

## Стратегічна Концепція відновлення природних ресурсів Солотвина та запобігання подальшому забрудненню Верхньої Тиси

### Резюме

Проект РЕВІТАЛ 1 розпочався у 2019 році, однак у процесі реалізації виникли серйозні затримки через Covid-19 та війну Росії в Україні. Тому проект кілька разів пролонговували, а в контракт вносили зміни. Незважаючи на логістичні труднощі та проблеми безпеки, що перешкоджали ефективній та результативній діяльності, під час виконання роботи (зокрема, польових робіт) усі партнери проекту продемонстрували неймовірну жертовність та внутрішню мотивацію.

У процесі діяльності було зібрано різноманітні відомості (геологічна, гідрогеологічна якість та кількість води), на підставі яких було отримано точну інформацію про досліджувану територію та виявлено погіршення ситуації в Солотвині.

Ця Стратегічна Концепція проекту та документація щодо комплексної системи моніторингу слугує доброю й важливою основою для осіб, які приймають рішення на всіх рівнях. Робота проекту ґрунтується на результатах діяльності кількох місій, проведених раніше угорською владою, Європейською Командою захисту громадян та проектом Вдосконалення заходів зі зменшення ризиків стихійних лих у Закарпатській області (ImProDiReT).

Зібрана інформація також повинна стати основою для майбутніх розробок і дій (нові елементи вдосконаленої системи моніторингу, реабілітаційні заходи, нові інвестиційні можливості, боротьба зі стихійними лихами тощо), але їх необхідно планувати з урахуванням середньострокової та довгострокової перспектив, без шкоди навколишньому середовищу та враховуючи питання безпеки мешканців Солотвина. Завжди є прагнення відновити видобуток солі, але без спільних і скоординованих зусиль, досягнення позитивних результатів не передбачається.

Застосовані у ході реалізації проекту методи (геофізика, прикладні геологічні та гідрогеологічні методи, закріплення джерел забруднення, попередній моніторинг та числове моделювання) можуть бути використані у загальному управлінні водними ресурсами.

Метою реалізації проекту було **визначення трьох конкретних цілей**: 1) вивчити й оцінити поточний екологічний стан Солотвинського солерудника та його околиць за допомогою інноваційних технологій; 2) налагодити дослідницький моніторинг та розробити відповідну майбутню комплексну

систему моніторингу для відстеження поверхневих і приповерхневих вод, якісних та кількісних змін, а також руху ґрунту; 3) підвищувати обізнаність та пропагувати результати проєкту на різних рівнях. До складу консорціуму увійшли: Університет Мішкольца, Угорщина; Солотвинська селищна рада, Україна; Муніципалітет Сігету Мармаціей, Румунія; Технічний університет Кошиць, Словаччина; Інститут геологічних наук Національної академії наук України та головний партнер – ЄОТС ТИСА (Україна/Угорщина). Також було кілька цінних субпідрядників, які надавали свою підтримку в ході реалізації проєкту. Досягнуто певних результатів (враховуючи уже описані перешкоджаючі фактори), а місцеві та регіональні органи влади будуть надалі підтримувати реалізацію запропонованих дій. Очевидно, що досягти більших успіхів можна тільки спільними зусиллями місцевої та державної влади із залученням наукових інституцій.



Мапа досліджуваної території соляних куполів із озерами (прісними та солоними), струмками, дренажною системою (GeoGold Ltd.)

У результаті реалізації проєкту було створено численні карти, дані, звіти тощо, а Стратегічна Концепція містить найважливіші елементи роботи, виконаної всіма партнерами та субпідрядниками

проєкту.

Упродовж століть, внаслідок проведення розкопок соляних порід, зроблених спочатку на поверхні, а пізніше (у зв'язку з розвитком гірничої техніки та свердловинної техніки буріння) – на більшій глибині, захисні шари (палах) були частково зруйновані та зникли. Через це поверхня соляного купола стала відкритою, що спричинило її безпосередній контакт з вологою, яка є у повітрі, та опадами, а також ближчий контакт із протічною водою та поверхневими підземними водами, у результаті чого розпочалася карстифікація солі. Внаслідок розчинення солі, почали з'являтися воронки, котловини, кратери і, зрештою, руйнування шахт.

Проблеми у гірничодобувній діяльності в Солотвині в основному почалися у 60-х – 70-х роках. Кількість і швидкість шкідливих процесів також зросла внаслідок збільшення обсягу видобутку солі з 0,5 млн тон на рік до 1 млн тон на рік, а також через використання вибухових речовин у глибоких шахтах.

**Застосування вибухівки також збільшило кількість екологічних катастроф, причини яких можна розділити на три основні групи.**

1. Порушення природного водонепроникного шару біля поверхні (шар солоної глини товщиною в кілька метрів нижче четвертинного гравійно-піщаного шару алювіальних відкладів, який місцеві жителі називають «палах») через гірничодобувну діяльність і дослідницькі буріння.
2. Повна відсутність технічного обслуговування системи дренажної мережі (осушувальної системи на середній глибині 30 м, яка оточує територію культивованої шахти, та спрямована на відведення підземних вод четвертинного гравійно-піщаного шару біля поверхні, розташованого над шаром «палах», який забезпечує природний захист соляного купола), яка була створена близько ста років тому. Управління системою дренажної мережі, осушення та проведення профілактичних робіт припинилося у 70-х роках, що спричинило неправильне вирішення існуючих проблем.
3. Виконання вибухових робіт із порушенням процедур для збільшення видобутку солі.

**Наслідки:**

- а) потрапляння води у шахти, процеси розчинення у соляному куполі,
- б) утворення тріщин і озер у шахтах, які виходять на поверхню,
- в) виявлене щорічне опускання рівня ґрунту на 1-2,5 см/рік.

З 2007 по 2010 рік на території діяльності державного підприємства «Солотвинський солерудник» відбулося затоплення двох діючих шахт, а також утворилися величезні розриви земної поверхні та інші небезпечні геологічні явища. Експертним висновком Міністерства надзвичайних ситуацій України це екологічне лихо визначено як надзвичайна ситуація державного рівня.

У 2010 році Міністерство надзвичайних ситуацій України оголосило надзвичайний стан у районі Солотвинського солерудника. У 2008 році вперше були визначені суттєві зміни в якості води річки Тиса, походження яких пов'язане з руйнуванням соляної шахти в Солотвині. Незважаючи на те, що останнім часом інтенсивність забруднення сіллю зменшилася, проблема ще не вирішена. З часів Римської імперії кам'яну сіль Солотвинського родовища видобували конусоподібними шурфами, що збереглися на західній окраїні родовища [Іванченко та ін., 1967]. Підземна розробка родовища (рудників) почалася у другій половині XVIII ст.

У 2016 році для подолання потенційної надзвичайної екологічної ситуації у Солотвині вперше в історії, державою-членом ЄС та державою, що не є членом ЄС (органами цивільного захисту Угорщини та України) було активовано Механізм цивільного захисту ЄС (UCPM). Останній розгорнув оглядову місію з 2 по 9 липня того ж року, щоб підтримати національні органи влади та відповісти на спільний запит про допомогу. Водночас угорська влада направила невелику групу експертів для посилення майбутньої діяльності та підтримки команди UCPM у формуванні Технічного завдання. Оглядова місія підготувала технічний звіт, надала його державам-членам, державам-учасницям (ДУ) та українським органам влади (ОВ), а також проєкт «Технічного завдання» (ТЗ) для консультативної місії.

За результатами діяльності оглядової місії було вирішено направити консультативну місію для проведення *«комплексної оцінки ризиків на території Солотвинських соляних шахт»*. Місія здійснювала свою діяльність у період з 14 вересня по 7 жовтня 2016 року. За результатами роботи було надано звіт про оцінку, який слугував і залишається основним документом з регулювання будь-якої діяльності в Солотвині у частині видобутку корисних копалин.

Аналіз місцевих та територіальних особливостей Солотвина дає змогу зробити висновки й надати рекомендації, демонструючи комплексну картину факторів, завдяки яким формується територіальний, економічний та соціальний зв'язок населення. Важливо глибше зрозуміти контекст складних міжгалузевих проблем, які формують сьогодення Солотвина, оскільки вони тісно пов'язані з видобутком солі та екологічними ризиками, оціненими в інших частинах документа.

**Можна сказати, що на цей час максимальний викид хлориду натрію з шахт становить**

4600 кг/добу і 6600 кг/добу з солоних озер, тобто загалом у річку Тиса потрапляє 11 200 кг кам'яної солі. Якщо припустити, що щільність кам'яної солі становить 2100 кг/м<sup>3</sup>, то це призведе до щоденного вимивання 5-5,5 м<sup>3</sup> кам'яної солі та означатиме майже 2000 м<sup>3</sup> кавітації під поверхнею на рік.

Загальна методологія РЕВІТАЛІ 1 складається з кабінетного дослідження, використання статистичних показників і проведення серії інтерв'ю, візитів на місця та здійснення вимірювань, а також збору та аналізу даних. Під час камерального дослідження відшукувалася інформація про Солотвину шляхом пошуку, вивчення та узагальнення бібліографії за темою соціально-економічного життя населеного пункту. Статистичні показники отримані з офіційних джерел Управління статистики України, а також з інших баз даних, створених протягом років у рамках ТКС<sup>1</sup>, транснаціональних проєктів і регіонального аналізу, а також з локальних джерел. Проте слід зазначити, що через відсутність оновлених відомостей на локальному та регіональному рівнях, іноді виникали проблеми зі збором інформації. Через ці обмеження, під час проведення аналізу багато разів могли використовувати лише показники за попередні роки – до адміністративних змін 18 липня 2020 року.<sup>2</sup>

**Можна констатувати, що урбанізація Солотвина значною мірою залежить від рівня використання місцевих надбань та аспектів його розташування.** З географічної точки зору населений пункт розташований на крайньому заході України, в Закарпатті. Солотвину знаходиться на периферії, що є несприятливим фактором через складність процедури перетину кордону з ЄС<sup>3</sup> та через відсутність головних транспортних сполучень із селищем міського типу. Проте цей населений пункт може отримати вигоду від того, що воно є мирним куточком України та через наближення до європейських ринків, яке стане можливим завдяки майбутнім зменшенням негативних ефектів, спричинених складністю перетину кордону (зокрема, внаслідок будівництва нового прикордонного мостового переходу до Румунії). Потенціал полягає, зокрема, у посиленні функціональної інтеграції з Сігету Мармаціей, Румунія. Солотвину також є локальним центром серед навколишніх населених пунктів, тому виконує функції, які виділяють селище міського типу з-поміж інших: наявність закладів

---

<sup>1</sup> Транскордонна співпраця, також відома як Interreg A

<sup>2</sup> Солотвину залишилося у тому самому районі (Тячівському районі), але кількість районів зменшилася з тринадцяти до шести, що ускладнило порівняння. У тексті для Солотвина використовуються різні найменування. Солотвину можна розглядати як: 1) як селище міського типу (містечко); 2). а з червня 2020 року як територіальна громада (громада), яка складається з кількох інших населених пунктів, як базовий адміністративний рівень України. Варто мати на увазі, що адміністративно Солотвину є селищем міського типу, а не міським утворенням.

<sup>3</sup> Європейський Союз

охорони здоров'я, санаторно-курортний туризм, велика кількість організацій та установ, пов'язаних із національними меншинами. Тектонічні рухи землі, пов'язані з гірничодобувною діяльністю, спонукають владу та органи місцевого самоврядування до перегляду планування землеупорядкування та релокацію функціоналу і громадян, яка, з огляду на етнокультурні наслідки, має проводитись з великою обережністю. Охорона навколишнього середовища має велике значення, оскільки забруднення ґрунтових вод і самої Тиси впливає на ширший транснаціональний річковий басейн. Це потребує спільних ініціатив, принаймні у сферах управління водними ресурсами та охорони навколишнього середовища. Проблема поводження з відходами у Солотвині не вирішена, що вимагає подальших дій.

Розвиток Солотвина та будь-яке втручання у навколишнє середовище неможливо здійснювати без урахування поліетнічного характеру населення, яке, у майбутньому, можна було б визначати як основу для соціально-економічних поліпшень. Робота з утримання населення від міграції повинна бути збільшена шляхом підвищення ефективності та дієвості політики, а також здійснення конкретних заходів, які б утримували громадян на батьківщині. Що стосується економічної структури, то після припинення видобутку солі, важливу роль може зіграти диверсифікація. Відсутність великих підприємств після скорочення гірничодобувної промисловості може бути зрівноважена підтримкою МСП<sup>4</sup>, зокрема, у сфері туризму. Моноструктурна економіка переорієнтовується в економіку туризму. В економіці регіону багато залежить від ситуації у галузі туризму та охорони здоров'я. Велике значення має поява та якісний перехід до комплексного оздоровчо-рекреаційного туризму, що базується на діяльності лікарень та використанні природних ресурсів – солоних вод. Забруднення води та землі, відходи, зсуви й інші рухи нероздільно пов'язані з добробутом місцевого населення.

**За результатами оцінки не було виявлено суттєвої різниці в просіданні ґрунту між періодами з 1992 по 2000 роки та з 2002 по 2010 роки. Упродовж зазначеного часу чітко видно, що територією з дуже високим рівнем ризику є колишня соляна шахта, соляні ставки та кількасотметрові смуги, що їх розмежовують, якщо це впливає на забудовані території. Це означає осідання до 25 мм/рік (очевидно, ці показники є більш високими з країв утворених кратерів). Під найбільшою загрозою перебуває постачальник комунальних послуг – завод**

---

<sup>4</sup> Малі та середні підприємства

**електророзподільних мереж, розташований на території шахти 9 (біля шахти 10), у північно-східній частині зони високого ризику.**

З метою встановлення основних закономірностей деформації земної поверхні в межах Солотвинського родовища кам'яної солі та суміжних територій виконано інтерпретацію результатів ідентифікаційного дешифрування космознімків для подальшої оцінки ризиків, пов'язаних з розвитком небезпечних природних і техногенних геологічних процесів.

Оцінку вертикальних зміщень об'єктів і земної поверхні виконано із застосуванням інтерферометричної обробки даних супутникового радарного моніторингу сучасними засобами КА Sentinel-1A та 1B (аналіз даних DInSAR 2016-2021, SBAS метод; Copernicus EMSN-030, EMSN-064; а також із використанням методів обробки супутникових радарних даних PS і SBAS у 2016-2021 рр. у співпраці з Центром прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля, Україна).

Площа зона досліджень – 33 кв.км. Створені кінцеві інформаційні продукти (растрові і векторні), які дозволили проаналізувати зміни поверхні у просторовому і часовому вимірах. Обробка радарних даних виконана за допомогою програмного пакету ENVI модуль SARScare, тематична обробка даних за результатами інтерферометрії реалізовувалася засобами ГІС (програмне забезпечення ArcGis).

#### **Картування та супутниковий моніторинг деформацій земної поверхні (2020-2021)**

Виконана оцінка вертикальних деформації земної поверхні, будівель і споруд в межах Солотвинського родовища кам'яної солі за останніми даними супутникового радарного моніторингу (30.06.2020-12.10.2021 рр.). В результаті аналізу визначено 5 зон інтенсивних осідань (із середньою швидкістю вертикальних зміщень від -6 до -126 мм/рік.). Встановлено, що зони осідань навколо шахт №7, 8, 9 є значними за площею і кожна має виражену мульду просідання, в якій найбільші осідання визначені фактично у її центрі. **При віддаленні від центру інтенсивність осідання земної поверхні поступово зменшується. Небезпечною є територія шахти №7, західна та східна частина території шахти №8.**

Найвищі значення деформації поверхні від -94,93 до -139,98 мм при швидкостях вертикального зміщення від -34,08 до - 67,54 мм/рік визначені для об'єктів/ділянок (об'єктів критичної інфраструктури), розташованих у межах першої зони, що характеризується найбільш інтенсивним розвитком карстово-суфозійних процесів, з якими пов'язані утворення провалів, обвалів, зсувів та осідань.

За результатами ретроспективної обробки на площі досліджень визначені зони концентрованих деформацій та отримано дані динаміки осідань у місцях радарних вимірювань. На основі оцінки вертикальних зміщень земної поверхні, отриманих за допомогою інтерферометричної обробки даних супутникового радарного моніторингу за період 2016-2021 рр., обраховано значення накопичених деформацій земної поверхні, які сягають -385,12 мм; встановлено, що шахти № 7, 8 та 9 становлять загрозу техногенній безпеці смт. Солотвино.

Результати аналізу супутникових радіолокаційних даних мають бути одним із джерел інформації для оцінки ризику прояву небезпечних природно-техногенних процесів у Солотвино. Для забезпечення безпеки життєдіяльності в Солотвині отримані результати мають бути використані при плануванні розвитку селища та організації системи моніторингу.

Використовуючи кутникові рефлектори та технологію InSAR, можна створити систему раннього попередження над територією. Ця система моніторингу на основі InSAR може значно поліпшити умови громадської безпеки та надати об'єктивну, прозору інформацію про деформацію поверхні, яку можна опрацювати за допомогою будь-якого веб-додатку ГІС. Цей додаток можна встановити на смартфони місцевих жителів, і вони зможуть отримувати інформацію безпосередньо про свій мікрорайон.

Після завершення обробки геологічних даних, оцінки геофізичних вимірювань та іншої інформації стало зрозуміло, що алювіальні тераси річки Тиса, нашаровуючись одна на одну, досягали схилів гори Магура. Крім того, вони також покрили відносно вищий соляний купол, але не так щільно, як інші місця.

**Згідно з рівнем гідравлічного градієнту вода з атмосферних опадів і системи підземних вод безперервно потрапляє у Тису з шарів алювіальних відкладів високопроникної гальки, гравію, піщаного гравію та піску, переважно зі сходу на захід, проходячи через соляний купол.**

Спочатку соляний купол був покритий кількома метрами шарів солоної глини (палах), що захищали його від будь-якої вологи та/або води. Але **через видобуток корисних копалин, який зрештою спричинив серйозне руйнування поверхні та, безпосередньо, захисного шару, утворилися так звані «гідравлічні вікна», що призвело до шкідливих і фатальних процесів.**





Вид на сьогоднішні покинуті шахти (промарковані білим) з шахтними камерами та шахтними виробками, з точки зору потенційної та реальної загрози наповнення водою підземних просторів (*Geogold Ltd*)

Вимірювання InSAR виявили просторові та часові деформації поверхні у Солотвині, в Україні. Архіви зображень ERS та Envisat SAR, що охоплюють вищезазначений часовий проміжок, були оброблені, а історія інтерферометричних деформацій земної поверхні була досліджена. Деякі підсумкові **результати** перелічені нижче:

- У центральній частині Солотвина та на прилеглих південних схилах Магури протягом обох десятиліть, були виявлені як швидко рухомі поверхні, так і поверхні, що постійно залишалися стабільними.

- Рівні ризику були розраховані на основі інтерферометричних і геологічних даних, показуючи, що високий рівень ризику виникає на куполі та навколишній території, тоді як рівень ризику зменшується з віддаленням від центру соляного купола.

**На розчинення Солотвинського соляного купола впливають, насамперед, забір води та стічні води, а також збільшення запасів прісної води, кількість та інтенсивність опадів (особливо накопичені опади у зимовий період), стік природних вод, що надходять від напрямку хребта Магури, та антропогенний вплив.**

Соляний купол з видного місця геоморфологічно ділить регіон на дві частини: від соляного купола до гір Магура (на півночі) та від соляного купола до Тиси (на півдні). Ухил від гори Магура

до району шахти становить 5-7,5%, тому дощова вода, що стікає звідти, шкодить району шахти. Вирішенням проблеми з відведення води понад 100 років тому стало створення системи дрежнажної мережі на середній глибині 30 м. Система водовідведення, яка була побудована на кілька кілометрів навколо території видобування, не працювала десятиліттями.

Солі потрапляють у Тису через витоки зруйнованих шахт у менших кількостях, але постійно, у той час як соляне навантаження на Тису збільшується внаслідок викиду у річку використаної солоної води з солоних озер, що експлуатуються з метою туризму, через потік Глод та інші штучно створені дренажні канали.

Дані свідчать про недостатність фінансування системи охорони навколишнього середовища у Тячівському районі. Незважаючи на те, що **Солотвино** має значні поклади кам'яної солі та соляний карст, морфологія яких швидко змінюється, ці об'єкти не охороняються, а їх використання не лімітоване жодними обмеженнями. Більше того, **ці соляні ресурси є не просто спадщиною чи туристичною пам'яткою, але й джерелом величезної екологічної та гідрогеологічної небезпеки.**

Для розуміння гідрогеологічних умов, на досліджуваній території була створена група свердловин, що складається з 15 п'езометричних свердловин (свердловини з позначкою MON), в яких протягом року проводилися регулярні/безперервні вимірювання рівня води та її хімічного складу. Вимірювання також проводилися у колодязях аналогічної глибини (6-15 м), що розташовані на території приватних житлових садиб (усього 8). За результатами проведення вимірювань було виявлено відмінності, що залежать від сезону. На малюнку 20 чітко показано рух підземних вод з півночі на південь, що починається від схилу гори Магура, та, досягнувши зони видобутку, – раптово змінює напрямок і повертає зі сходу на захід. Так відбувається з більшою частиною текучої води, але менша її частина, уникаючи зони шахти, тече в Тису, зберігаючи напрямок течії з півночі на південь.

