynskyi, Istrian, and Trotus Faults.

Key words: tectonic faults, engineering geophysics, profile, seismic wave, geological section.

References

- Gryn, D.M., & Verbytsky, S.T. (2019). Autonomous digital seismic stations SVD. *Geofizicheskyy Zhurnal*, 41(4), 125—144. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i4.2019.177376> (in Ukrainian).
- Gryn, D.M., Verbytsky, S.T., & Dmytrenko, O.V. (2019). Adaptive seismic complex for engineering geophysics. *Geoinformatics*, (4), 65—73 (in Ukrainian).
- SBS A.2.1-1-2014 «Engineering surveys for construction». (2014). Appendix K in the part of engineering-geological and geotechnical surveys, to clarify the structure of the geological section (pp. 92—93) (in Ukrainian).
- Tkachenko, G.G. (1969). Geology of Zmeinogo Island (Black Sea). *Geology of the coast and bottom of the Black and Azov Seas within the Ukrainian SSR*, (3), 3—19 (in Russian).
- Farfuliak, L.V. (2015). The nature of inclined seismic boundary in the Earth crust of the Scythian plate along the DOBRE-5 Profile. *Geofizicheskyy Zhurnal*, 37(6), 64—85. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i6.2015.111172> (in Russian).
- Starostenko, V., Janik, T., Yegorova, T., Farfuliak, L., Czuba, W., Środa, P., Thybo, H., Artemieva, I., Sosson, M., Volfman, Y., Kolomiyets, K., Lysynchuk, D., Omelchenko, V., Gryn, D., Guterch, A., Komminaho, K., Legostaeva, O., Tiira, T., & Tolkunov, A. (2015). Seismic model of the crust and upper mantle in Scythian Platform: the DOBRE-5 profile across the north-western Black Sea and the Crimean Peninsula. *Geophysical Journal International*, 201, 406—428. <https://doi.org/10.1093/gji/ggv018>.