Вимірювання електропровідності (ЕС), починаючи з 2016 року, свідчить, що у шахті 10 є прісна вода. Значення  $ЕС=500-650 \mu\text{S}/\text{cm}$  у 2016 році було знижено до  $ЕС= 200-400 \mu\text{S}/\text{cm}$  на основі вимірювань, проведених роботом у 2021 році, та змінено до  $ЕС= 400-450 \mu\text{S}/\text{cm}$  у зоні між 10-130 м (у 2016 році було виміряно значення  $650 \mu\text{S}/\text{cm}$  на 150 м). На глибині 130-140 м вже можна побачити перехідну зону змішування (значення  $ЕС= 450 \mu\text{S}/\text{cm}$  зростає до значення  $3200 \mu\text{S}/\text{cm}$ ), яке стало вищим, порівняно з мінімальними показниками, зареєстрованими на глибині 150 м у 2016 році.

**Вимірювання, проведені роботом у 2021 році, показали постійне значення  $ЕС= 3200 \mu\text{S}/\text{cm}$  на глибині від 140 м до дна шахти, що становить провідність прибіл.  $ЕС= 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Цей показник є вищим, ніж  $ЕС= 2180 \mu\text{S}/\text{cm}$ , що виміряний у 2016 році на глибині 198 м.**

**На глибині відбувається повільне розчинення солі до досягнення стану, близького до насичення. Процес насичення ще не завершений.**

Вищесказане також підтверджується температурним профілем, вимірним у шахті. Величина низької електропровідності прісної води при  $t = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$  підвищується до  $t = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$  після перехідної зони на глибині 130-150 м і залишається сталою до дна.

Шахтні стовбури глибиною в сотні метрів практично непрохідні через обвали, які виявив робот. У той же час шахта 10 статично стабільна і в ній можна проводити вимірювання для дослідження змін хімічного складу води на глибині.

**Процвітання Солотвина, зокрема туризму, сільського господарства та видобутку корисних копалин, у першу чергу, залежить від зменшення екологічних і антропогенних ризиків і небезпек, які перешкоджають успіху населеного пункту у переході на більш стабільний і новий шлях розвитку. Без комплексного територіально інтегрованого втручання Солотвино не зможе використовувати свій територіальний капітал та місцеві надбання, а проблеми затягнуться на більш тривалий термін.**

Воронки, соляні ресурси, розсільні води і ґрунт **піддаються загрозі забруднення**. Особливо можуть зазнати кризи туризм (з медичними центрами, пляжами та житлом) і сільське господарство, що безпосередньо вплине на місцеву громаду.

**Небезпеку створюють стихійне та неузгоджене управління рекреаційною територією й близькість до покинутих шахт.** Забруднення воронок через незаконне засмічення безпосередньо впливає на якість води на пляжах. Стихійне забруднення води в озері Кунікунда може підірвати репутацію Солотвина та зменшити кількість майбутніх туристів. На жаль, через покинуті шахти та безвідповідальну поведінку місцевих мешканців, ці соляні ресурси були забруднені, **що зменшує майбутній потенціал туризму.** Щоб уникнути цього, вкрай важливо створити ефективну систему поводження з відходами та припинити незаконне викидання сміття. Ще однією небезпекою може бути незакрита територія гірничодобувного району, оскільки відвідувачі часто ходять між воронками просто з цікавості або, щоб скоротити шлях. Крім того, **постійна небезпека зсуву та просідання ґрунту відлякує нових інвесторів і компанії, оскільки вони не хочуть вкладати інвестиції у зону ризику.** Водночас навколо рекреаційної зони Солотвина також відбуваються менш масштабні зміщення поверхні землі. Місцевий бізнес намагається пом'якшити ефект від цих процесів та реагувати на них, однак, згідно з відомостями місцевих джерел, серйозних зрушень останнім часом не відбувалося. Поки невідомо, чим може бути небезпечний підземний потік води між двома

частинами селища міського типу Солотвино та його вплив. Небагато закладів, розташованих у зоні зміщень поверхні землі, постраждали від них.

Видобувна промисловість у Солотвині має давню традицію, оскільки розвиток сучасного Солотвина базувався, у першу чергу, на видобутку корисних копалин. Це також означає, що ситуація з видобутком солі визначає сьогодення та майбутнє місцевої економіки, і не може бути віднесена до другорядних факторів формування майбутнього цієї галузі.

За допомогою водозлазної роботи UX-1Nepo компанія UNEXMIN Georobotics Ltd. виготовляє 3D-карти, знімає на території Солотвинського солерудника відео у високій роздільній здатності та оцінює результати занурень. Крім того, робот проводив відбір проб води та вимірювання параметрів (електропровідність, водневий показник, фугітивність кисню, температура, тиск). Основні очікувані результати роботи – краще зрозуміння потенціалу приповерхневих воронок під смт Солотвино та отримання інформації, необхідної для моделювання місцевої системи стоку підземних вод.

Створена модернізована гідродинамічна модель Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій на основі уточнених фільтраційних параметрів надсолевих відкладів Солотвинської солянокупольної структури та осучасненої бази даних, що дозволило спрогнозувати напрям руху та швидкість підземних вод у часі. На основі отриманих нових матеріалів щодо особливостей геологічної будови та гідрогеологічних умов території досліджень, а також початкових даних щодо моніторингу підземних вод модель була вдосконалена. Доведена її функціональна відповідність природно-антропогенним умовам. Значним чином поповнена база даних.

**Зона впливу не може бути обмежена свердловинами, хіба що шляхом штучного зменшення витрат води через дно озер, утворених внаслідок обвалення існуючих соляних шахт і безперервного формування, шляхом звуження або блокування виходів ям і шахт, навіть нижче підземних водних об'єктів. Солоня вода в затоплених шахтах повністю урівноважується шляхом насичення сіллю, і, отже, подальше опріснення викликane лише проникненням води через тектонічні розломи. Це зовсім не перешкоджатиме використанню соляних ставків у туристичних цілях, а лише зменшить солоне навантаження на плейстоценовий береговий шар річки та потоки Глод і Млинський, які його скидають. Таким чином, концентрація солі в кратерних озерах (над зруйнованими шахтними камерами) буде трохи зменшена, а рівень ґрунтових вод буде суттєво знижений. У зоні впливу соляного купола видобуток колодязної води має бути припинений або заборонений.**

**Розчинення солі у глибоких шарах має бути обмежено, інакше це призведе до явища, коли**

все більша кількість солі розчинятиметься вздовж зростаючих поверхонь, викликаючи утворення значних підземних порожнин та прискорюючи просідання. Зупинити процес можна лише радикальним зменшенням глибинного стоку підземних вод, що можливо завдяки створенню належних геологічних і гідрогеологічних умов. Розумні рішення можуть уповільнити процес, а значні штучні втручання – повністю його зменшити, але починати це потрібно якомога швидше, поки ще можливо це зробити, і екологічна шкода не псує умови життя населення у регіоні.

З огляду на складну геоecологічну ситуацію створення та функціонування постійно діючої системи комплексного моніторингу природно-техногенної геосистеми Солотвина є першочерговим завданням, це дасть можливість своєчасно виявляти та оцінювати небезпечні зміни стану геологічного середовища та фактори загроз безпеці життєдіяльності на місцевому та транскордонному рівнях. Дана Стратегічна Концепція містить інформацію щодо розробленої системи комплексного моніторингу, яка включає гідрологічний та гідрогеологічний моніторинг (кількість (рівні, витрати) та якість (хімічний склад) вод першого та другого водоносних горизонтів); польові обстеження розвитку небезпечних геологічних процесів (карст і суфозія (просідання, карстові провалля, обвали), сезонні паводки і зливові паводки, підтоплення, схиліві процеси (ерозія, зсуви); моніторинг деформацій земної поверхні за допомогою DInSAR (інтерферометричної обробки даних супутникового радіолокаційного моніторингу з використанням методів PS та SBAS); геодезичну зйомку (верифікація дистанційних досліджень деформацій земної поверхні); геофізичну зйомку, що включає мікрогравіку, геоелектричні та сейсмічні дослідження; моделювання (актуалізація гідродинамічної моделі); оцінка ризиків, обґрунтування природоохоронних заходів.

## **Основні висновки**

- Можна зробити висновок, що деякі підсумки попередніх проєктів (ImProDireT) і навіть місії Європейської Команди захисту громадян (у 2016 році), **повторюють попередні висновки про те, що існує недолік в обміні інформацією між усіма зацікавленими сторонами, залученими до (наслідків) видобутку корисних копалин у Солотвині.** Надзвичайний стан все ще діє, і поки що немає відповідей чи рішень, як його скасувати.
- **Сельбищна зона смт Солотвина безпосередньо примикає або заходить у геодинамічно активну частину солянокупольної діапірової структури, ядро якої має виходи на**

денну поверхню.

- **Земна поверхня внаслідок довготривалих активних гірничо-добувних робіт з використанням на останньому етапі розробки родовища буро-вибухових технологій порушена шахтами та ін. виробками, проваллями та карстово-суфозійними воронками.**
- **На території нараховується понад 140 локальних полігонів розвитку карсту загальною площею понад 12,3 га та об'ємом карстових лійок та провалів понад 5 млн м<sup>3</sup>.**
- **Зростання туристичного сектору неможливо досягти без запобігання поширенню забруднення.** Місцеві соляні ресурси є найважливішою цінністю району, і на цей час вони створюють бренд Солотвина. Однак, якщо такий геологічний ресурс будуть і надалі забруднювати, Солотвино більше не зможе використовувати цей спеціальний фонд.
- У деяких регіонах переселення та будівництво нового житла й інфраструктури може бути єдиним прийнятним варіантом.
- Погано спланована політика переселення може спричинити неконтрольований негативний вплив на групи меншин, що вплине на все населення Солотвина.
- Відсутність великих підприємств внаслідок краху соледобувної діяльності.
- Для стимулювання економічного зростання у Солотвині необхідно розвивати нові економічні території, наприклад, шляхом створення індустріального парку.
- Ринок праці після краху гірничодобувної промисловості є дуже моноструктурним і зосереджений на туризмі як новому основному джерелі прибутку.
- Гірничодобувна промисловість зазнала краху, **але є шанс відновити цю галузь у Солотвино далі від старих шахт**, що менше заважатиме населеним районам.
- Несприятливим фактором є те, що обробляється лише певна частина утворених відходів, а **система управління відходами**<sup>5</sup> не працює добре. У 2020 році в Закарпатській області більшість відходів (97,9%; 160 974,6 тон) було розміщено на полігоні, лише 1,9% (3 199 тон) було спалено та 0,2% (267,8 тон) перероблено.

---

<sup>5</sup> Управління відходами 2017, 2020: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/povod\\_vidhod\\_rajony-2017.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/povod_vidhod_rajony-2017.pdf);  
[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/povod\\_vidhod\\_rajony-2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/povod_vidhod_rajony-2020.pdf)

- На території затоплених та непрацюючих (покинутих, abandoned) гірничих виробок спостерігається розширення площі просідань та поступове виполажування схилів навколо провалів та воронок. Водночас існування карстово-суфозійних ліжок (воронки) з вертикальними стінками (провальних колодязів) є індикатором продовження активних карстово-суфозійних процесів.
- У складних економічних умовах (військова агресія росії, особливо її гостра фаза з 2022 р. та певною мірою COVID-19) наслення смт Солотвино знаходить можливості та ресурси для реалізації проектів з розвитку туристичної інфраструктури. Спостерігається залучення у використання, зокрема під забудову, територій на яких фіксуються вертикальні зміщення. Для бальнеологічних цілей розсоли відкачуються з провалів шахти №7.
- Виявлено закономірності поширення вертикальних зміщень земної поверхні, які фіксуються не тільки у контурі гірничих робіт, а також за їх межами; оцінено накопичені деформації земної поверхні в зонах об'єктів критичної інфраструктури.
- Найвищі значення деформації поверхні від -94,93 до -139,98 мм при швидкостях вертикального зміщення від -34,08 до - 67,54 мм/рік отримані для об'єктів/ділянок (об'єктів критичної інфраструктури) ), розташованих у межах першої зони, що характеризується найбільш інтенсивним розвитком карстово-суфозійних процесів, з якими пов'язані утворення провалів, обвалів, зсувів та осідань.
- На основі оцінки вертикальних зміщень земної поверхні, отриманих за допомогою інтерферометричної обробки даних супутникового радарного моніторингу за період 2016-2021 рр., обраховано значення накопичених деформацій земної поверхні, які сягають -385,12 мм; встановлено, що шахти № 7, 8 та 9 становлять загрозу техногенній безпеці смт. Солотвино
- Результати показують зовсім іншу ситуацію у румунській частині, порівняно з Солотвином. Вся територія Сігету Мармаціей перебуває у стабільному стані, і тут немає жодного району міста, що демонструє географічно впізнавані патерни руху поверхні. Також можна виявити поодинокі нестабільні зони. Це означає, що зафіксована локальна нестабільність, насамперед, пов'язана з проблемами забудови території або рельєфом схилу.

- Створено модернізовану гідродинамічну модель Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій, яка включає інформацію про п'ять шарів (геологічних одиниць - пластів) з картами векторів швидкостей, ізоліній рівня підземних вод, ліній потоку для двох водоносних горизонтів (четвертинного і тортонського) з урахуванням і без урахування тектонічних порушень різного рангу.
- Гідродинамічне моделювання з урахуванням тектонічних порушень (розломів) в моделі показало викривлення модельних ліній току, що свідчить про посилення водообміну на ділянках тектонічних порушень. Це може пришвидшувати та інтенсифікувати процеси розповсюдження засолених підземних вод у водоносних горизонтах.
- На основі результатів розв'язання низки обернених задач встановлено, що відтворена на моделі гідродинамічна ситуація з достатньою вірогідністю відображає природні умови, таким чином, створена модель може бути використана для розв'язання практичних задач.
- Розроблена гідродинамічна модель використана для обґрунтування оптимальної мережі моніторингових гідрологічних та гідрогеологічних пунктів спостережень, необхідних для інформативного та достовірного моніторингу.
- Функціонування системи моніторингу необхідно для сталого використання природних ресурсів (рапи та кам'яної солі) та забезпечення від транскордонного поширення забруднення поверхневих і підземних вод.
- На основі отриманих результатів досліджень (польових спостережень, аналізу даних супутникового радіолокаційного моніторингу, геологічного та гідродинамічного моделювання) розроблено план комплексної системи моніторингу, яка вписується в більш широку регіональну структуру для відстеження якісних і кількісних змін поверхневих і підземних вод та деформацій земної поверхні в районі Солотвина.

### **Основні рекомендації**

- З огляду на складну геоекологічну ситуацію створення та функціонування постійно діючої системи комплексного моніторингу смт Солотвина є першочерговим завданням.
- Еколого-техногенні і соціально-економічні параметри ревіталізації території смт



**Солотвино треба оцінити після випереджаючого створення інформаційно-ефективної системи моніторингу з можливістю високо вірогідної просторово-часової оцінки довгострокового (десятки років) переходу до рівноважного геодинамічного стану надр на цій території.**

- Темою подальшого дослідження є необхідність з'ясувати екологічну та економічну доцільність підтримки реконструкції сектору видобутку солі. У разі позитивних відповідей, слід розгорнути суворий і вдосконалений моніторинг.
- Видобуток корисних копалин також можна розглядати як спільну культурну спадщину населення та регіону, включаючи громаду Солотвина, яка може забезпечити підтримку розвитку міжнародного туризму.
- Деякі з колишніх об'єктів видобутку корисних копалин і технічні приміщення можуть використовуватися як інноваційні спортивні та рекреаційні об'єкти, наприклад, для екстремальних видів спорту, міських ігор, квест-кімнат, театрів тощо, а також для проведення інтерактивних виставок просто неба та під землею. Перед прийняттям будь-яких рішень і перед початком будь-якої діяльності необхідно провести ретельну та належну оцінку Ризиків.
- Треба спробувати краще використати потенціал транскордонної зони впливу Сігету Мармаціей, особливо у сфері обігу робочої сили та обміну студентами, а також торгівлі, започаткувавши більш інституціалізовані форми транскордонної співпраці та створивши відповідні управлінські структури (наприклад, місцева платформа).
- Необхідно зосередитися на містобудівних функціях, установах і послугах регіонального значення (туристичні об'єкти, лікарні тощо) та привабливості для підтримки й зміцнення місцевого розвитку.
- Управління та транскордонне вирішення спільних проблем басейну Тиси можна врегулювати; необхідна тісніша співпраця у сфері управління водними ресурсами та ризиками.
- Переселення та будь-яке розширення території забудови повинно враховувати соціально-економічні відносини, місцеву структуру та внутрішні зв'язки громади, а також слід підтримувати територіально інтегрований підхід, який має бути глибшим за просте вирішення питань знесення та будівництва окремих будівель.

- Необхідно заохочувати розвиток економіки замкнутого циклу, насамперед, шляхом поліпшення переробки відходів, що також може забезпечити додаткові робочі місця та прибуток.
- Потрібно ліквідувати незаконні стихійні сміттєзвалища та засипані воронки вздовж заплави Тиси у Солотвині та навколо нього, спробувати повторно використати або переробити видалені матеріали та відходи.
- Необхідно створити нове сучасне сміттєзвалище за стандартами ЄС далі від річки та соляних шахт, щоб захистити поверхневі та ґрунтові води від забруднення та трансмісії.
- Треба підтримувати проведення заходів із підвищення обізнаності (наприклад, конкурси зі збору та переробки сміття).
- Будь-які міжнародні зв'язки, включаючи торгівлю, туризм і культуру, краще будувати враховуючи багатомовне та багатокультурне середовище Солотвина.
- Темою подальшого дослідження є необхідність з'ясувати екологічну та економічну доцільність підтримання реконструкції сектору видобутку солі. У разі позитивних відповідей, слід розгорнути суворий моніторинг.
- Видобуток корисних копалин також можна розглядати як спільну культурну спадщину населення та регіону, включаючи громаду Солотвина, яка може забезпечити підтримку розвитку міжнародного туризму.
- Щоб уникнути розповсюдження забруднення, його джерела та можливість поширення повинні бути локалізовані. У іншому випадку це унеможливить туризм або принаймні зменшить його привабливість.
- **Створити умови/систему для використання природних ресурсів, для оздоровчого туризму (лікувального, реабілітаційного, рекреаційного) в рамках, що не створюють додаткових ризиків для людського життя та не мають негативних наслідків для навколишнього середовища (насамперед, розповсюдження забруднення).**
- Розглянути можливість легалізації використання розсолів у бальнеологічних цілях.
- **Вдосконалити порядок, облік та технологію використання ропи з карстових ліжок як виду надрокористування з вирішенням проблеми їх екологічно безпечного водовідводу та утилізації (можливо шляхом зворотного скиду у стволи шахт або створення системи очистки за містом нижче за течією р. Тиса).**

- Гідродинамічна модель стала основою для визначення кількості та просторового розміщення мережі моніторингових гідрологічних постів та гідрогеологічних свердловин відповідно до розробленого плану системи моніторингу та режиму спостережень (див. підрозділ 3.9.3., рис. 70).
- Застосувати розроблену гідродинамічну модель як основу постійно оновлюваної гідродинамічної моделі як елемента комплексної системи моніторингу Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій з метою сталого управління та використання природних ресурсів.
- Рекомендовано організувати комплексну систему моніторингу, що включає: - гідрологічний та гідрогеологічний моніторинг (кількість та якість вод першого та другого водоносних горизонтів); - польові обстеження розвитку небезпечних геологічних процесів; - моніторинг деформацій земної поверхні за допомогою DInSAR; - геодезичну зйомку; - геофізичну зйомку, що включає мікрогравіку, геоелектричні та сейсмічні дослідження; - моделювання (актуалізація гідрогеологічної моделі); - оцінка ризиків.
- Впровадження системи моніторингу з інтегрованою постійно діючою гідродинамічною моделлю має стати інструментом управління використанням природних ресурсів смт. Солотвино – рапи та покладів кам'яної солі – як основного фактору сталого економічного та соціального розвитку селища.

Як підсумок, перший етап проєкту було виконано з метою моніторингу й дослідження проблеми та виявлення її причин, а також для запобігання поширенню забруднюючих речовин у цьому регіоні.

Як другий етап проєкту, ми пропонуємо провести оцінку різних методів управління ресурсами солоної води у районі дослідження та у річці Тиса. Потім вибрати і розробити найкращу техніку, яку можна застосувати для захисту території від забруднення на основі соціальних, економічних та екологічних аспектів.

## Список скорочень

CBC: Транскордонна співпраця

CESCI: Центральноевропейська служба сприяння транскордонним ініціативам

DInSAR: дані диференціального інтерферометричного аналізу

DG ECHO: Генеральний директорат з питань цивільного захисту та гуманітарної допомоги в Європі

EQS: стандарти якості навколишнього середовища у сфері водної політики (Директива 2008/105/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 16 грудня 2008 ЄС: Європейський Союз

EUSDR: Стратегії ЄС для Дунайського регіону

EUSDR PA4: Пріоритетна Область 4 «Відновлення та збереження якості води» у Дунайському регіоні

EUSDR PA5: Пріоритетна Область 5 «Екологічні ризики» у Дунайському регіоні

ICPDR: Міжнародною комісією з охорони річки Дунай (розташована у Відні)

IGS NASU: Інститут геологічних наук Національної академії наук України

ImProDiReT: Вдосконалення заходів зі зменшення ризиків стихійних лих у Закарпатській області

PS: постійний відбивач

SAR: Радар із синтезованою апертурою

SBAS: мала базова лінія

SMEs: малі та середні підприємства

SWQS: стандарт якості поверхневих вод

TEN-T: транс'європейська транспортна мережа

UAH/грн: українська гривня

UCPM - Механізм цивільного захисту ЄС

UNESCO - Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури

## Зміст

|   |    |
|---|----|
| Список скорочень .....  | 20 |
| Зміст .....   | 20 |
| 1. Загальна інформація .....  | 23 |
| 1.1. Коротка історія солевидобутку .....  | 23 |
| 1.2. Перші транснаціональні ознаки проблем .....                                  | 26 |
| 1.3. Відповідь ЄС і перші розгортання місій .....                                 | 28 |
| 1.4. Консультативна місія УСРМ - основні висновки оцінки ризиків Місії ЄС .....   | 29 |
| 1.5. Результати зазначених проєктів .....   | 32 |
| 1.6. Підтримка Стратегії ЄС для пріоритетних сфер 4 і 5 Дунайського регіону ..... | 33 |
| 2. Аналіз Солотвина .....   | 35 |
| 2.1. Географічні та екологічні особливості .....                                  | 35 |
| 2.1.1. Загальний огляд розташування та головні особливості ландшафту .....        | 35 |
| 2.1.2. Розселення і транспортна мережа, містобудівні функції .....                | 37 |
| 2.1.3. Житловий фонд .....  | 40 |
| 2.1.4. Охорона навколишнього середовища .....                                     | 43 |
| 2.1.5. Управління відходами та стічними водами .....                              | 45 |
| 2.2. Структура населення .....  | 48 |
| 2.2.1. Демографічна ситуація .....  | 48 |
| 2.2.2. Етнічна структура .....  | 54 |
| 2.3. Економічна структура .....   | 57 |
| 2.3.1. Підприємства .....   | 57 |
| 2.3.2. Працевлаштування .....   | 63 |
| 2.3.3. Соледобувна промисловість .....  | 66 |
| 2.3.4. Сільське господарство .....  | 68 |
| 2.3.5. Туристичний сектор .....   | 70 |
| 3. Результати проєкту РЕВІТАЛ 1 .....   | 74 |
| 3.1. Результати польових досліджень та рекомендації .....                         | 74 |
| 3.2. Результати картографування деформації ґрунту .....                           | 80 |
| 3.2.1. Оцінка рухів поверхні землі .....  | 80 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.2.2. Результати оцінки деформацій земної поверхні.....  | 86  |
| 3.3. Геофізичні та геологічні дослідження.....  | 97  |
| 3.3.1. Геофізичні дослідження.....  | 97  |
| 3.3.2. Геологічні дослідження.....  | 101 |
| 3.3.3. Вплив видобутку солі на геологію території.....  | 109 |
| 3.4. Гідрогеологічні вимірювання.....   | 110 |
| 3.4.1. Залягання підземних вод і дослідження річки Тиса.....  | 113 |
| 3.4.2.Хімічні вимірювання (Чорний Мочар, кратери, котловани, алювій, що сполучається з річкою Тиса).....                    | 117 |
| 3.5 Результати застосування робота з використанням технології UX.....   | 130 |
| 3.5.1. результати занурень.....   | 131 |
| 3.5.2. Стан конструкції вентиляційної шахти 9 і шахтного стовбура 10.....   | 135 |
| 3.6. Гідрогеологічне / гідродинамічне моделювання.....  | 136 |
| 3.6.1. Створення першої ітерації гідродинамічної моделі Солотвинського родовища кам'яної солі.....                          | 136 |
| 3.6.2. Удосконалення побудованої гідродинамічної моделі Солотвинського родовища кам'яної солі з використанням ГІС.....      | 139 |
| 3.7. Моделювання процесів розповсюдження.....   | 148 |
| 3.9. Комплексна схема об'єктового моніторингу.....  | 168 |
| 3.9.1. Геомоніторинг стану навколишнього середовища смт Солотвино: Цілі, нормативна база, функції.....                      | 168 |
| 3.9.2. Загальне бачення моніторингу вод Солотвина.....  | 173 |
| 3.9.3. Комплексна схема об'єктового моніторингу території Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій..... | 174 |
| 4. Підбиття підсумків та висновки.....  | 182 |
| 4.1. Правильне та стале управління соляними ресурсами.....  | 182 |
| 4.2. Рухи поверхні землі та захист активів (будівель, інфраструктури).....  | 184 |
| 4.3. Охорона навколишнього середовища.....  | 185 |
| 4.3.1. Поводження з твердими побутовими відходами.....  | 185 |
| 4.3.2. Охорона річки Тиса.....  | 186 |

# 1. Загальна інформація

## 1.1. Коротка історія солевидобутку

Кам'яна сіль на Солотвинському родовищі видобувається з часів Римської імперії конусоподібними ямами, які збереглися на західній окраїні родовища [Иванченко и др., 1967].

Розробка родовища підземним способом (шахтами) розпочата у другій половині XVIII століття. Перші неглибокі шахти у регіоні почали закладати з 1745 р. (с. Олександрівка, шахта Георгій) [Китык и др., 1983]. Назва містечка – Salzgruben (німецькою *salz* — сіль), Slatina (румунською), Faluszlatina-Aknaszlatina (угорською), Selo Slatina + Slatinské Doly (словацькою) – різними мовами містить корінь «сіль». Систематичну розробку солі Солотвинського родовища розпочато з 1778 р. Більшість шахт закладено у центральній частині родовища. Всього в межах Солотвинської солянокупольної структури пройдено 9 шахт. Нижче наводяться короткі відомості про видобуток солі на них.

Шахта № 1 «Христина», «Кристина» пройдена у 1778 р. і є першою підземною виробкою на родовищі [Иванченко и др., 1967]. Сіль видобувалась у 1778-1781 рр. Експлуатаційні роботи на шахті було припинено через велику кількість глинистого матеріалу в кам'яній солі, а шахту засипано.

Шахта № 2 «Альберт» закладена 1781 р. поблизу шахти «Христина». Вона також розкрила здебільшого забруднену сіль і тому була закрита. Сіль видобувалась у 1781-1789 рр. Надалі шахта була затоплена ґрунтовими водами і ліквідована у 1870 р.

Шахти № 3-4 «Кунигунда» та «Микола» закладені відповідно у 1790 та 1799 рр. Між собою вони з'єдналися і видобуток солі відбувався однією камерою, висотою приблизно 180 м. Сіль видобувалась до 1905 р. Абсолютна позначка підошви камери за даними А.Ф. Єлізарова дорівнювала +160 м [Елизаров, 1955]. У 1903 р. в шахту почала надходити вода, у 1908 р. вона була затоплена, а пізніше засипана.

Шахта № 5 «Йосиф» закладена у 1804 р. на схід від шахти «Христина». Експлуатувалась вона до 1850 р. після чого була закрита через низьку якість кам'яної солі. Запаси солі і шахта стали резервними. У 1895 р. шахта була затоплена.

Шахта № 6 «Старий Людвіг» пройдена 1804 р. Сіль видобувалась до 1810 р. Через низьку якість солі її було закрито.

Шахта № 7 № «Франтишек» (пізніше ім. Хрущова) відкрито 1809 р. У 1862 р. до шахти підведено залізничну гілку, а 1870 р. механізовано підйом солі. Шахта експлуатувалася до 1955 р. Було відпрацьовано перший і другий горизонти та обладнано підйом на третій горизонт. Перший

горизонт знаходився на абсолютній позначці +53 м, другий горизонт, що знаходився на абс позначці +75,8 м експлуатувався з 1923 р. Розробка покладу кам'яної солі проводилася дзвоноподібними підземними камерами. Пізніше видобуток проводився чотирикутними камерами, форма яких зберіглася і до теперішнього часу. Висота камер досягала 110-120 м, що поряд з малими розмірами опорних ціликів було причиною деформації стовбура шахти, появу тріщин, а надалі обвалення опорних ціликів. Внаслідок цього шахта № 7 у 1953 р. була законсервована, а у 1955 р. закрита та затоплена.

Шахта № 8 «Новий Людвіг» (пізніше ім. Сталіна) експлуатувалася у 1886-2006 рр. Шахта № 9 було закладено у 1962 році. Вона ефективно експлуатувалась до 2008 рр. Розробка родовища велася з використанням камерної системи видобутку солі. З середини 1990-х рр. на родовищі почали накопичуватися гідрогеологічні та інженерно-геологічні проблеми, які призвели до небезпечної екологічної ситуації техногенного характеру (експертний висновок Міністерства надзвичайних ситуацій України від 2010-12-09 № 02-17292/165; експертний висновок Державної служби України з надзвичайних ситуацій № 3-2013; рішення Закарпатської обласної комісії з техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій від 29 квітня 2013). У наслідок цього було припинено роботу державного підприємства «Солотвинський солерудник», припинено функціонування підземних відділень спелеосанаторію Української алергологічної лікарні Міністерства охорони здоров'я України та обласної лікарні, втрачено унікальну низько фонову лабораторію з вивчення елементарних частинок Інституту ядерних досліджень НАН України.

На Солотвинському родовищі, окрім експлуатаційних шахт, було пройдено велику кількість водовідливних шахт, шурфів, штолень з розгалуженою сіткою підземних дренажних виробок загальною протяжністю 18 000 п. м. На площі, яка прилягає до старих шахт і в місцях більш інтенсивного руху ґрунтових вод, утворилися карстові воронки.

**Таблиця 1.** Основні експлуатаційні дані по шахтах Солотвинського родовища кам'яної солі [Шехунова и др, 2015, <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2015.146791>]

| Назва          | Роки експлуатації | Рік ліквідації | Кількість експлуатаційних горизонтів                          | Абсолютна відмітка підосви, м | Кількість камер | Розміри камер, м |        |        | Ширина міжкамерних ціликів, м | Висота стеліни, м |
|----------------|-------------------|----------------|---|-------------------------------|-----------------|------------------|--------|--------|-------------------------------|-------------------|
|                |                   |                |   |                               |                 | довжина          | ширина | висота |                               |                   |
| «Христина», №1 | 1778-1781         |                | Геологічних матеріалів та експлуатаційних даних не збереглося |                               |                 |                  |        |        |                               |                   |
| «Альберт», №2  | 1781-             | 1870           | 1   | +200                          | 1               | 70               | 8-12   | -      |                               |                   |



|                                      |                        |      |      |                              |                     |                                 |                      |                         |                                  |                         |
|--------------------------------------|------------------------|------|------|------------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|
|                                      | 1789                   |      |      |                              |                     |                                 |                      |                         |                                  |                         |
| «Кунігунда», №3                      | 1790-1905              | 1908 | 1    | +160                         | 1                   | 380-390                         | 16-32                | 125-130                 |                                  |                         |
| «Микола», №4                         | 1799-1905              | 1908 |      |                              |                     |                                 |                      |                         |                                  |                         |
| «Йосиф», №5                          | 1804-1850              | 1895 | 2    | -                            | -                   | 100-105                         | 30                   | -                       |                                  | 8-20                    |
| «Старий Людвіг», №6                  | 1804-1810              | 1930 | 1    | +207                         | 1                   | 35                              | 35                   | 18                      |                                  |                         |
| Шахта №7 («Франтішек», «Хрущова»)    | 1809-1953<br>1923-1953 | 1955 | 2+1* | +129<br>+75,8                | 8<br>8              | 45-120<br>45                    | 35<br>13             | 110<br>40               | 10-30<br>20-40                   | 12-32<br>12             |
| Шахта №8 («Новий Людвіг», «Сталіна») | 1886-2006              | 2007 | 4+1* | +162,4<br>+100<br>-23<br>-81 | 8<br>20<br>20<br>20 | 50<br>45-50<br>40-130<br>40-100 | 25<br>25<br>20<br>20 | 39-40<br>60<br>65<br>65 | 35-45<br>30-35<br>30-35<br>30-35 | 40-60<br>20<br>20<br>20 |
| № 9                                  | 1963-2008              | 2010 | 1    | -81<br>-146                  | 18                  | 55-315                          | 15-20                | 68                      | 30-35                            |                         |

\* – запроектовані, але не побудовані експлуатаційні горизонти

## Висновки

- Сельбищна зона смт Солотвина безпосередньо примикає або заходить у геодинамічно активну частину солянокупольної діапирової структури, ядро якої має виходи на денну поверхню.
- Земні поверхня та надра в результаті довготривалих активних гірничих робіт із застосуванням буровибухових технологій (на останній стадії розробки родовища) порушені шахтами та іншими виробками, карстовими та карстово-просадочними воронками.
- На території нараховується понад 140 локальних полігонів розвитку карсту загальною площею понад 12,3 га та об'ємом карстових лійок та провалів понад 5 млн м<sup>3</sup>.

## Рекомендації

Еколого-техногенні і соціально-економічні параметри ревіталізації території смт Солотвино треба оцінити після випереджаючого створення інформаційно-ефективної системи моніторингу з можливістю високо вірогідної просторово-часової оцінки довгострокового (десятки років) переходу до рівноважного геодинамічного стану надр на цій території.

## 1.2. Перші транснаціональні ознаки проблем

З 2007 по 2010 роки на території діяльності ДП «Солотвинський солерудник» відбулося затоплення двох діючих шахт, утворилися величезні розриви земної поверхні та інші небезпечні геологічні явища. Експертним висновком МНС України це екологічне лихо було визначено як надзвичайна ситуація державного рівня (Протокол № 14 від 3 грудня 2010 року).

Гідрогеологічні та геотехнічні умови родовища мінеральної солі у Солотвинському районі Закарпатській області України вважаються складними. Внаслідок процесу розчинення та гірничих робіт утворилася низка підземних порожнин і воронок.

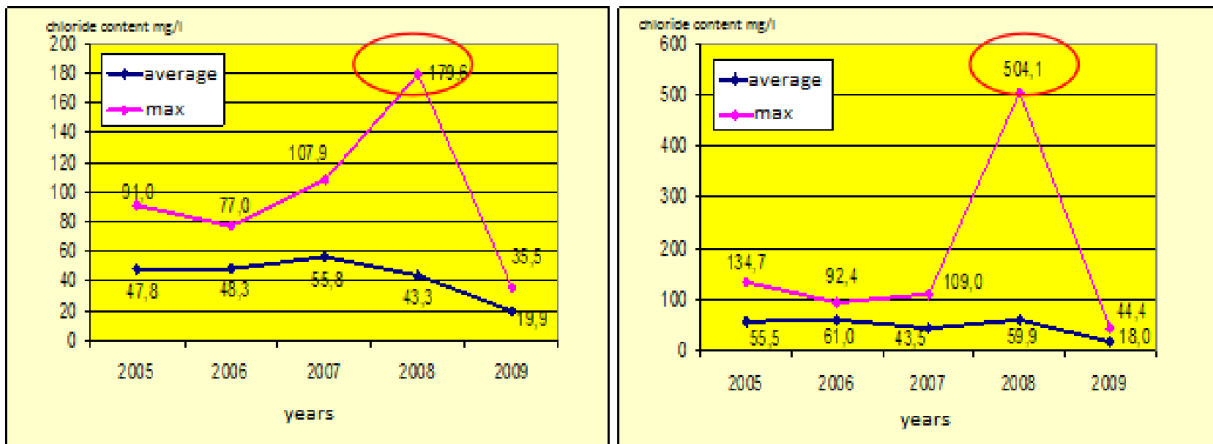
Згідно з офіційною інформацією деградована територія охоплює близько 300 житлових будинків, школу, дитячий садок, дві комунальні установи, лінії електропередач, мережу газопроводу, місцеві дороги та кладовище. Розпочато політику переселення з 70 житлових будинків, але їх мешканці не були переселені через релігійні чи сімейні фактори; це ілюструє різноманітні культурні й соціальні течії у регіоні.

У грудні 2010 року рішенням Закарпатської обласної держадміністрації ситуацію, пов'язану з цими небезпечними екзогенними геологічними процесами на території Солотвинських соляних копалень, було визнано надзвичайною. Пізніше це рішення було затверджено експертним висновком МНС України (№ 02–17292/165 від 09.12.2010). Це призвело до оголошення зазначеним Міністерством екологічної катастрофи державного рівня.

У звіті Інтегрованого плану управління басейном річки Тиса 2011 року, складеного та опублікованого Міжнародною комісією з охорони річки Дунай (ICPDR), Відень, Австрія, сказано: *«Басейн річки Тиса благословений багатим біорізноманіттям, включаючи багато видів, які більше не зустрічаються у Західній Європі. Регіон має видатні природні екологічні активи, такі як унікальні прісноводні водно-болотні екосистеми, 167 великих стариць і понад 300 прибережних водно-болотних угідь».*

У 2008 році, як порогове значення для визначення хорошої якості поверхневих вод, було запропоновано застосовувати новий стандарт SWQS (стандарт якості поверхневих вод) для кількості хлоридів 200 мг/л.

Вимірювання Регіональної дирекції водних ресурсів Верхньої Тиси (Ніредьгаза, Угорщина) показали максимальні концентрації хлоридів (див. відповідні малюнки нижче) вище цього порогу в 2008 році (більше 500 мг/л у Тячеві, 35 км вниз за течією від Солотвина).



*Рис. 1 Показники максимального та середнього вмісту хлоридів, виміряні у річці Тиса (EQS = 50 мг/л): ліворуч - на українсько-угорському кордоні (КПІІ Тісабеч/Вилок, 104 річкові кілометри від Солотвина) та праворуч - на локації Тячів/Тексо (35 річкових кілометрів від Солотвино) (показники взяті з офіційного листа від 15 травня 2009 року до Уповноваженого уряду Угорщини з питань транскордонних водних ресурсів, зокрема, щодо питання забруднення солями річки Тиса, що виникло між Угорщиною та Україною під час виїзної місії до Солотвина)*

Після припинення активного видобутку корисних копалин у Солотвині середньорічні концентрації хлоридів знизилися. Проте, слід розрізняти миттєві пікові концентрації (також беручи до уваги сезонність) і загальні довготривалі концентрації хлоридів у річковій воді.

При високих рівнях води у річці Тиса, тобто під час паводків (або внаслідок сезонних змін), спостерігаються градієнти тиску в алювії району Солотвинських шахт. Це явище виникає у заплаві річки Тиса та, ймовірно, призводить до накопичення солоної води, наявної в алювії (гіпорейний потік). Особливо після тривалого посушливого періоду (кілька років), накопичення (гіпер-) солоної води може призвести до піку сольового навантаження в річці Тиса перед паводком.

Ці явища можуть завдати шкоди флорі та фауні нижче за течією, однак їх вплив залежить від концентрації солі та часу. Довготривале забруднення ще більше вплине на свердловини питної води нижче за течією, засолення сільськогосподарських угідь і може мати незворотний вплив на флору і фауну.

Деякі з процесів, що призводять до підвищення рівня хлоридів у ріці Тиса, виникають внаслідок припливу солі з соляного купола. Порушення, викликані гірничодобувною діяльністю, посилили карстування та розчинення поверхні купола. Прискорюється природне вивітрювання. Очікується, що базова концентрація солі трохи підвищиться, однак не виключено, що її рівень урівноважений і буде

змінюватися лише залежно від рівня річки Тиса.

У результаті тривалих інтенсивних дощів може відбуватися накопичення гіперсолонної води після періоду відносно сухої погоди. Ймовірність розвитку такого сценарію є високою.

Ймовірність великих паводків на ріці Тиса важко визначити через зміну клімату (раптові паводки). Це також може бути подією, яка призведе до процесу накопичення гіперсолонної води. У такому разі концентрація хлоридів у річці після повені зросте. Ситуація навколо Солотвинського соляного купола вже впливає на річку Тиса.

Ймовірним є ризик настання події, що призведе до підвищення концентрації хлоридів. У разі настання такого випадку, показник порогових значень концентрації хлоридів може бути перевищено нижче за течією.

### **1.3. Відповідь ЄС і перші розгортання місії**

12 січня 2016 року органи цивільного захисту Угорщини та України звернулися з листом до Уповноваженого з питань гуманітарної допомоги та врегулювання кризових ситуацій Христоса Стіліанідіса щодо транскордонного забруднення навколишнього середовища на Солотвинському соляному шахтному комплексі в Україні.

Для подолання потенційної надзвичайної екологічної ситуації у Солотвині вперше в історії, державою-членом ЄС та державою, що не є членом ЄС (органами цивільного захисту Угорщини та України) було активовано Механізм цивільного захисту ЄС (UCPM). Останній розгорнув оглядову місію з 2 по 9 липня того ж року, щоб підтримати національні органи влади та відповісти на спільний запит про допомогу. У той же час угорська влада направила невелику групу експертів для посилення майбутньої діяльності та підтримки команди UCPM у формуванні Технічного завдання. Оглядова місія підготувала технічний звіт, надала його державам-членам, державам-учасницям (ДУ) та українським органам влади (ОВ), а також проєкт «Технічного завдання» (ТЗ) для консультативної місії.

За результатами діяльності оглядової місії було вирішено направити консультативну місію для проведення «комплексної оцінки ризиків на території Солотвинських соляних шахт». Місія здійснювала свою діяльність у період з 14 вересня по 7 жовтня 2016 року.

## **1.4. Консультативна місія UCPM - основні висновки оцінки ризиків**

### **Місії ЄС**

За результатами роботи місії Групи цивільного захисту ЄС були зроблені наступні висновки (UCPM, Консультативна місія в Україні «Район Солотвинської соляної шахти» Звіт про оцінку ризиків):

1. Техногенна діяльність у поєднанні з природними процесами призвела до повного занепаду шахт та прилеглої території. Активне управління цими процесами ніким не здійснюється.
2. Загальна територія є надзвичайно складною з точки зору гідрогеологічних систем та геологічної структури, включаючи висоту рельєфу, карстування та (під)поверхневі водні потоки. Тому для отримання більш достовірного розуміння потрібні додаткові дослідження та оцінки.
3. Наслідки застосування застарілих технологій і практик видобутку, а також неконтрольованих і некерованих процесів видобутку, що відбуваються протягом кількох років, призвели до поточної ситуації та надзвичайного стану. Однак існує можливість ефективного та екологічно стійкого використання соляних ресурсів.
4. Погане управління процесами розвитку регіону і землекористуванням ускладнює проблеми та загальну ситуацію.
5. У процесі оцінки ризиків було визначено ключові вразливі області, і Європейська Команда захисту громадян (EUCPT) змогла надати низку рекомендацій щодо їх зменшення та усунення, а також щодо запровадження подальших кроків та потенційних наступних дій/програм.
6. Була визнана потреба у відповідній життєздатній системі моніторингу, а рекомендації з цього питання містяться у компоненті «захист навколишнього середовища» Стратегії ЄС для Дунайського регіону (EUSDR).
7. Незважаючи на те, що Команда EUCPT не виявила значного рівня надходження солі з досліджуваної території у ріку Тиса, після завершення гірничих робіт у 2010 році, залишилася необхідність подальших досліджень та регулярного моніторингу.
8. Факт скидання побутових і промислових відходів у межах шахт та на прилеглих територіях є очевидним (помітне збільшення спостерігалось з моменту розгорнення оглядової місії) і вважається потенційним ризиком для здоров'я та навколишнього середовища.

9. Команда EUCPT не надала жодних зауважень щодо виконання невідкладних рекомендацій оглядової місії. Проте українські зацікавлені сторони (на всіх рівнях) погодилися та висловили сподівання на те, що остаточний звіт консультативної місії «Оцінка ризиків» стане платформою для розміщення та розгляду негайних рекомендацій і потенційних майбутніх дій щодо ситуації у Солотвинському солеруднику та на прилеглих територіях.
10. Команда EUCPT створила цифровий архів застарілих показників та активувала Надзвичайний режим і Режими Ризику/Відновлення можливостей картографування у Copernicus Satellite, включаючи інформацію з радарів.

**Загальний висновок – уразливість населення в небезпечній зоні є високою. На території видобутку залишається невизначеним ризик обвалів (утворення кратерів) і потенційних зсувів, які можуть мати прямий вплив на життя людей або впливати на будівлі, будинки та інші споруди (інфраструктуру), а також мати наслідки для суспільства й економіки. Додатковий висновок полягає у тому, що широке розповсюдження побутових і промислових відходів є потенційною небезпекою для здоров'я та навколишнього середовища.**

Той самий звіт містив низку рекомендацій, які також були одними з основних факторів для розробки та подання проекту Ревітал 1. Не всі рекомендації можна було відразу реалізувати у рамках цього проекту, але ключові з них були дуже важливими для просування роботи Команди EUCPT:

***1. Запровадити довгострокову систему моніторингу, зокрема:***

- калібрування «еталону», з метою встановлення параметрів подальшого моніторингу;
- моніторинг руху ґрунту та рівня ґрунту, включаючи зсуви, із внесенням показників на загальну платформу;
- моніторинг параметрів якості підземних вод та рівня підземних вод;
- дослідження даних моніторингу вразливої критичної інфраструктури та житла.

***2. Проводити проактивне, скоординоване, коротко- та середньострокове планування пом'якшення наслідків у поєднанні з програмами моніторингу та вразливості.***

***3. Співпрацювати зі Стратегією ЄС для Дунайського регіону EUSDR (короткострокова та довгострокова співпраця) шляхом:***

- налагодження регулярного обміну даними та інформацією;
- вивчення можливостей фінансування для створення рекомендованої системи моніторингу.

**4. Провести детальне геологічне, гідрогеологічне, літологічне та геомеханічне моделювання (короткострокове та поточне), включаючи, серед іншого:**

- подальше картографування небезпечної зони;
- подальше вивчення гідрогеологічних явищ, включаючи сезонні зміни і карстові процеси;
- подальше дослідження зв'язку між Чорним Мочаром і зоною видобутку та створення мережі моніторингу, з охопленням дослідження рівня і якості води, наприклад водозбірний басейн проти опадів.

**5. Перегляд плану землеустрою, з метою забезпечення ефективного управління земельними ресурсами (у середньостроковій та довгостроковій перспективах), щоб включити, зокрема, таке:**

- повне дотримання будівельних норм та виконання законів у сфері будівництва;
- використання програм цивільного будівництва, задля пом'якшення наслідків дії шкідливих факторів;
- планування (на випадок непередбачених ситуацій) відновлення критичної інфраструктури та забезпечення безперервної діяльності бізнесу.

**6. Безпека громади (постійні короткострокові заходи), зокрема:**

- удосконалення кампанії з інформування громадськості про небезпеку та ризики у зоні видобутку й на її околицях;
- залучення місцевого населення до подальшої оцінки ризиків під час прийняття рішень.

**7. Розробити, запровадити та впроваджувати надійний План поводження з відходами (у середньостроковій та довгостроковій перспективі), у тому числі:**

- побутові та промислові відходи;
- система каналізації;
- підземне сховище гідрокарбонатів (колишня радянська військова база).

**8. Розглянути безпечний з точки зору екології план економічного розвитку (середньо- та довгостроковий), у тому числі:**

- дослідження Солотвинських шахт та прилеглої території;
- зона відпочинку (озеро);
- ефективне використання соляних ресурсів (солевих розчинів та кам'яної солі) в оздоровчих цілях (лікарня: спелеотерапія);

- дослідження промислової спадщини, щоб зберегти стару гірничо-промислову археологію.

## 1.5. Результати зазначених проєктів

### Проект із Вдосконалення заходів зі зменшення ризиків стихійних лих у Закарпатській області (ImProDiReT)

ImProDiReT був дворічним проєктом, який фінансувався (75%) Генеральним директором із питань цивільного захисту та гуманітарної допомоги в Європі (DG ECHO). Метою проєкту була розробка нових підходів і методів для спільної розробки стратегій Зменшення Ризиків Стихійних Лих (ЗРСЛ) із залученням багатьох зацікавлених сторін. Тривалість проєкту – з 1 березня 2018 року по 29 лютого 2020 року. Місія проєкту полягала в розробці скоординованого спільнотами плану дій зі Зменшення Ризиків Стихійних Лих (ЗРСЛ), спрямованого на захист і підвищення безпеки населення Закарпаття, довкілля, власності та культурної спадщини.

У рамках нещодавно завершеного проєкту ImProDiReT, що фінансувався за підтримки Європейського механізму цивільного захисту (UCPM), а саме, Програми запобігання та готовності, розроблено соціально орієнтовані методи удосконалення структур управління ризиками та підвищення обізнаності місцевого населення щодо ризиків стихійних лих у смт Солотвино та Закарпатській області в цілому. Завдяки оцінці ризиків виникнення багатьох небезпек, оцінці ризиків та інклюзивному підходу до прийняття рішень, проєкт став ключовим фактором для об'єднання відповідних зацікавлених сторін на місцевому, національному, регіональному та міжнародному транскордонному рівнях.

29 січня 2020 року за участі посадовців високого рівня відбулася Солотвинська конференція, організована ImProDiReT, яка завершилася підписанням спільної декларації. У цій спільній декларації зазначено, що вирішення ситуації є складним і потребує створення агентства, яке зможе діяти в рамках певного мандату й залучатиме всі зацікавлені сторони на всіх рівнях. Рушієм усунення надзвичайної ситуації у Солотвині з найбільшим потенціалом визначено соціально-економічний розвиток.

Під час реалізації проєкту ImProDiReT було зроблено висновок, що існує дефіцит обміну інформацією та обміну даними між усіма зацікавленими сторонами, залученими до діяльності з видобутку (її наслідків) у Солотвині. На думку проєкту ImProDiReT, це унеможливило поліпшення ситуації. Надзвичайний стан все ще діє, і поки що немає відповідей чи рішень щодо того, як його скасувати.



Базуючись на цих висновках та заручившись підтримкою губернатора Закарпатської області, учасники проєкту вирішили сприяти проведенню конференції за участі посадовців високого рівня, з метою знайти спосіб привести ситуацію в Солотвині до «нового» нормального стану.

Було зроблено наступні висновки.

- **Продовжити виконання рекомендацій Консультативної місії EUCPT 2016 року.**
- Продовжувати розвиватися та використовувати на регіональному рівні можливості програм ЄС та інші джерела фінансування (наприклад, EUSDR).
- Створити та забезпечити механізм координації й контролю на місцевому, регіональному та національному рівнях.
- Заохочувати до пошуку рішень у надзвичайних ситуаціях.
- Інформувати громадськість про поточну ситуацію та ризики небезпек у Солотвинському районі.
- Забезпечити ліквідацію негативних наслідків гірничодобувної діяльності, щоб знизити ризики для людей та навколишнього середовища.
- Створити та підтримувати оперативну систему моніторингу безпеки та екологічного стану Солотвинських шахт.
- **Розглянути можливість обмеженого видобутку, якщо це не матиме негативних наслідків для навколишнього середовища та безпеки.**
- Дозволити використання солі та соляних розчинів для оздоровчого туризму (лікування, реабілітації та рекреації), якщо це не матиме негативного впливу на навколишнє середовище.

## **1.6. Підтримка Стратегії ЄС для пріоритетних сфер 4 і 5 Дунайського регіону**

Стратегія Європейського Союзу для Дунайського регіону (далі: EUSDR) була започаткована 8 грудня 2010 року з публікацією правостановлюючих документів (комунікаційний звіт, план дій) і була погоджена під час головування Угорщини в ЄС у першій половині 2011 року.

EUSDR встановив деякі основні принципи, а саме, він поставив собі за мету спробувати реалізувати «принцип вирівнювання» у найбільшому басейні ЄС з точки зору територіального обсягу, і найбільш яскравому з політичної, соціальної, економічної та культурної точок зору.

Реалізація стратегії мала здійснюватися, використовуючи кошти ЄС. Крім того, він призначив «пари країн» для координації щодо дослідження проблем та їх вирішення.

Стратегія EUSDR стосується не лише ріки Дунай, але й країн, розташованих у Дунайському басейні, торкаючись спектру питань від інфраструктури через управління навколишнім середовищем та підвищення конкурентоспроможності до зміцнення політики безпеки регіону.

Відповідно до згаданих вище документів, EUSDR працює у 14 пріоритетних напрямках, таких як управління екологією, економікою, соціальною та науковою сферами, а також безпекою. Серед 14 пріоритетних, сфера 4 (координована Угорщиною та Словаччиною) стосується питань якості води на всій території Дунайського регіону (14 країн, близько 100 мільйонів жителів), зокрема, забезпечення відновлення водних ресурсів та підтримки якості води. Інша виділена сфера – це пріоритетна сфера 5, яка стосується екологічних ризиків (координується Угорщиною та Румунією). Цілі обох пріоритетних напрямів є абсолютно актуальними для подолання та вирішення проблем Солотвина.

Пріоритетні сфери 4 і 5, пов'язані з водою, мають стосуватися водних потоків, таких як Дунай, Тиса, Сава та, наприклад, річка Прут (Україна, Румунія, Молдова). У випадку реалізації проєктів, що стосуються цих річок, необхідна підготовка спільно створених та скоординованих стратегічних планів (управління річковим басейном), спрямованих на оцінку та поліпшення стану річок і вод у їхніх вододілах. І оскільки управління захистом річок від повеней має у пріоритеті захист життя та майна, це можна ефективно реалізувати лише через спільні проєкти захисту від повеней.

EUSDR в основному підтримує реалізацію цілей політики ЄС (у нашому випадку через серію проєктів, якими вона керує) з метою поліпшення стану вод регіону (водоохорони річок, озер, прибережних зон відносно Чорного моря, підземних вод і водно-болотних угідь, що входять до Дунайського регіону), вирішення питання стічних вод: від очищення та впровадження водозберігаючих технологій і вилучення забруднюючих речовин, до захисту від повеней, посухи, а також створення стратегії боротьби з катастрофами.

Виходячи з викладеного вище, не випадково вже у 2015 році Закарпатську область відвідала делегація управлінців високого рівня на чолі з Уповноваженим Міністерства закордонних справ і торгівлі Угорщини (який також був національним керівником EUSDR) та за участі Угорського координатора ПС 4 для ознайомлення із ситуацією у Солотвині.

Після візиту 2015 року, в 2016 році відбулися оглядові та консультативні місії. За підтримки міжнародних проєктів ImproDireT та РЕВІТАЛ 1, три місії сформували основу для врегулювання ситуації в Солотвині.

## 2. Аналіз Солотвина

### 2.1. Географічні та екологічні особливості

#### 2.1.1. Загальний огляд розташування та головні особливості ландшафту

Селище міського типу Солотвино знаходиться у Закарпатській області, яка є крайньою західною частиною України та північно-східною частиною Карпатсько-Панонського регіону. За своїми географічними особливостями цей регіон завжди був на периферії, віддалений від основних центрів і економічних зон. Відокремлення Закарпатської області від столичного регіону Києва хребтами Карпат, також призводить до послаблення зв'язків з іншими частинами країни. У географічному аспекті Закарпаття відносно невелике (12 800 км<sup>2</sup>), і більшість (80%) його території займають гори з 2000-метровими вершинами. Тому рельєф регіону розділений хребтами (наприклад, Східні Бескиди, Верховина, Горгани, Чорногора, Свидовець, Полонина Красна, Полонина Боржава чи Полонина Руна), річками (такими як Ріка, Тересва, Боржава, Латориця чи Уж) та вузькими долинами річок і струмків. У районі лише дві низовини або рівнини: Чопсько-Мукачівська рівнина (частина Великої Угорської рівнини) і **Мармарошська улоговина**, що відноситься до Верхньої долини і характеризується наявністю великих запасів корисних копалин. Гірська місцевість, швидкі ріки та відокремлені долини ускладнюють доступ до території не лише з центру України, а й із Карпатського басейну. Хоча деякі частини регіону, знаходячись на нижчій висоті – а саме західні околиці Закарпаття – географічно відкриті для Карпатського басейну, вільному (або відносно швидкому) переміщенню перешкоджають суворі прикордонні режими. Крім того, геополітичне розташування Закарпаття є складним, у зв'язку з жорсткими правилами перетину кордону з країнами Шенгенської зони (Угорщина та Словаччина) та Європейського Союзу (Румунія). Суворий прикордонний контроль з ЄС робить перетин кордону тривалим і складним, а тому логістичні центри і міста Угорщини, Словаччини та Румунії є недоступними. Проте східно-західні транспортні осі перетинають область через перевали гірських хребтів Карпат. Два автомобільні та два залізничні маршрути мережі TEN-T<sup>6</sup> торкаються Закарпаття: з боку Угорщини – Середземноморський коридор

---

<sup>6</sup> Транс'європейська транспортна мережа

та зі сторони Словаччини – Рейнсько-Дунайський коридор, але обидва вони проходять через північну частину регіону і оминають Мармарошську улоговину. Роль воріт міста Чоп є дуже важливою, оскільки об'єднує міжнародні залізничні лінії, які йдуть з Угорщини (Загонь) та Словаччини (Чернад-Тисою). Міжнародний транспортний коридор зосереджений у місті Мукачеві, тому що основні транзитні шляхи (M06 і M24) зустрічаються в його околицях і з'єднують Мукачево з сусідніми великими містами, такими як Кошице (через Ужгород) і Ньїредьгаза (через Берегове). Таким чином, Закарпатська область, де розташоване Солотвино, є воротами між Україною та ЄС, але рівень транспортної інфраструктури відстає від можливостей сусідніх країн і наразі немає жодних шансів скоротити розрив у цій сфері.

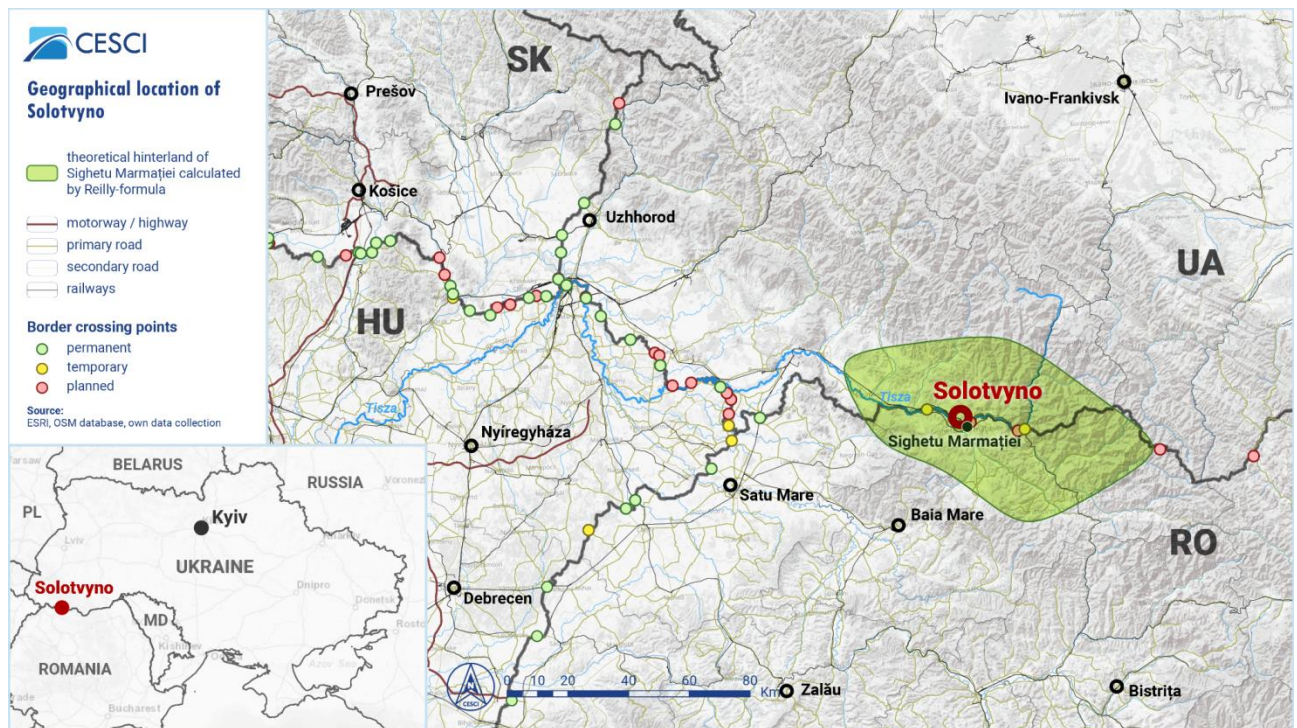


Рис. 2. Мапа

## Висновки

- Солотвино є частиною периферії України..
- Солотвино розташоване поруч із країнами-членами ЄС та Шенгенської зони.
- Територіальний центр Солотвино значною мірою характеризується близькістю до Румунії, а також розташуванням у долині Тиси.

## Рекомендації

- У світлі інтеграції в ЄС, треба намагатися брати участь в ініціативах, які дозволяють кращу взаємопов'язаність, підключення та мультимодальність коридорів TEN-T.
- Необхідно звернути увагу на роль долини Тиси як потенційних європейських воріт (також у світлі ускладнення варіантів судноплавства через російську загрозу).
- Треба врахувати близькість до Європейських ринків Румунії, Словаччини та Угорщини, незважаючи на велику відстань до Києва.
- Потрібно спробувати отримати вигоду від безпечного середовища, оскільки Закарпаття мало постраждало у війні Росії проти України.

### 2.1.2. Розселення і транспортна мережа, містобудівні функції

Селище міського типу (містечко) Солотвино, як адміністративний центр, та кілька інших населених пунктів у транспортному відношенні знаходиться на периферії області. Однак особливе географічне розташування цього населеного пункту підвищує його потенціал. Солотвино є частиною відокремленого Мармарошського басейну та омивається річкою Тиса, по якій проходить кордон між Румунією та Україною. Прикордонний мостовий перехід над річкою забезпечує сполучення з румунським містом Сігету Мармаціей, яке було колишнім центром транскордонного басейну. З 2007 року, коли міст був побудований, новий переїзд зменшив периферійність регіону та сприяв транскордонній трудовій мобільності громадян України й торгівлі з сусіднім румунським містом. Долина є великим коридором у південній частині Закарпаття, але цей потенціал не використовується через мінімальну кількість пунктів пропуску та значну віддаленість від міжнародних транзитних шляхів. У минулому через річку було прокладено більше мостів, але багато з них завалилися або були зруйновані. Відсутність мостів і майже повна відсутність пунктів перетину кордону є критичним недоліком регіону, який навіть сьогодні обмежує економічне, соціальне та транспортне сполучення у басейні Мармарошу. До 2024 року заплановано побудувати новий чотирикутний міст біля Солотвина у Білій Церкві, що створить друге пряме сполучення з Румунією (інший – перехід Неветленфолу – Халмеу) уздовж південних кордонів Закарпаття (Україна). Завдяки цьому новому мосту між Сігету Мармаціей і Білою Церквою, буде можливо задовольнити більші потреби у перевезеннях, включаючи вантажний і автобусний рух. Це буде значним прогресом, у порівнянні з сьогоднішнім односмуговим дерев'яним мостом, призначеним виключно для пішохідного та

автомобільного руху. Вздовж річки розташовані населені пункти Хуст, Стеблівка, Буштино, Тячів і Тересва, які об'єднують Солотвино з центральною частиною області. Основна дорога та залізнична колія також пролягають вздовж річки, але залізнична колія не є логістично завершеною, оскільки Солотвино є кінцевим пунктом мережі, а пряме сполучення з Раховом не вирішено. Потрібна колія хоча й існує, але тривалий час вона не працювала, оскільки перетинає державний кордон і пролягає через румунську сторону між Тересвою та Діловим. Відновлення залізничного сполучення між Сігету Мармаціей і Тересвою зробило Солотвино логістично доступнішим.

Вузькі долини та обмежена кількість пунктів перетину кордону впливають на кількість населених пунктів навколо Солотвина. Потенційні функціональні зв'язки цього населеного пункту відкриті у трьох напрямках, де східно-західна вісь є домінуючою, оскільки це єдиний коридор між Рахівським районом і центром області. Південний напрямок також актуальний, оскільки Сігету Мармаціей («аналог» Солотвина) має найбільшу кількість населення в басейні. Цей південний напрямок має єдине автомобільне сполучення з Румунією у східній частині Закарпаття. Оскільки такі локальні центри, як Тячів і Рахів, розташовані далеко (30-40 км) від Солотвина, а зона впливу Сігету знижена у зв'язку з наявністю кордону, Солотвино змогло стати локальним центром лише для своїх околиць. Завдяки проведеній адміністративно-територіальній реформі, селище міського типу нещодавно стало районним центром (головним населеним пунктом Солотвинської громади) для шести населених пунктів з населенням 35-36 тис. мешканців. Незважаючи на таке розташування, Солотвино не є районним центром. Крім того, український адміністративно-територіальний поділ Тячівського та Рахівського районів розділяють його на дві частини. Отже, Солотвино розташоване на окраїні Тячівського району та є адміністративно відокремленим від східних сусідніх населених пунктів.

Смт Солотвино завжди **вирізнялося серед сусідніх населених пунктів, оскільки Мармарошський басейн (і особливо Солотвино) багатий на корисні копалини.** З точки зору економічної структури (майже моноструктурна гірничодобувна промисловість), характерними є розподіл діяльності за національною приналежністю, розвиток закладів оздоровчого призначення, а пізніше й оздоровчого туризму. Робота на **соляних копальнях** вимагала залучення великої кількості робочої сили та спеціалістів з необхідними знаннями, що спричинило масовий ріст населення та національне розмаїття в околицях Солотвина.

Це також потребувало створення **складної інституційної системи,** яка враховувала б різні культурні та мовні особливості мешканців. Солотвино як селище міського типу постійно забезпечує

доступ і функціонування церков різних релігійних спрямувань, а також навчальних закладів для різних меншин. Тому цей населений пункт є одним із головних центрів для національних меншин. Внаслідок закриття соляних шахт і підземної алергологічної лікарні почався великий спад, але деякі робочі місця збереглися і наразі забезпечують місцеве населення засобами для існування (Opencan et al, 2018). Ці робочі місця значною мірою пов'язані з індустрією туризму, особливо з **закладами оздоровчого туризму**, оскільки солена вода та наземні алергологічні лікарні, що залишилися, все ще приваблюють відвідувачів і пацієнтів. Жителі Солотвина забезпечені основним медичним та освітнім функціоналом, таким як медичні пункти, швидкі допомоги, аптеки, дитячі садки, початкові та старші школи. Варто зазначити, що в Солотвині є три дитсадки різних етнічних груп (два з них утримуються Солотвинською громадою, один – благодійними організаціями). Шкільна система є доступною, оскільки кожна національна меншина має свою власну початкову школу, є загальноосвітня школа, школа-інтернат (для малозабезпечених учнів) та ПТУ, де навчаються учні не лише з Солотвина, а й його околиць. Транспортні можливості селища міського типу впливають на його важливість і функціональність. Міст є сполучною ланкою між двома берегами річки, і це єдиний пункт пропуску на кордоні з Румунією у південно-східній частині Закарпаття. Залізничне сполучення Солотвина з населеними пунктами не забезпечене повною мірою. Незважаючи на часткову відірваність від залізничної мережі, вона все ж використовується для перевезення пасажирів і вантажів. Крім того, Солотвино є з'єднувальним (або в'їзним) пунктом для тих сусідніх населених пунктів, які не мають доступу до національної залізничної мережі.

Солотвино виконує важливі функції у забезпеченні соціальних потреб місцевих жителів, гостей та мешканців навколишніх населених пунктів. Цей факт став очевидним, коли у 2010 році Європейська Команда цивільного захисту громадян оглянула територію видобутку та дійшла висновку, що 133 будинки непридатні для використання, а їх мешканці повинні бути евакуйовані з зони навколо шахт і кратерів (Європейська Команда цивільного захисту громадян, 2016). Виникла ідея переселення мешканців, але вони не захотіли змінювати місце проживання та переїжджати до с.Тереблї. Український уряд після 2010 року побудував 133 будинки у Тереблї для людей, які живуть у зоні високого ризику в Солотвині, але більшість постраждалого населення не переїхала, тому що вони не хотіли відмовлятися від реалізації своїх прав як меншин (у Солотвині є відповідні установи, церкви), або не бачили власного майбутнього в меншому населеному пункті з меншою кількістю послуг і менш розвиненою громадською інфраструктурою (Opencan et al., 2018). Були й інші причини, як-от локальний патріотизм, наявні можливості для працевлаштування у Солотвині, питання

власності та проблема якості нових будинків у Тереблї. Незважаючи на ці причини, у довгостроковій перспективі переселення можна вважати неминучим, оскільки не лише житлові будинки, але й багато установ, що виконують громадські функції, знаходяться у небезпечній зоні. Відповідно до проведеної оцінки, у переліку об'єктів, що знаходяться в зоні ризику, є школа, дитячий садок, дві установи, які належать громаді Солотвина, кладовище, місцеві дороги, газопроводи, водопроводи, каналізаційні мережі та електророзподільний центр біля Шахти 9 (Onencan, A. M. et al 2018).

## Висновки

- Гірничодобувна промислова спадщина, культурне розмаїття, лікарні та оздоровчо-рекреаційний туризм ставлять Солотвино на вищій щабель порівняно з навколишніми населеними пунктами.
- За функціональним розмаїттям і важливістю деяких установ і послуг, що надаються у Солотвині, його можна розглядати як невелике міське поселення («місто» у функціональному значенні).
- Просторові, урбаністичні зв'язки Солотвина ускладнені відсутністю прикордонних переходів та східно-західним напрямком долини Тиси.
- Найявний широкий спектр проблем – від переселення населення з небезпечних територій до різноманітних екологічних небезпек.

## Рекомендації

- У світлі адміністративних змін 2020 року необхідно врахувати урбаністичний функціонал Солотвина та переглянути його роль у наданні послуг для навколишніх сіл.
- Треба спробувати краще використати потенціал транскордонної зони впливу Сігету Мармацієй, особливо у сфері обігу робочої сили та обміну студентами, а також торгівлі, започаткувавши більш інституціолізовані форми транскордонної співпраці та створивши відповідні управлінські структури (наприклад, міська платформа).
- Необхідно зосередитися на містобудівних функціях, установах та послугах регіонального значення (туристичні об'єкти, лікарні тощо) й привабливості для підтримки та зміцнення міського розвитку.



### 2.1.3. Житловий фонд

Важливо звернути увагу на **житлові умови у будинках**, де мешкають члени місцевої громади, оскільки недоліки та небезпечність цих будівель вимагають евакуації постраждалих людей. Провали, що розширюються, зсуви та просідання становлять велику загрозу для ключової інфраструктури та житлових будинків. Час від часу в Солотвині **звичним заняттям є переселення та розбудова нових житлових масивів**. Історичний центр Солотвина навколо шахти номер 8, де були розташовані різні установи та проживала величезна частина місцевого населення, найбільше постраждав від зміщень поверхні землі. Через загрозу повсякденному життю місцеві жителі крок за кроком переселялися в інші райони Солотвина. Ще у 1970-х роках виникли серйозні проблеми у житлових районах поблизу шахт і шурфів. Це стало причиною появи багатоповерхових житлових кварталів подалі від загрозливих (небезпечних) територій.

Більшість житла застаріла і не відповідає вимогам сучасних норм. Ці будівлі здебільшого одно- або двоповерхові, а бетонні платформи мають товщину приблизно один метр без будь-якого армування. Стіни були зроблені з земляних і цементних блоків, але у деяких випадках конструкція будинків містить саман, цеглу, каміння або деревину. Питання ізоляції будинків вирішено не всюди, деякі будинки покриті лише шаром штукатурки. Отже рівень їх комфортабельності низький, але підключення до водопроводу забезпечено. Безумовно, житлова зона потерпає від наслідків гірничодобувних робіт через просідання та зсув ґрунту. У результаті цього, найчастіше на стінах або підлозі будинків з'являються тріщини, які є явним доказом того, що будівлі знаходяться у небезпечній зоні. Крім того, через відсутність підпірних стін існує загроза повного обвалу будівель. Згідно з попередніми обстеженнями 300 житлових будинків знаходяться у небезпечній зоні, а 133 з них були визнані непридатними для проживання (Onencan, A. M. et al 2018). Щоб зменшити кількість жертв і бездомних, держава створила програму переселення, яка не була реалізована, як описано вище, у зв'язку з супротивом місцевих жителів.

Детальний аналіз потенційно загрозливих територій та очікуваних економічних збитків можна прочитати у попередніх пов'язаних проєктах (див. розділ 2.5 про результати звіту Європейської Команди цивільного захисту громадян за 2016 рік «Район Солотвинських соляних шахт» та пов'язаний звіт про оцінку ризиків). Крім того, розділ 3 цього документу містить важливі відомості щодо оцінки ризиків. На основі інформації, отриманої у червні 2022 року (інтерв'ю з паном Кочергою), наразі лише кілька будівель перебувають у зоні дії безпосередньої небезпеки. Тріщини видно на кількох житлових будинках переважно на двох вулицях (інтерв'ю з паном Кочергою, 2022

рік). Проте дуже важливо переглянути механізм управління земельними ресурсами та містобудування, оскільки ситуація все ще досить невизначена, особливо щодо руху підземних і ґрунтових вод та руху землі у глибших шарах.

Соціально-економічні збитки та негативні економічні наслідки будуть набагато більшими, якщо просідання та зсуви поширяться до місць розташування громадських установ чи комунальних підприємств, проте, відносно невелика кількість домогосподарств знаходиться під прямою загрозою. У Солотвині можливими є обидва варіанти. Випадкове пошкодження газопроводу, водопроводу чи системи електричних мереж призвело б до величезних збитків для населеного пункту, не кажучи вже про транспортну систему, оскільки головна дорога та залізниця, що забезпечують транспортування продуктів і ресурсів, також знаходяться у зоні потенційного впливу. Без цієї інфраструктури місцеві заводи та підприємства не працювали б. Крім того, школа, дитячий садок і дві комунальні установи також знаходяться у небезпечній зоні, де постраждали соціальні групи є надзвичайно вразливими.

Отже, частина житлового фонду та інфраструктури населеного пункту знаходиться у небезпечній зоні. Щоб вирішити цю проблему, має бути узгоджений план (з фінансовим пакетом) щодо забезпечення функціонування та відновлення (яке неможливо замінити в короткостроковій перспективі) деяких об'єктів критичної інфраструктури та установ. Можливо є необхідність продовжити переселення постраждалих мешканців із потенційно небезпечної зони з урахуванням їхнього культурного та національного походження. Необхідно знести будівлі, які є небезпечними для проживання, і побудувати достатні підпирні стіни, щоб запобігти потенційним жертвам і подальшим нещасним випадкам.

## **Висновки**

- Житловий фонд перебуває в незадовільному стані, а будівлі в окремих районах Солотвина є небезпечними.
- У деяких регіонах переселення, а також будівництво нового житла та інфраструктури може бути єдиним прийнятним варіантом.

## **Рекомендації**

- Переосмислити планування землекористування та політику урбанізації шляхом суворого дотримання зонування й видачі дозволів на будівництво, що дозволить зосередити нові забудови у районах із низьким рівнем безпеки.

- Заохочувати створення мобільних конструкцій та будівництво з високоякісних матеріалів, які можуть бути більш стійкими до зсувів, тріщин та інших рухів.
- Адаптувати систему моніторингу та час від часу оглядати стан будівель.
- Переселення та будь-яке розширення території забудови повинно враховувати соціально-економічні відносини, міську структуру та внутрішні зв'язки громади, а також слід підтримувати територіально інтегрований підхід, який має бути глибшим за просте вирішення питань знесення та будівництва окремих будівель.

## 2.1.4. Охорона навколишнього середовища

У зв'язку з відсутністю індустріалізації та через відносно невелику кількість антропогенних втручань, у Закарпатті збереглася унікальна екосистема з гірськими ландшафтами та пралісами. Варто зазначити, що з метою охорони та збереження екологічних та геологічних цінностей для наступних поколінь, найцінніші території знаходяться під охороною ЮНЕСКО (праліси Карпат та інших регіонів Європи), у тому числі і три національні парки (НП «Зачарований край», НП «Синевир», Ужанський НП). Окрім природних парків існує багато інших природоохоронних територій з різними рівнями охорони, таких як біосферні заповідники, регіональні ландшафтні парки, часткові заповідники, пам'ятки природи або заповідні території. Важливо відзначити Карпатський біосферний заповідник з його територією понад 500 км<sup>2</sup>, який є не лише найбільшою природоохоронною територією в регіоні, але й має Європейський диплом природоохоронних територій з 1998 року.

Незважаючи на охорону вищезазначених об'єктів екологічної спадщини, решта лісів і природних середовищ існування перебуває під загрозою через масову та недостатньо контрольовану вирубку й забруднення. На Закарпатті **обсяг видатків на охорону навколишнього природного середовища**<sup>7</sup> (у тис. грн<sup>8</sup>) за 2017-2020 роки зріс на 105 955,7 грн (+59,5%): з 178 002,9 грн до 283 958,6 грн. У 2020 році найбільше коштів було витрачено містом Ужгород (102 649,4 грн; 36,1% від загальних видатків), Рахівським районом (75 121,3 грн; 26,5%) та Міжгірським районом (39 063,4 грн; 13,8%), натомість найменше – Хустським (1,2 грн), Мукачівським (10,3 грн) та Тячівським (16,9 грн)

<sup>7</sup> Витрати на охорону навколишнього природного середовища 2017, 2020:  
[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/vitrati\\_rajony-2017.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/vitrati_rajony-2017.pdf);  
[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/vitrati\\_rajony-2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/vitrati_rajony-2020.pdf)

<sup>8</sup> Українська гривня, або грн, офіційна національна валюта України

районами. За досліджуваний період з 2017 по 2020 роки обсяг фінансування збільшився у місті Ужгород (+41 785,2 грн), Рахівському районі (+48 072,6 грн) та Виноградівському районі (+11 756,3 грн), а найсуттєвіше зменшився – у Перечинському районі (-5 726,4 грн), місті Хуст (-5 548,8 грн) та місті Мукачеве (-2 399,1 грн). У Тячівському районі, куди входить Солотвино, за три роки відбулося помірне зниження на 21,8 грн, що на 56,3% менше, ніж у 2017 році (38,7 грн).<sup>9</sup>

Дані свідчать про недостатність фінансування системи охорони навколишнього середовища у Тячівському районі. Незважаючи на те, що Солотвино має значні поклади кам'яної солі та соляний карст, морфологія яких швидко змінюється, ці об'єкти не охороняються, а їх використання не лімітоване жодними обмеженнями. Більше того, ці соляні ресурси є не просто спадщиною чи туристичною пам'яткою, але й джерелом величезної екологічної та гідрогеологічної небезпеки. У разі настання несподіваних подій (таких як повінь, осідання або зсув ґрунтів) солена вода покинутих шахт може легко влитися у прісну воду та підвищити **концентрацію хлоридів у ній (Stoeck та ін. 2020). Перші ознаки високої концентрації солі в річці Тиса були виявлені та оприлюднені Угорським управлінням водних ресурсів у 2008 році.** Це складна річка, що протікає через декілька країн і має значне екологічне значення, а тому так важливо захистити її від потрапляння соляних розчинів із Солотвинського солерудника. На відміну від, наприклад, зони Natura 2000 Superioară (Верхня) в Румунії, Виноградівської Тиси в Україні або Верхньої в Угорщині, територія Солотвина не має закріпленого статусу природоохоронної території, що впливає на екологічні ризики. Не кажучи вже про важливість питної води, яка очищується методом берегової фільтрації не лише у Солотвині, а й у багатьох куточках Румунії та Угорщини.

## Висновки

- У Закарпатській області є багато природоохоронних територій, які можуть стати основою для екологічного туризму.
- Долина і басейн Тиси мають міжнародне значення та актуальність, оскільки верхня та нижня частини річки утворюють спільну транскордонну функціональну територію, на якій забруднення, техногенні та природні катастрофи можуть поширюватися та становити велику спільну проблему.

---

<sup>9</sup> Державна служба статистики України - Головне управління статистики у Закарпатській області

## Рекомендації

- Можливе спільне управління та транскордонне вирішення спільних проблем басейну Тиси; необхідна тісніша співпраця у сфері управління водними ресурсами та ризиками.
- Потрібна краща транснаціональна співпраця, щоб забезпечити захист якості води.

### 2.1.5. Управління відходами та стічними водами

За наявними офіційними даними, у Закарпатській області у 2017 році (173 390 тон) та 2020 році (144 983,3 тон) **утворення відходів**<sup>10</sup> зменшилося на 16,4%. У 2020 році найбільше відходів утворилося у містах Ужгород (51 234,6 т; 35,3% від загального обсягу) та Мукачеве (36 098,8 т; 24,9%) і Виноградівському районі (19 035,3 т; 13,1%). Найменше відходів утворилося у Великоберезнянському (45,6 т), Хустському (220,1 т) та Берегівському районах (233 т). Тячівський район знаходиться на 7 місці за кількістю відходів у 3 806,1 т, трохи випереджаючи Ужгородський район (2 854,3 т), але відстаючи від Рахівського (5 371,2 т) і Свалявського (5 840,8 т) районів. У більшості районів у 2020 році утворених відходів було менше, ніж у 2017 році; у виняткових випадках ступінь зростання був значно нижчим, ніж ступінь зменшення в інших районах області. Найбільше зменшення спостерігалось у Виноградівському (-14 234,9 т), Тячівському районах (-3 526,3 т), у місті Ужгород (-2 813,6 т) та Іршавському районі (-2 218,3 т), а у Свалявському районі (+583,7 т), містах Хуст (+473,2 т) та Берегово (+163,2 т) – кількість утворених відходів зросла. У пропорційному відношенні найбільше скорочення зафіксовано у Великоберезнянському (-94%), Міжгірському (-82,6%) та Іршавському (-81%) районах, натомість у місті Хуст (+152,7%) приріст склав понад 100%. У Тячівському районі темпи зниження склали 48,1% (2017 рік: 7 332,4 т), що відповідає тенденції в області.<sup>11</sup>

Несприятливим фактором є те, що обробляється лише певна частина утворених відходів, а **система управління відходами**<sup>12</sup> не працює добре; частка переробки відходів є низькою. У 2020 році на Закарпатті більшість відходів (97,9%; 160 974,6 тон) було вивезено на полігон і лише 1,9% (3 199 тон) було спалено та 0,2% (267,8 тон) перероблено. Розміщення відходів на полігонах є

<sup>10</sup> Утворення відходів 2017, 2020: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/utvor\\_vidhod\\_rajony-2017.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/utvor_vidhod_rajony-2017.pdf);  
[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/utvor\\_vidhod\\_rajony-2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/utvor_vidhod_rajony-2020.pdf)

<sup>11</sup> Державна служба статистики України - Головне управління статистики у Закарпатській області

<sup>12</sup> Управління відходами 2017, 2020:

[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/povod\\_vidhod\\_rajony-2017.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2018/povod_vidhod_rajony-2017.pdf);  
[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/povod\\_vidhod\\_rajony-2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/navkol/2021/povod_vidhod_rajony-2020.pdf).

загальноприйнятим способом поводження з відходами; частка цього методу перевищує 85% у кожному районі та містах обласного значення. У Тячівському районі цей показник становив 97,9% (5 894,8 тон). Застосування інших методів було незначним: спалених відходів без утилізації було лише 125,5 тон (2,1%). Порівняно з 2017 роком, частка використання полігонів зросла (до 93,9%; 7 407 тон), а спалювання знизилося (до 6,1%; 481 тон); така ж тенденція спостерігається і на загально регіональному рівні (використання сміттєзвалищ – 96,2%; спалювання – 3,7%). (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

Майже відсутня і переробка твердих побутових відходів. Очевидно, що мешканці викидають побутові відходи у кратери, оскільки система вивезення сміття не відповідає потребам громади (Móga et al., 2019). Історично склалося так, що полігон знаходиться у центрі населеного пункту. Він розташований поруч із свердловиною шахти 7, що негативно впливає на локальні води та ґрунти. Великі обсяги сміття вивозили на полігон навіть із сусідніх поселень. Враховуючи його великі розміри, просто закрити територію неможливо. Що вдалося зробити, так це досягти скорочення вхідних відходів; тепер туди скидають сміття лише з Солотвина. Більше немає куди звозити відходи – це єдине сміттєзвалище, що є на території. Селищні очільники хотіли б створити нове та ліквідувати переповнене старе сміттєзвалище, але на це не вистачає коштів. У минулому було заплановано будівництво сміттєпереробного заводу, але проєкт не було реалізовано (інтерв'ю з паном Кочергою, 2022 рік). Що стосується **Солотвина**, то ще однією проблемною сферою є забруднення природних ресурсів. Кратери, соляні ресурси, розсільні води і ґрунти піддаються загрози забруднення. Туризм (з медичними центрами, пляжами та житлом) і сільське господарство можуть зазнати кризи, що безпосередньо вплине на місцеву громаду. Незважаючи на те, що більшість будинків у Солотвині підключені до каналізації, **очисні споруди**, побудовані у 1970-х роках, не працюють належним чином, і **стічні води витікають майже прямо в річку Тиса**. В останні десятиліття оновлення каналізаційної системи було менш пріоритетним, ніж поліпшення питного водопостачання (Європейська Команда цивільного захисту населення, 2016). Крім того, з інших частин населеного пункту стічні води без фільтрації стікають безпосередньо у кратери, що у свою чергу, більше посилює виникнення зсувів та просідань. Крім того, через просідання ґрунту багато каналізаційних трубопроводів, можливо, були зламані та засипані землею, забруднюючи ґрунтові води.

Після закриття соляних шахт, **індустрія туризму стала головним сектором, який забезпечує робочими місцями місцевих жителів** та дала змогу подолати місцеву економічну рецесію. В основному забруднення солоної води та велика кількість незаконних звалищ відходів погіршує

туристичний потенціал Солотвина. Таким чином, важливо зменшити забруднення води та ґрунту, шляхом обмеження витоку забруднених ґрунтових вод та поширення сміття, застосовуючи підвищення рівня очищення та проведення робіт із центральним сміттєзвалищем.

## **Висновки**

- Реформа та розвиток системи ефективного поводження з відходами має вирішальне значення, оскільки неочищена каналізаційна вода, використання звалищ і нерегульована утилізація відходів становлять великий ризик для здоров'я та навколишнього середовища. Крім того, це не лише погіршує якість соляних ресурсів, питної та прісної води Тиси, але й позбавляє регіон потенційних можливостей розвитку (туризм тощо).

## **Рекомендації**

- Існують можливості для створення, підтримки та розвитку систем управління відходами шляхом створення можливостей для обміну знаннями, а також передачі технологій, обміну ноу-хау з угорськими організаціями, відповідальними за водопостачання та очищення стічних вод.
- Необхідно заохочувати розвиток економіки замкнутого циклу, насамперед, шляхом поліпшення переробки відходів, що також може забезпечити додаткові робочі місця та прибуток.
- Ліквідувати незаконні стихійні сміттєзвалища та засипані воронки вздовж заплави Тиси у Солотвині та навколо населеного пункту. Спробувати повторно використати або переробити видалені матеріали та відходи.
- Створити нове сучасне сміттєзвалище за стандартами ЄС далі від річки та соляних шахт, щоб захистити поверхневі та ґрунтові води від забруднення й трансмісії.
- Підтримувати проведення заходів з підвищення обізнаності (наприклад, конкурси зі збору та переробки сміття).

## 2.2. Структура населення

### 2.2.1. Демографічна ситуація

**Населення**<sup>13</sup> Закарпатської області, де розташоване Солотвино, перевищує один мільйон жителів (2020: 1 250 129 осіб), таким чином Закарпатська область знаходиться посередині рейтингу областей України за чисельністю населення. Однак територіальний розподіл жителів є нерівномірним через географічні особливості регіону, оскільки рівнини та ширші долини є більш придатними для заселення. Варто підкреслити, що більші міста та містечка обласного значення (Ужгород, Мукачеве чи Хуст) розташовані на межі низинної та гірської місцевості, немов ворота, що з'єднують гірські перевали та долини з рівниною. Як зазначалося раніше, **Тячівський район** (174 580 жителів) є найбільш населеним в області, він випереджає головні міста та їх райони. У 2020 році в аналізованому районі проживало 14% населення Закарпаття, тому він є гравітаційним центром південної частини області (то більше, ніж сукупне значення міста Хуст та Хустського району). Це означає, що Тячівський район є основним у регіоні з його робочою силою та споживчою спроможністю, що може стати величезним надбанням у майбутньому для побудови конкурентоспроможної економіки. Проте динаміка демографії є негативною та співпадає з регіональною тенденцією, адже з 2015 року чисельність населення зменшилася на 720 осіб. (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області)

Несприятлива демографічна тенденція<sup>14</sup> спостерігається і у Тячівському районі. У 2020 році природне скорочення (-1,5%) було нижчим від середньообласного. Протягом останніх п'яти років ступінь змін за природним відтворенням був більш суттєвим у Тячівському районі (-4,4%), ніж в області загалом (-3,6%), таким чином спостерігається адаптація досліджуваного району до тенденцій відтворення як у північно-східних районах. У 2015 році на цих територіях були зафіксовані позитивні показники (Тячівський район: 2,9%), за винятком природного приросту, але до 2020 року їх значення знизилися і район втратив перевагу серед інших районів Закарпаття. З іншого боку, точне значення показника природного відтворення у Тячівському районі все ще було вищим, ніж на загальнообласному рівні у 2020 році, а, отже, ефект попереднього періоду не зник повністю. (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

<sup>13</sup> Населення 2020: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2021/nasel\\_0101\\_2021.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2021/nasel_0101_2021.pdf)

<sup>14</sup> Кількість живонароджених та померлих 2020: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2020/prn\\_01-12\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2020/prn_01-12_2020.pdf)



**Щільність населення** залежить від географічних особливостей та структури розселення регіону, що передбачає значні територіальні відмінності між міськими та гірськими районами. Загалом у рівнинних районах середня щільність складала понад 100/км<sup>2</sup>, тоді як навколо підніжжя гір середня густота населення становила близько 90/км<sup>2</sup>, а в гірських районах – менше 50/км<sup>2</sup>. Порівняно з 2015 роком, густота населення зменшилася майже у кожній аналізованій одиниці (на Закарпатті на -0,7 бала), але виняток склали місто Ужгород та Ужгородський район, де перший збільшився на 6,4 пункта, а другий на 1,1 пункта. Ці позитивні показники показують і підтверджують привабливість і потужність обласного центру. Територіальна структура густоти населення **Тячівського району** різноманітна, оскільки мережа поселень визначається геоморфологічно. Більшість місцевого населення зосереджена в долинах трьох річок (особливо у південній частині району), тому відсоток незаселених територій є значним. Найбільша густота населення спостерігається вздовж долини, оскільки локальні головні населені пункти (такі як Тячів, Солотвино, Тересва чи Буштино) знаходяться у цьому східно-західному природному коридорі та з'єднані між собою річкою. Інші дві долини є притоками (Тереблі та Тересви), які слугують проходами з півночі на південь до Міжгірського району та об'єднують решту населення регіону. Варто зазначити, що Тячівський район не має жодного міста регіонального значення, тому за густотою населення та щільністю забудови відстає від міських районів Ужгорода (3 068/км<sup>2</sup>) або Мукачева (3043/км<sup>2</sup>). Це вказує на недоліки у забезпеченні виконання урбаністичних функцій, тому саме Тячів і Солотвино можуть компенсувати їх. Завдяки такій «сильній позиції» Солотвина, соціально-економічний статус населеного пункту помітно визначає його демографічну тенденцію. Через розташування району в північній гірській місцевості, у 2020 році густота населення району (96/км<sup>2</sup>) була трохи нижчою за середньообласний показник (98/км<sup>2</sup>), така ж ситуація була і в 2015 році. Хоча тенденція зміни була негативною (-0,3 бала), ступінь зміни був помірним.

За відсутності доступних даних **точний коефіцієнт народжуваності**<sup>15</sup> не може бути розрахований, тому можна проаналізувати лише живонароджуваність, що показує кількість живонароджених на одну тисячу жителів. Цей показник у 2020 році в Закарпатській області становив 10,8‰, що трохи вище, ніж у Словаччині (10,4‰) чи Румунії (10,3‰), і краще, ніж у ЄС (9,1‰) чи Угорщині (9,6‰). У 2015 році на Закарпатті рівень народжуваності був значно вищим (13,3‰), ніж п'ять років по тому. У **Тячівському районі** показник народжуваності суттєво не відрізняється від

<sup>15</sup> Живонароджені у 2020 році: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2020/prn\\_01-12\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2020/prn_01-12_2020.pdf)

загальної регіональної тенденції. У 2020 році значення показника становило 10,6‰, що було трохи нижче середньообласного (10,8‰), але на схожому рівні з сусіднім Хустським районом. У 2015 році Тячівський район також був посередині рейтингу з показником 13,5‰, який ледь перевищував середньообласний показник та показник Хустського району. Це вказує на те, що протягом останніх п'яти років Тячівський район (-2,9‰) зазнав більшого впливу зі зниження народжуваності, ніж область у цілому чи Хустський район. Але східний сусід Тячівського району (Рахівський район) мав зовсім інші показники, одні з найвищих у цілій області. Ця молода робоча сила, перебуваючи у безпосередній близькості від Солотвина, означає чудову можливість підняти місцеву економіку та може стати основою майбутнього розвитку зайнятості. Якщо Солотвино та Тячівський район не можуть зупинити постійне зниження народжуваності, то ці території мають залучити та утримати місцевий людський капітал Рахівського району.

На демографічний потенціал території помітно впливає рівень **міграції**<sup>16</sup>. У 2020 році Закарпатська область мала від'ємне сальдо міграції (-0,33‰), але локально ситуація була складнішою. Міграційний приріст виявлено на найбільш важливих урбанізованих територіях, таких як міста: Мукачеве (4,85‰), Ужгород (3,28‰), Берегове (0,67‰) та в околицях обласного центру (Ужгородський район з 3,28‰), а також у двох інших районних центрах – у містах Чоп (0‰) та Хуст (-0,03‰). Це засвідчує, що великі міста регіону зберегли свою привабливість, оскільки тут можна знайти найбільше робочих місць із вищим рівнем життя. Питання міграції було особливо актуальним для гірських північних районів, які є важкодоступними, характеризуються невеликою кількістю робочих місць, низькою заробітною платою та поганими умовами життя, що спричиняють основні проблеми (наприклад, у Воловецькому районі з -4,21). За останні п'ять років рівень міграції консолідований, оскільки у 2015 році міграційні втрати Закарпаття становили 1,31‰, що означає поліпшення на 0,98‰ пункту. Хоча у 2020 році **Тячівський район** не належав до групи найбільш неблагополучних (гірських) районів, міграційне скорочення тут також було значним (-1,2‰). **Втрати населення внаслідок міграції були вищими, ніж у середньому по області**, що свідчить про несприятливі умови проживання в районі. Цікавою закономірністю є те, що інтенсивність (негативної) міграції зменшується до західної частини долини. Причиною цього явища є краща доступність і сполученість західних районів, у той час як доступність до віддаленого Мармарошського басейну дійсно є ускладненою. Порівняно з 2015 роком обсяг міграції зменшився,

---

<sup>16</sup> Міграційний приріст (скорочення) населення у 2020 році: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2020/prn\\_01-12\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dem/2020/prn_01-12_2020.pdf)

оскільки міграційний дефіцит становив на той час  $-2,2\%$ . Незважаючи на такі високі міграційні втрати, структура рейтингу суттєво не змінилася, оскільки значний міграційний дефіцит був регіональною тенденцією 2015 року. Тячівський район займав щабель нижче середнього рівня по області, однак випереджав найбільш несприятливі території. Підсумовуючи, Тячівський район вписувався в регіональну тенденцію, оскільки ступінь зміни ( $+1,02\%$ ) лише трохи перевищував обласний рівень (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

Щодо Солотвина, то дві групи населення переважно постраждали від потоків еміграції. Однією групою є **етнічні угорці**, які здебільшого займалися видобутком корисних копалин, однак ця діяльність втратила свій потенціал з утримання/залучення населення у Солотвині. Важливо підкреслити високі міграційні втрати через значний рівень мобільності угорської меншини. Подвійне громадянство, надане угорським урядом, сприяло еміграції до Угорщини чи до інших частин ЄС, які є привабливими не лише для угорців, а й для інших етнічних груп. Більшість цих міграцій є тривалими або остаточними, що спричиняє суттєву зміну етнічної структури Закарпаття. Завдяки цій можливості люди, які бажали емігрувати, покинули Закарпатську область та Солотвино ще до 2020 року, тому обсяги міграційних втрат у 2015 році були вищими, ніж у 2020 році. Іншу групу людей, яких важче ідентифікувати, становлять **люди працездатного віку** та прошарок підприємців. Багато хто знайшов роботу в Угорщині, Чехії чи ще далі від рідного міста. Закриття соляних шахт і зникнення іншої колись доступної роботи змушують місцеву робочу силу переїжджати та змінювати місце проживання. У Солотвині є житлові будинки, де з 400 квартир близько 30% квартир вільні.

На жаль, в останні роки Україна стала зоною конфлікту, що посилює міграційні процеси в країні. Закарпаття розташоване далеко від полів битв, але наслідки війни Росії проти України торкаються і цієї частини країни. Ті, хто покинув країну із Солотвина, не можуть або не мають наміру повертатися найближчим часом. Через загострення конфлікту поточний обсяг міграції неможливо визначити, однак основні тенденції очевидні. Велике занепокоєння для Закарпатської області викликає відтворення населення, адже багато жителів, які мають відповідні документи, виїхали з області. Тисячі громадян України щодня залишали країну в напрямку Угорщини через Закарпатську область навіть протягом жовтня та листопада 2022 року. Водночас велика кількість біженців та мігрантів прибули зі сходу України, щоб знайти безпечніший притулок на Закарпатті. Станом на листопад 2022 року в області офіційно зареєстровано 156 тис. біженців. Проте, за словами

губернатора Закарпатської області Віктора Микити, згідно з інформацією мобільних операторів, їх кількість може сягнути майже 350 тис.<sup>17</sup>

Ця тенденція кардинально змінить етнічний баланс, негативно вплине на культурне розмаїття регіону та створить величезну проблему розміщення та обслуговування новоприбулих осіб. Це включає не лише питання розміщення біженців, але й сектори працевлаштування та освіти. Громадські заклади будуть перевантажені, дитячі садки та школи повинні мати можливість прийняти релокованих дітей, а госпіталі мають бути готові лікувати не лише поранених і постраждалих, а й новоприбулих із звичайними проблемами зі здоров'ям. Вирішення всіх цих проблем потребує великої кількості ресурсів, яких Закарпатська область зовсім не має.

Більш схильними до міграції є молоде покоління та економічно активне населення. Ці люди готові залишити свої родини, щоб отримати конкурентоспроможну зарплату в Європейському Союзі. Нині це стосується і старших груп, оскільки багато з них не можуть піклуватися про себе, тому вони слідуєть за своїми раніше переселеними дітьми. Очевидно, що міграція спричиняє не лише культурні втрати, а й серйозні демографічні та соціальні проблеми. Через несприятливий процес міграції на Закарпатті знижується рівень народжуваності, економічна активність та кількість робочої сили, що постійно погіршує можливості регіону вирішувати та долати несприятливу економічну ситуацію.

Масова міграція та зниження рівня народжуваності можуть різко змінити вікову структуру суспільства. Попередні дослідження показують, що піраміда населення Закарпатської області відносно збалансована, оскільки частка молодих поколінь вища, ніж у сусідніх країнах, що є корисним для регіону. В області найбільш сприятливу вікову структуру мають Рахівський та Виноградівський райони, тоді як у міській місцевості та в гірських районах співвідношення молоді не є таким домінуючим, як у двох згаданих вище південних районах. Відсоток економічно активного населення найвищий в околицях міських територій, таких як Ужгородський, Мукачівський чи Берегівський райони, де розташована більшість робочих місць. У відокремлених важкодоступних районах – Воловецькому, Великоберезнянському, Міжгірському – найбільше людей похилого віку, але загальний відсоток людей похилого віку в усьому суспільстві є відносно низьким. Навіть якщо старіння не є актуальною проблемою в регіоні, необхідно зайнятися вдосконаленням системи догляду

---

<sup>17</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=Y3KGRzj71YU> (останнє завантаження: 24.11.2022).

за людьми похилого віку, оскільки її фактичний стан не зможе у майбутньому забезпечити потреби соціально незахищених груп.

Удосконалення системи догляду за людьми похилого віку стосується і **Тячівського району**, однак наявне населення похилого віку не є домінуючим у районі. Це як Рахівський район, де населення молоде, і проблема старіння ще не виникла. Проте зазначені райони відчують негативний вплив міграції, яка стосується переважно молодих поколінь. Якщо інші сектори (наприклад, туризм) постраждають від кризи, як це сталося з видобутком солі в Солотвині, еміграція посилиться, а економічна депресія спричинить демографічну кризу.

Важливо звернути увагу на яскраву тенденцію старіння місцевих меншин. Найбільш помітні зміни відбулися з угорцями та ромами. Після прийняття закону про спрощення отримання угорського громадянства, відсоток старшого населення зріс у населених пунктах зі значною угорською меншиною. Крім того, ситуація ще більше ускладнюється низьким природним приростом угорської меншини, який не просто є нижчим від середнього по регіону, а й показує природні втрати. Навпаки, рівень народжуваності ромів є вищим, ніж серед інших національностей, що може бути важливою перевагою для регіону, незважаючи на те, що їхній несприятливий рівень життя перешкоджає їх інтеграції в суспільство та ринок праці.

## **Висновки**

- Солотвино та прилеглі райони зіштовхуються з дедалі більшою втратою населення внаслідок еміграції.
- Старіння стане справжньою проблемою у майбутньому.
- Чисельність угорської меншини зменшилась і, як очікується, буде й надалі скорочуватися, тоді як населення румунської меншини є більш стабільним.
- Економічна депресія змусила багатьох молодих людей і підприємців покинути країну.

## **Рекомендації**

- Утримання населення може бути успішнішим, якщо зосередитися на робочих місцях, які не піддаються кризовим впливам і спрямовані на задоволення потреб молодших поколінь.
- Догляд за людьми похилого віку та охорону здоров'я слід поліпшувати у зв'язку зі старінням населення.

## 2.2.2. Етнічна структура

Недостатнім є використання не лише сприятливого географічного розташування, але й етнічної різноманітності Закарпатської області та Тячівського району, так як меншини можуть відігравати ключову роль у налагодженні контактів, оскільки їхні соціокультурні установки можуть сприяти розбудові тісного зв'язку із західними країнами. На жаль, на цей час реальна картина є невідомою, оскільки останній перепис населення проводився у 2001 році, що не дозволяє зробити однозначний висновок. У рік перепису було 7 національностей, частка яких становила понад 0,1%. Національну більшість формували українці та русини (останні не вважаються окремою національністю), які складають 80,5% населення Закарпаття. Найбільшою меншиною у регіоні були угорці, частка яких становила понад 10% (12,1%), тобто 151 500 осіб. Найбільше їх проживало в прикордонній зоні, а саме у Берегівському (76,1%) та Виноградівському (26,2%) районах, але більше 10% їх було також у Мукачівському (12,7%) та Ужгородському (33,4%) районах. Хоча у великих містах їхня присутність становила менше 10%, у місті Берегове угорці були найбільшою етнічною групою – 48,1%. Окрім угорців, слід виділити румунів (2,6%) та росіян (2,5%), оскільки їх співвідношення було вище 2%. Румунське населення Закарпатської області було зосереджене у південних районах (Тячівський район 12,4%, Рахівський район 11,6%), але їх співвідношення в містах обласного значення незначне. Справа з ромами була складнішою, оскільки їхня частка становила 1,1% (14 000 осіб), але де-факто їх кількість могла перевищувати 40 000 осіб. За даними перепису, найбільше ромів проживало в місті Берегове (6,4%), Берегівському (4,1%) та Ужгородському (4,1%) районах; їх рідною мовою була переважно угорська.<sup>18</sup>

**Етнічна складність** Закарпатської області помітна у **Тячівському районі**, оскільки Мармарошська улоговина та верхні долини були місцем зустрічі та переправи для різних національностей. Випадок із Солотвино складніший, оскільки місцевий (гірничодобувний) потенціал і можливості залучали багато людей незалежно від їхньої етнічної приналежності, що призвело до урізноманітнення етнічного складу. Унікально, що Солотвино ще не втратило свою етнічну різноманітність, а жителі селища міського типу, складаючись із трьох етнічних груп, мають свої навчальні заклади та культурні організації, де можуть спілкуватися рідною мовою та сповідувати свою релігію. Ця **різноманітність може зіграти ключову роль у майбутньому розвитку поселення**

<sup>18</sup> Перепис населення: [http://db.ukrcensus.gov.ua/MULT/Database/Census/databasetree\\_en.asp](http://db.ukrcensus.gov.ua/MULT/Database/Census/databasetree_en.asp)

та його громади, оскільки локальний туризм може зацікавити не лише українських туристів, а й румунів та угорців із сусідніх країн.

У 2001 році в Тячівському районі проживало приблизно 171,9 тис. осіб, більшість із них (83,2%, 143 тис. жителів) були українцями. Решту населення складали переважно румуни (12,4%, 21300 жителів), оскільки район межує з цією країною.<sup>19</sup> Закарпатські румуни живуть поблизу румунського кордону, особливо в Солотвині, де більшість жителів є етнічними **румунами**. Вони мають живі зв'язки з Румунією через прикордонний міст, зокрема, з містом Сігету Мармаціей, котре населяють понад 30 000 жителів, і яке надає послуги регіонального значення частково також для румунів, що проживають в Україні. Оскільки ця етнічна група становить найбільшу частку місцевої спільноти, використовується потенціал їхньої інституційної системи (школи та церкви). Завдяки живому зв'язку з іншою стороною кордону, демографічний стан місцевого румунського населення є сприятливим, і йому не загрожують серйозні демографічні втрати. Оскільки Солотвино є центром для навколишніх населених пунктів України, де також проживають румуни, селище міського типу зазнало приросту населення з боку сусідніх сіл. Солотвино також зазнало міграційного приросту за рахунок румунських селян, оскільки для них воно є привабливим об'єктом міграції. Особливо в 1980-х і 1990-х роках багато новоприбулих оселилися в будинках, які їм продали місцеві громадяни угорського походження.

Третьою за чисельністю етнічною групою в Тячівському районі у 2001 році (за останніми офіційними показниками) були **угорці** з 2,9% (5 тис. жителів), які зосереджені в основних населених пунктах: Тячів та Солотвино. Згідно з останнім переписом населення, угорська меншина є другою за чисельністю етнічною групою в Солотвині. Район під назвою «Мала Слатіна» (угорською Kisszlatina) є первісною територією угорського поселення, яку майже повністю заселяли угорці. Угорське населення було тісно пов'язане з гірничою промисловістю. У міру того, як вона історично розширювалася, сюди переселялися угорці. Їхня демографічна ситуація не така сприятлива, як для румунів, частково тому, що вони не мають активного та тісного зв'язку з іншими групами угорської меншини на Закарпатті чи з Угорщиною. Вони утворюють відокремлений мовний анклав, який залежить лише від власного демографічного ресурсу. Це відокремлення посилює їхню схильність до еміграції та демографічного старіння; існує невеликий шанс для оновлення громади.

---

<sup>19</sup> Перепис населення: [http://db.ukrcensus.gov.ua/MULT/Database/Census/databasetree\\_en.asp](http://db.ukrcensus.gov.ua/MULT/Database/Census/databasetree_en.asp)

Місцева громадська інституційна система, яка включає дитячі садки, школи, державні освітні заклади та служби охорони здоров'я, послідовно відображає етнічну структуру населення. Міцні етнічні зв'язки викликали масовий опір програмі переселення в минулому, яка пропонувала вирішення проблеми евакуації мешканців, що проживають у небезпечній зоні. Проте ідея переселення змінила б етнічну структуру та інституційну систему, оскільки запропонований варіант не зміг забезпечити таку різноманітну інституційну мережу, яку дає Солотвино, а це означає, що переселення знищить історично сформовані неоднорідні місцеві спільноти з їхньою характерною та цінною спадщиною. Місцеві про це знають, тому намірів переїжджати майже не мають. Якщо процес переселення неминучий, то населення має бути релоковане до найближчого населеного пункту, що відповідає його етнічній приналежності. Ця процедура дозволить мінімізувати шкоду для населення.

## Висновки

- Все ще існує дуже складна поліетнічна структура місцевого населення. Солотвино та його околиці є серцевиною для румунів, що проживають на Закарпатті. Три різноманітні та великі національні групи забезпечують відносно велику кількість громадських функцій і діючих установ.
- Незважаючи на етнічну неоднорідність, у суспільстві зберігається взаєморозуміння, мирне мультикультурне та транскордонне співробітництво, крім того, знання мови сприяє налагодженню ділових, трудових і туристичних зв'язків, взаємодії з румунською стороною, а також з угорськими громадами та співвітчизниками з України.
- Погано спланована політика переселення може спричинити неконтрольований негативний вплив на групи меншин, що відобразиться на всьому суспільстві Солотвина.

## Рекомендації

- Розглянути потенційні підходи до переселення та розвитку урбаністичних послуг, місцеву освітню, релігійну та іншу політику; врахувати, що етнічна неоднорідність є додатковою цінністю, яка робить Солотвино своєрідним центром для його околиць.
- Краще започатковувати будь-які міжнародні відносини, включаючи торгівлю, туризм і культуру, на основі багатомовного та багатокультурного середовища, доступного в Солотвині.
- Національним та місцевим учасникам міського та регіонального управління запровадити політику зацікавлення Угорщини та Румунії в інвестуванні збереження спільної спадщини



трьох країн (наприклад, шляхом підтримки транскордонних тематичних культурних маршрутів, реконструкції історичних пам'яток).

## 2.3. Економічна структура

### 2.3.1. Підприємства

Оскільки збереження населення на території значною мірою залежить від її економічного стану, аналіз місцевих підприємств є важливим. На Закарпатті у 2020 році **кількість підприємств**<sup>20</sup> становила 6 655, що на 544 більше, ніж у 2015 році (6 111 одиниць). Згідно з показниками, зростання кількості компаній відбулося за рахунок п'яти міст обласного значення. За останні роки кількість суб'єктів господарювання на цих територіях зросла на 592, в той час як у районах припинили діяльність 48 компаній. У 2015 році більшість підприємств знаходилися у районах (52,2%, 3 187 одиниць), але у 2020 році більшість перемістилася в міста; 52,8% підприємств (3 516 одиниць) здійснювали діяльність у п'яти головних містах.

Міста Ужгород та Мукачеве є економічними двигунами області. У 2020 році 31,4% компаній працювали у місті Ужгород (2 089), а 13% – у місті Мукачеве (868). Порівняно з 2015 роком у вказаних містах значно зросла кількість компаній (в Ужгороді на 315, у Мукачеві на 181 одиницю), що означає підвищення інтенсивності територіальної концентрації суб'єктів господарювання. Відповідне поліпшення відбулося також у місті Берегове (251) та в місті Хуст (252), адже у першому кількості підприємств збільшилась на 47 одиниць, а у другому – на 48 одиниць, що відповідає економічному розвитку міських територій. Серед районів найбільше підприємств було в Ужгородському районі – 603 одиниці, що становило 9% від загальної кількості підприємств. Така сприятлива кількість була зумовлена економічним значенням міста Ужгород. Дивно, що місто Мукачеве не змогло утримати підприємства свого району, оскільки до 2020 року Мукачівський район втратив 47 суб'єктів господарювання. У рейтингу за Ужгородським районом йдуть райони з найбільшою чисельністю населення, такі як Виноградівський (454 одиниці) та Тячівський (359 одиниць), у яких показники перевищували 5%. Ці райони відставали від економічних центрів області, але виділялися серед решти районів. Логічно, що гірські райони мали найменший економічний потенціал, оскільки вони перебували на географічній периферії. Гарними прикладами для цього є

<sup>20</sup> Показники ефективності 2015, 2020:

[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2016/osn\\_pok\\_rajon\\_2015.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2016/osn_pok_rajon_2015.pdf)

[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/osn\\_pok\\_rajon\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/osn_pok_rajon_2020.pdf)

Воловецький (64 одиниці), Великоберезнянський (66 одиниць) та Перечинський райони (85 одиниць), де кількість підприємств не досягла 100 одиниць, а у випадку з двома останніми районами їхня економічна значимість була менше 1% (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

Загалом, економічний потенціал **Тячівського району** – після великого економічного спаду в **Солотвині** – все ще є вражаючим, оскільки населення забезпечує велику кількість робочої сили для регіону. З 2015 по 2020 роки кількість компаній зростає на 17, що допомогло скоротити прірву між районом та економічним ядром Закарпатської області, розташованим навколо Ужгорода та Мукачева. Що стосується кількості населення, то видно, що показник кількості жителів на підприємство зменшився на 26 осіб, таким чином, у 2020 році 486 жителів працювали на локальних підприємствах. Оскільки Солотвино є одним із найбільших населених пунктів Тячівського району, то його економічна конкурентоспроможність у межах району не викликає сумнівів. Проте **теперішня ситуація характеризується відсутністю реальних великих компаній у Солотвині та на його околицях**. Тому й **створено новий індустріальний парк** площею 33 га. Це може бути важливим активом для всього мікрорегіону з точки зору розвитку бізнесу, оскільки таких парків небагато в цілій області/районі. Були створені плани розвитку меблевої та деревообробної промисловості на його території. Ці заводи зменшать міграцію населення та підвищать транскордонну співпрацю (наприклад, з Сігету Мармаціей (Румунія), Угорщиною та Чеською Республікою). В індустріальному парку також могли б розміститися переробні підприємства, діяльність яких пов'язана з видобутком солі. Крім того, цікавим фактом є те, що румуни Солотвина відомі тим, що мають підприємницькі навички та мотивацію розвивати МСБ. Це також пов'язано з історичними причинами, оскільки раніше вони займалися комерційною діяльністю. Наприклад, із грошей, зароблених на сезонних роботах за часів комуністичного режиму, вони ще тоді намагалися починати бізнес, створювати спільні господарства. Частиною їх оплати праці була пшениця, кукурудза, соняшник тощо, які вони переробляли та продавали в північні регіони, але місцеві румуни та українці також переробляли карельську деревину для продажу.

Розглядаючи основні сектори та види діяльності, регіональне та економічне значення підприємств значною мірою залежить від їх **розміру**<sup>21</sup>. У 2020 році на Закарпатті було лише 3 великі компанії, які становили 0,04% підприємств області. Дві з них належали до промислового сектору,

---

<sup>21</sup> Показники ефективності 2020: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil\\_pidpr\\_econom\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil_pidpr_econom_2020.pdf)

тоді як одна працювала у сфері транспортування та складських послуг. Частка середніх підприємств становила 4,4%, тобто 292 одиниці. Більшість цих підприємств (40,4%) були пов'язані з промисловим сектором (118 одиниць), але також були представлені і в інших галузях, таких як охорона здоров'я (12% або 70 одиниць), сільське та лісове господарство (7,5% або 22 одиниці), транспортні і складські послуги (7,2% або 21 одиниця). Понад 90% суб'єктів господарювання у районах становили малі підприємства, оскільки їх кількість перевищувала 6 тис. (95,6% або 6360 МП). Малі підприємства займалися оптовою та роздрібною торгівлею (1466 одиниць, 23,1%), виробництвом – 1017 одиниць (16%), сільським та лісовим господарством – 994 одиниці (15,6%), нерухомістю – 645 одиниць (10,1%) та будівництвом – 535 одиниць (8,4%). Інші сектори незначні. Важливо підкреслити, що переважна більшість (88,8%) малих підприємств були мікропідприємствами (5647 одиниць). Порівняно з 2015 роком, кількість компаній зросла майже в кожній категорії, за винятком великих компаній, де змін не зафіксовано (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

З точки зору **розподілу за галузями економіки**,<sup>22</sup> найбільшою була оптова та роздрібна торгівля, якою займалося 1501 підприємство, що становило 22,6% підприємств області. Промисловий сектор (1 137 одиниць, 17,1%) та сільське і лісове господарство (1 016 одиниць, 15,3%) знаходилися приблизно на одному рівні, але протягом останніх років лісова промисловість випередила сільське господарство, оскільки перша збільшилася на 223 нові підприємства, а друга скоротилася на 100 одиниць. Сектор нерухомості (649 одиниць, 9,8%) і будівельний сектор (543 одиниці, 8,2%) склали понад 500 компаній, тоді як транспортні й складські послуги (390 одиниць, 5,9%) та наукова діяльність (355 одиниць, 5,3%) не опускалися до 300 одиниць. Понад 100 компаній працювали у сфері надання адміністративних послуг (291 одиниця, 4,4%), інформації та телекомунікацій (232 одиниці, 3,5%), розміщення та харчування (207 одиниць, 3,1%) охорони здоров'я (171 одиниця, 2,6%). Інші послуги, такі як мистецтво, спорт, розваги, освіта чи фінансова діяльність, становили менше 50 одиниць (менше 0,7%). З 2015 року найбільше поліпшення відбулося у галузі промисловості (+223 нових підприємства), будівництві (+87 одиниць), охороні здоров'я (+87 одиниць) та оптовій і роздрібній торгівлі (80 одиниць), тоді як найбільшого скорочення зазнали галузі сільського та лісового господарства (-100 одиниць), заклади розміщення й громадського харчування (-29 одиниць)

<sup>22</sup> Кількість підприємств за видами економічної діяльності, 2020:  
[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil\\_pidpr\\_econom\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil_pidpr_econom_2020.pdf)

та наукової діяльності (-19 одиниць) (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області)

Враховуючи всі обставини, промисловий сектор розвивається за рахунок діяльності великих компаній та дедалі більшої кількості підприємств. Проте кількість «великих» підприємств все ще не значна, що призводить до диспропорції між суб'єктами господарювання. **Солотвино**, яке володіло однією з найбільших соляних шахт на Закарпатті, все ще відіграє значну (але різко деградовану) роль у промисловому секторі, яка була доповнена можливостями сектору туризму. Крім того, розташування Солотвина (в оточенні лісів) дозволяє посилити розвиток лісової та будівельної галузей.

Як і розмір підприємства, **кількість його працівників**<sup>23</sup> також є важливим показником економічної діяльності. У 2020 році в Закарпатській області було зареєстровано 88 779 працюючих осіб, більшість з яких проживали у районах (50,5% із 44 823 працівниками), але також була помітною частка п'яти важливих міст (49,5% із 43 956 працівниками). Основними роботодавцями області були два великі міста (Ужгород з 21 034 працевлаштованими особами та Мукачеве з 16 165 працівниками), які разом склали 41,9% зайнятого населення області (37 199 осіб). Серед районів лідирують Ужгородський (10 057 працівників, 11,3%) та два найбільш густонаселені райони – Виноградівський (6 313 працівників, 7,1%) і Тячівський (4 779 працівників, 5,4%) райони. За ними Свалявський (4 661 працівник, 5,3%) та Мукачівський (3 853 працівники, 4,3%) райони. Аналіз показників свідчить, що вісь зайнятості регіону охоплює смугу від низин до передгір'я. Отже, найбільш несприятливі цифри (менше 2000 працівників) виявлено у північно-східних районах: Воловецькому (823 особи, 0,9%), Міжгірському (1137 осіб, 1,3%) та Великоберезнянському (1200 осіб, 1,4%), інфраструктура та доступність яких є відсталою, а кількість економічно активного населення відносно низькою. Порівняно з 2015 роком ступінь зміни частки був найвищим у Хустському (+117,9%, +1 704 працівники), Воловецькому (+66,9%, +330 працівників) та Тячівському районах (+63%, +1 847 працівників), що свідчить про економічний розвиток басейну Мармарошу. Натомість найбільший спад спостерігався в низинних районах, таких як Берегівський (-24,4%, -407 працівників), Мукачівський райони (-14,5%, -652 працівники), місто Берегове (-11,6%, -485 працівників) та Виноградівський район (-11,3%, -805 працівників) (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

<sup>23</sup> Кількість підприємств за видами економічної діяльності, 2020:  
[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil\\_zpr\\_subj\\_rajon\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil_zpr_subj_rajon_2020.pdf)

Що стосується Солотвина, то саме сектор малого та середнього бізнесу (МСБ) зумів створити найбільше робочих місць, після краху галузей важкої промисловості, зокрема, видобутку солі. Важливо зазначити, що навіть за радянських часів кількість робочих місць була обмежена, окрім роботи у шахтах, що змушувало місцевих чоловіків працювати за межами району та часто далеко від Закарпаття (інтерв'ю з паном Кочергою, 2022 рік).

Показник загальних витрат на оплату праці<sup>24</sup> включає суму витрат на заробітну плату та податки, які сплатили підприємства. Ця цифра на Закарпатті у 2020 році становила 9 783 922 тис. грн. Це відповідає попередньому рейтингу, оскільки корелює з кількістю працівників. Міста Ужгород (2 190 281 тис. грн) та Мукачєво (1 847 391 тис. грн) випередили такі райони, як Ужгородський (1 599 959 тис. грн), Виноградівський (820 038 тис. грн) та Тячівський (569 937 тис. грн). Крім того, рейтинг замикають місто Чоп (78 513 тис. грн), Воловецький (81 010 тис. грн) та Міжгірський (92 980 тис. грн) райони, де кількість загальних витрат на оплату праці не перевищує 100 000 тис. грн. З іншого боку, рейтинг обсягу реалізованої продукції<sup>25</sup> відрізняється від рейтингу сум витрат на оплату праці та кількості працівників. У 2020 році загальна сума реалізованої продукції склала 64 377 347 тис. грн, з яких більше половини зосереджено у містах Ужгород (17 227 811 тис. грн, 26,8%), Мукачєво (13 523 221 тис. грн, 21%) та Ужгородському районі (11 214 225 тис. грн, 17,4%), а решта території становила менше 5%, за винятком Тячівського (4 022 643 тис. грн, 6,2%) та Мукачівського (3 533 700 тис. грн, 5,5%) районів, які посідали трохи вище місце у загальному рейтингу (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

Фінансовий баланс визначає рентабельність діяльності підприємств<sup>26</sup>. На Закарпатті у 2020 році прибутковими були 74,2% підприємств, що є нижчим порівняно з 2015 роком (79,2%). Особливо високим відсоток прибуткових підприємств (понад 80%) був у низинних районах, зокрема, Виноградівському (86,1%) та Берегівському (85,3%), а також у Тячівському районі (83,3%). Більшість територіальних одиниць (їх 12) належали до категорії 70-80%, а місто Ужгород (67,6%), Перечинський район (65,8%) та місто Чоп (57,4%) – до 70%. На жаль, з 2015 року відсоток прибуткових компаній знизився у кожній територіальній одиниці. Середній показник по області склав -5%. Найменше падіння відбулося в містах Берегове (-0,2%) й Ужгород (-1,3%) та в їхніх

<sup>24</sup> Показники ефективності 2020: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/osn\\_pok\\_rajon\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/osn_pok_rajon_2020.pdf)

<sup>25</sup> Показники ефективності 2020: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/osn\\_pok\\_rajon\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/osn_pok_rajon_2020.pdf)

<sup>26</sup> Фінансові результати діяльності підприємств 2015, 2020:  
[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2016/fin\\_res\\_rajon\\_2015.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2016/fin_res_rajon_2015.pdf);  
[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/fin\\_res\\_rajon\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/fin_res_rajon_2020.pdf)

районах (Ужгородський -2,3%, Берегівський -3,5%), але показники Тячівського району (-4,1%) та міста Мукачеве (-4,2%) вищі за обласний рівень. Найбільш уразливими підприємствами, де зниження склало понад 10%, є гірські райони: Воловецький (зменшився на 17,8%), Свалявський (на 13,8%), Великоберезнянський (на 13,1%) і Перечинський (на 10,5%). За фінансовим балансом або фінансовими результатами територіальних одиниць, 5 перейшли в позитивну категорію, 6 перейшли в негативну категорію, а решта – не змінили свою категорію: 4 одиниці залишилися в плюсі і 3 одиниці застрягли в мінусовій категорії (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

У **Тячівському районі** кількість працівників, завдяки великій кількості місцевих груп населення, зросла з 2015 року, і район посів місце в групі лідерів. За обсягами реалізованої продукції Тячівський район хоч і суттєво відставав від економічного ядра області, але все ж вирізнявся серед інших районів. За рентабельністю район мав третє найвигідніше значення, навіть якщо цей результат був нижчий порівняно з 2015 роком. Нарешті, фінансовий баланс Тячівського району поліпшився, оскільки його фінансовий результат став позитивним у 2020 році. Оскільки Солотвино є одним із найважливіших і найбільших населених пунктів Тячівського району, то значною мірою впливає на економіку району.

## **Висновки**

- Відсутність великих підприємств внаслідок краху соледобувної діяльності.
- Для стимулювання економічного зростання у Солотвині необхідно розвивати нові економічні території, наприклад, шляхом створення індустріального парку.

## **Рекомендації**

- Розвивати новий індустріальний парк для залучення підприємств з вищою доданою вартістю.
- Розвивати згідно зі стандартами ЄС меблеву промисловість, солепереробну та інші життєздатні підприємства, які могли б зменшити відтік робочої сили за кордон і збільшити кількість підприємств.
- Звернути увагу на підприємницькі навички та зв'язки етнічних румунів, які мають кращі перспективи розвитку та більш схильні створювати й вести бізнес.

## 2.3.2. Працевлаштування

Інформація про **чисельність працівників за видами економічної діяльності**<sup>27</sup> підприємств також доступна лише на регіональному рівні. Більше 40% зайнятих осіб у Закарпатській області в 2020 році працювали на промислових підприємствах (42,4%, 37 626 працівників). Це вказує на односекторність (моноструктурність) економіки, що підвищує вразливість сфери зайнятості. Другим і третім за значенням секторами були охорона здоров'я (23,9%, 21 184 працівники), а також оптова та роздрібна торгівля (10,8%, 9 574 працівники) при тому, що їхні частки перевищували 10%. Транспортні і складські послуги (5,8%, 5 137 працівників) та сільське і лісове господарство (5,5%, 4 883 працівники) також відіграють значну роль у зайнятості населення області з часткою понад 5%. У решті галузей, представлених у регіоні, не було зайнято більше 1000 працівників. Отже, стан наукового сектору та освіти є несприятливим і нерозвиненим; мала кількість робочої сили не може створити значне поліпшення й прогрес у сфері досліджень та інновацій, які могли б підняти економіку. За останні роки з 2015 року чисельність працівників зросла на 16,6% (+12 637 працівників). Зросли показники у сферах охорона здоров'я та соціальної допомоги на 647,2% (+18 349 працівників), у той час як промисловість скоротилася на 10,6% (-4 453 працівники). Розвиток галузі охорони здоров'я свідчить про те, що у цій сфері можуть працювати ті безробітні, які раніше працювали у галузі промисловості. Крім охорони здоров'я, вирости показники у сфері будівництва (+27,4%, +613 працівників), транспортних і складських послуг (+5,7%, +276 працівників), у секторі інформації та телекомунікацій (+5,6%, +44 працівники), у той час як фінансова та страхова діяльність (-36,4%, -106 працівників), сфера нерухомості (-22,4%, -494 працівники), тимчасове розміщення та харчування (-20,8%, -312 працівників) і науково-технічна діяльність (-20,4%, -230 працівників) знизилися найбільше (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

**Чисельність осіб, що працюють на повну ставку**,<sup>28</sup> доповнює раніше описані показники у розрізі підприємств. У 2020 році в Закарпатській області працювало 148 580 штатних працівників, більшість з яких зареєстровані в містах Ужгород (25%, 36 612 осіб) та Мукачеве (15%, 22 492 особи). Лише у трьох територіальних одиницях чисельність штатних працівників сягала приблизно 10 тисяч.

<sup>27</sup> Чисельність працюючих на підприємствах за видами економічної діяльності 2015, 2020: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2016/kil\\_npr\\_pidpr\\_econom\\_2015.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2016/kil_npr_pidpr_econom_2015.pdf); [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil\\_npr\\_pidpr\\_econom\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/pidpr/2021/kil_npr_pidpr_econom_2020.pdf)

<sup>28</sup> Кількість штатних працівників 2020: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dohodi/2020/pracivniki\\_rajon\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dohodi/2020/pracivniki_rajon_2020.pdf)

Це Ужгородський (7 %, 10 762 особи), Виноградівський (7 %, 10 077 осіб) та Тячівський (7 %, 9 709 осіб) райони, а найбільше відсталими були місто Чоп (1 %, 1 718 осіб), Берегівський район (2%, 2972 особи) та північно-східні гірські райони (Воловецький 1%, 2060 осіб; Великоберезнянський 2%, 2504 особи; Перечинський 2%, 3237 осіб). З 2015 року обсяги зміни чисельності штатних працівників показували переважно скорочення, оскільки область втратила 16 464 працівників (-10%). Лише в п'яти територіальних одиницях зафіксовано зростання, наприклад в Ужгородському (+22,8%, +1 997 осіб) та Хустському (+6,3%, +336 осіб) районах. Натомість у чотирьох адміністративно-територіальних одиницях, таких як міста Хуст (-32,6%, -2 181 осіб) та Берегове (-29,4%, -2 240 осіб), Перечинський (-22,6%, -947 осіб) і Виноградівський райони (-22%, -2 847 осіб), скорочення склало понад 20%. У Тячівському районі також відбулося скорочення (-11,2%, -1 227 осіб), але у більш помірних обсягах (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

Помітні територіальні диспропорції і в **середньомісячній заробітній платі**<sup>29</sup> штатних працівників. На Закарпатті у 2020 році середньомісячна заробітна плата становила 10 188 грн, а перевищення цієї позначки було зафіксоване лише у чотирьох територіальних одиницях. Найбільші виплати в області були в основному в місті Ужгород (11 187 грн) та в його найближчих сусідів, таких як Ужгородський (13 534 грн) та Перечинський (10 368 грн) райони. Варто зазначити, що у Виноградівському районі (10 358 грн) середня заробітна плата була вищою за закарпатський рівень, а в південній частині області вона була найвищою. Найнижча заробітна плата у гірських районах, особливо у Свалявському (8 244 грн), Великоберезнянському (8 270 грн) районах, місті Хуст (8 301 грн) та його районі (8 647 грн). У Тячівському районі середньомісячна заробітна плата становила 9306 грн, що нижче обласного рівня, але вище, ніж у гірських районах. У зв'язку з інфляцією з 2015 року величина заробітної плати зросла. Найвищий відсоток зростання був в Ужгородському (94,4%), Іршавському (84,8%), Хустському (72,1%) та Тячівському (71,8%) районах, де обсяг зміни склав понад 10% порівняно з середнім рівнем в області (60,2%). Менше постраждали від інфляції (внаслідок підвищення зарплати) Великоберезнянський район (45,2%), а також такі міста як Берегове (49,2%), Чоп (50,9%) чи Хуст (51,4%) (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

<sup>29</sup> Середньомісячна заробітна плата штатних працівників 2020:  
[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dohodi/2020/zarplata\\_rajon\\_2020.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/dohodi/2020/zarplata_rajon_2020.pdf)



Ситуація з **безробіттям**<sup>30</sup> в Україні завжди була гіршою, ніж у західних сусідніх країнах, але війна Росії проти України ще більше посилила несприятливе становище для робочої сили. Через відсутність інформації про безробіття, немає можливості аналізувати показники на рівні району. У 2020 році відсоток безробіття (з урахуванням населення працездатного віку) у Закарпатській області становив 11%, що на 1,1% перевищило загальнодержавний рівень (9,9%). Натомість у 2014 році різниця між цими двома показниками була незначною (0,1%), до того ж у Закарпатській області (9,6%) рівень безробіття був нижчим від середнього по країні (9,7%). Беручи до уваги ситуацію із зайнятістю в **Солотвині, рівень безробіття тут відносно низький**. Безробіття є радше фрикційним, структурним і менше пов'язане з рівнем освіти чи будь-якими іншими причинами. Безробіття є обмеженою проблемою, враховуючи, що багато людей працює за кордоном чи є там біженцями, або знайшли можливості роботи на місці у Солотвинському регіоні (Державна служба статистики України).

Згідно з попередніми показниками, складним є положення Солотвинського та Тячівського районів. Він виділяється на тлі слаборозвинених східних районів, але не може наздогнати економічне ядро області. Рівень безробіття суттєво зріс після закриття одного з головних роботодавців району – солотвинських шахт – у 2010 році. У період між 2008 і 2010 роками, коли також були закриті дві шахти, ще 600 людей втратили роботу (Opencan et al., 2018). Дві підпільні алергологічні лікарні також припинили роботу у період до 2010 року (Móga et al., 2019). Єдина хороша новина із закриттям шахт полягала в тому, що вони не закривалися одразу, це був досить тривалий процес, який продовжувався 20 років. Через ліквідацію підприємств, що були пов'язані з видобутком солі, почалася депресія, адже в Солотвині основним джерелом прибутку була сіль. На жаль, закриття шахт не стало кінцевою точкою економічної кризи, так як наслідки осідання шахт і потенційна екологічна небезпека відлякали нових інвесторів. Тому не тільки відсутність нових економічних суб'єктів створює серйозну проблему, але й існуючі місцеві компанії також повинні боротися з поганою репутацією території через геологічні ризики. Це може спровокувати подальше згорання бізнесу. Потенціалом Тячівського району є його робоча сила, адже район є провідним в області за кількістю штатних працівників. Проте ця чисельність зменшується (більш інтенсивно, ніж в області загалом) і в 2020 році скоротилася до 10 000 працівників. Крім того, недоліком району є рівень заробітної плати, враховуючи те, що він не дотягує до обласного, а інфляція не контролюється.

---

<sup>30</sup> Рівень безробіття 2020: <http://ukrstat.gov.ua/>

**Ринок праці Солотвина сильно залежить від розвитку туризму. Реструктуризація та перехід зайнятості від виробництва до третинного сектору майже завершено.** Наявні ресурси солі є чудовою можливістю розвитку для медичного туризму, що може дати дохід більшій кількості мешканців, але розвиток має ґрунтуватися на принципах стійкості та йти пліч-о-пліч з розгортанням постійної системи моніторингу. Спостерігаючи за показниками до 2020 року у Закарпатській області суттєво зросла кількість зайнятих у сфері охорони здоров'я (замість робочої сили промислового сектору), що тісно пов'язане з економічним зростанням сфери медичного туризму в Солотвині.

### **Висновки**

- Проблеми викликає не стільки рівень безробіття, скільки структура зайнятості.
- Відбулася реструктуризація у сфері зайнятості зі зменшенням частки промисловості та, паралельно, зі збільшенням ролі охорони здоров'я й соціальних послуг, будівництва та торгівлі тощо.
- Після краху гірничодобувної промисловості ринок праці є дуже моноструктурним і зосередженим на туризмі як новому основному джерелі доходу.
- Зарплати та рівень доходів є досить низькими.

### **Рекомендації**

- Вразливість сектору зайнятості можна подолати шляхом підтримки інших видів діяльності, крім промисловості, яка все ще залишається основним роботодавцем.
- Слід розвивати види діяльності з вищою доданою вартістю та потенційним доходом, такі як охорона здоров'я та оздоровчий туризм, переробна промисловість тощо.

### **2.3.3. Соледобувна промисловість**

Як частково згадувалося раніше, **видобуток солі був одним із ключових активів** Закарпатської області, який міг би сприяти розвитку Мармарошського басейну. Розквіт Солотвина базувався на цій природній спадщині, яка дозволила відкрити дев'ять шахт навколо поселення. Перші шість працювали на невеликій глибині до 1930-х років, тоді як інші три досягали більших глибин і здійснювали видобуток з більшим ризиком. Сьому шахту закрили в радянський час, але шахти №№ 8 і 9 працювали до 2008 і 2010 років (Stoekli et al., 2020). Було декілька причин зупинення роботи

шахт: недостатній рівень експлуатації та відсутність технічного обслуговування спричинили обвалення опорних стовпів та затоплення. Діючі копальні вимагали величезної кількості робочої сили (переважно фізичної та частково освіченої, технічної) з достатніми знаннями, але прибуття нових мешканців також тягло за собою необхідність реалізації інших вимог, зокрема, кращого і достатнього житлового фонду, створення нових установ (освітніх, медичних, адміністративних) для різних національностей з ширшими функціями та спектром послуг. Через величезний потенціал шахт, який затьмарював інші потенційні сектори, диверсифікації місцевої економіки не відбулося, що, у свою чергу, ще більше посилює економічну вразливість місцевого населення. Економічна криза почалася в 2010 році із закриттям шахти № 8. У піковий період пізньої радянської епохи на гірничодобувній компанії працювало 1500-2000 співробітників. У червні 2022 року лише 50-60 людей залишалися залученими до процесів видобутку солі (інтерв'ю з паном Кочергою, 2022). Багато об'єктів на території гірничодобувного підприємства зруйновані та майже повністю зникли (наприклад, столярна майстерня, лісопилка, шахтна вишка). З усіх споруд залишилася лише адмінбудівля колишньої дирекції.

Солотвино постраждало не лише від економічної кризи, а й від екологічної катастрофи. Після занепаду промисловості, туризм та лісове господарство (з будівництвом) були основними галузями, які могли забезпечити роботою місцевих жителів. Навіть якби соляні копальні були закриті, залишки солі можуть привернути до Солотвина багатьох відвідувачів і пацієнтів. Також важливо зберегти промислову спадщину населеного пункту, оскільки обладнання та інфраструктура все ще існують, і вони є частиною культурної спадщини регіону. Крім того, як прикордонний пункт, Солотвино має використовувати своє вигідне географічне розташування та групи меншин для залучення не лише внутрішніх туристів, а й іноземних.

Беручи до уваги нещодавні зміни в ширшому розумінні та локальну ситуацію, існує **потенціал для відновлення видобутку солі** в більших масштабах (інтерв'ю з паном Кочерхою, 2022). Внаслідок виникнення загальнодержавних проблем, пов'язаних з війною, таких як припинення роботи найбільшої соляної шахти України – Соледарської соляної шахти у Донецькій області, з якої постачалась сіль до багатьох регіонів Східної Європи, роль ресурсів Солотвина набула більшого значення. Сіль стала затребуваним продуктом і на решті території України. Повторне відкриття шахт також дасть поштовх для розвитку нового індустріального парку, де можна буде розмістити переробний завод. Тим не менше, попередні та поточні рекомендації повинні бути враховані у випадку, якщо видобуток планується збільшити.

## Висновки

- Видобуток солі в Солотвині має давню традицію, оскільки розвиток сучасного Солотвина базувався, насамперед, на видобутку корисних копалин. Це також означає, що ситуація з видобутком солі визначає сьогоднішню та майбутню місцевої економіки, і його роль не є другорядною щодо того, що станеться з цим сектором.
- Гірничодобувна промисловість зазнала краху, але є шанс відновити видобуток солі у Солотвині подалі від старих шахт, що менше заважатиме міським районам.
- Частково через видобуток солі з'явився туризм, пов'язаний з використанням солі та солоних озер.

## Рекомендації

- Темою подальшого дослідження є необхідність з'ясувати екологічну та економічну доцільність підтримування реконструкції сектору видобутку солі. У разі позитивних відповідей, слід розгорнути суворий і вдосконалений моніторинг.
- Видобуток корисних копалин також можна розглядати як спільну культурну спадщину населення та регіону, включаючи громаду Солотвина, яка може забезпечити підтримку розвитку міжнародного туризму.
- Деякі з колишніх об'єктів видобутку корисних копалин і технічні приміщення можуть використовуватися як інноваційні спортивні та рекреаційні об'єкти, наприклад, для екстремальних видів спорту, міських ігор, квест-кімнат, театрів тощо, а також для проведення інтерактивних виставок просто неба та під землею. Перед прийняттям будь-яких рішень і перед початком будь-якої діяльності необхідно провести ретельну та належну оцінку Ризиків.
- Слід більше підтримувати діяльність з переробки солі та створення продуктів, заснованих на видобутку солі, у порівнянні з попереднім періодом, тобто сіль можна вважати не просто сировиною для видобутку у великих кількостях.

### 2.3.4. Сільське господарство

Хоча сільське та лісове господарство не є основними галузями економіки Солотвина й Тячівського району, вони частково забезпечують життєдіяльність людей. Здебільшого випас худоби і лісове господарство є звичайними видами сільськогосподарської діяльності у районі, але деякі овочі

та фруктові дерева можуть витримувати клімат басейну Мармарошу. Сільське господарство відіграє невелику роль у створенні добробуту для громади Солотвина. Говорячи про локальний сектор, можна згадати вівчарство та виробництво типових сирних продуктів. Мало знайдеться підприємців, які мають більшу кількість овець. Масштабування підприємництва у сфері сільського господарства чи у харчовому секторі не спостерігається, скоріше місцеві домогосподарства створюють певну продукцію переважно для власних потреб.

Проблеми, пов'язані з соляними шахтами, мають великий вплив на сільське господарство. Осідання, зсуви та утворення провалів, обмежили можливість розширення орних земель. Крім того, пастухи та скотарі, незважаючи на ризик непередбачуваних зсувів, прагнуть використовувати поверхню покинутих шахт, оскільки ці пустельні території придатні для випасу. Але не тільки скорочення площ орних земель створює значні проблеми для фермерів, а й забруднення ґрунту та ґрунтових вод. Скидання неочищених стічних вод та незаконне викидання побутових відходів погіршують якість орних земель. Крім того, накопичена солоня вода у кратерах також є серйозним фактором ризику, оскільки вона може легко завдати шкоди екологічній структурі заплави та якості орних земель. Підвищення рівня хлоридів у зрошувальній воді є серйозною перешкодою для сільського господарства не лише у Тячівському районі, але й вниз за течією річки у Закарпатті, Румунії та Угорщині.

**Занепокоєння землевласників і постраждалих фермерів не є безпідставними, оскільки їхні засоби до існування можуть опинитися під загрозою. В їхніх інтересах приділяти більше уваги якості підземних вод і обробці соляних розчинів.**

## **Висновки**

- Сільське господарство відіграє менш важливу роль, порівняно з промисловістю чи туризмом.
- Сільськогосподарська діяльність також знаходиться під загрозою через забруднення навколишнього середовища та зміщення землі, яке пов'язане із колишньою гірничодобувною діяльністю.

## **Рекомендації**

- Більш комплексне планування землеустрою було б доречним для забезпечення сталого сільськогосподарського виробництва.

- Можна підтримувати локально-регіональні системи обробки продуктів, що охоплюють вирощування, зберігання, торгівлю та маркування, маркетинг для диверсифікації економіки, а також становлять джерело доходу.
- Можна вдосконалити підприємницькі навички, щоб заснувати підприємства, які генеруватимуть більший і диверсифікований дохід для місцевого населення.

### 2.3.5. Туристичний сектор

Туризм<sup>31</sup> дає великий потенціал для розвитку економіки Закарпатської області, оскільки регіон має унікальну культурну та природну спадщину. На жаль, регіон отримує надходження від цієї діяльності не в повному обсязі через українсько-російський конфлікт, який утримує частину іноземних туристів від відвідування України з 2014 року. До пандемії COVID-19 (у 2019 році) кількість готелів та інших місць для тимчасового проживання становила 59 із 4 672 місцями, якими скористалися 102 410 осіб. За даними туроператорів і туристичних фірм, більшістю туристів на Закарпатті були його мешканці у 2013 році (92,6%, 6 414 осіб) та у 2019 році (98,6%, 7 968 осіб). Це означає, що організоване туристичне портфоліо регіону зосереджується на внутрішніх потребах і не використовує географічну близькість і культурні зв'язки з сусідніми країнами. Імовірно, ці туристичні зв'язки і контакти існують і досі, однак без залучення українських туристичних фірм (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

Якщо говорити про туристичний сектор селища міського типу Солотвино, то з 2002 по 2008 роки до Солотвина щорічно приїжджало приблизно 100 000 відвідувачів (Móga et al., 2019). Кілька років тому, в основному у період туристичного сезону, в поселенні одночасно перебували 3000 осіб, кількість яких до 2021 року зросла до 4000-5000 (інтерв'ю з паном Кочергою, 2022). Туризм все ще занадто зосереджений протягом трьох літніх місяців. **Сезонність** очевидна, оскільки зима характеризується низьким рівнем притоку людей. 90% туристів приїжджають з інших куточків України. Переважна більшість гостей із західних регіонів країни, наприклад, зі Львова чи з решти Закарпаття. За останні роки кількість гостей зросла також завдяки близькості до популярного гірськолижного курорту, а місцеві бізнесмени бачать у Солотвині можливості для розширення своєї

<sup>31</sup> Показники туристичної діяльності: [http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/turism/zasob\\_rozm.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/turism/zasob_rozm.pdf);  
[http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/turism/tur\\_potoki.pdf](http://www.uz.ukrstat.gov.ua/statinfo/turism/tur_potoki.pdf)

діяльності (Державна служба статистики України – Головне управління статистики у Закарпатській області).

**Зростання кількості гостей** спонукало до розвитку туристичної інфраструктури, а саме закладів для розміщення та харчування. Солотвино стало справжнім центром відпочинку з готелями, барами та іншими закладами. Інфраструктура була побудована хаотично і зосереджена, насамперед, на солоному озері Кунікунда, яке було розділене невеликими дамбами, щоб забезпечити належний рівень води для тих, хто купається (Stoeckl та ін., 2020). Якщо говорити про заклади розміщення відпочивальників, то під час основного літнього сезону іноді у районі одночасно перебувають навіть понад 2000 туристів (інтерв'ю з паном Кочергою, 2022). Як відносно нове явище, будуються більші та якісніші готелі. Всього працює понад 60 одиниць для **розміщення відпочивальників**; деякі з них приймають кілька десятків туристів, а інші є більшими об'єктами. Крім того, багато приватних домогосподарств (сімейні будинки, квартири) пропонують додатково послуги з розміщення туристів. **Це також забезпечує додатковий дохід для мешканців**, оскільки вони можуть здавати свої вільні кімнати чи будинки для відвідувачів. За останні десять-одиннадцять років відбувається перехід від «району для вечірок» до зони відпочинку, що призводить до зменшення кількості живої музики, барів, ресторанів, безперервних вечірок і зменшення кількості спа-салонів, басейнів, закладів надання медичних послуг. На жаль, війна Росії проти України може зупинити подальший розвиток цього виду туризму в Солотвині, що погіршить життя місцевих жителів. Проте ще влітку 2022 року відбувалося будівництво нових туристичних об'єктів.

Слід відзначити важливу роль **оздоровчого туризму** (озера і лікарні). Використання солі (та солоних озер) у туристичних цілях як розробка корисних копалин у Солотвині почалося в 1970-х роках, але поширилося в основному лише у 2000-х роках, коли видобуток не міг забезпечити працевлаштування такої кількості людей, як раніше. Туристи купаються в озерах, що утворилися на території колишньої шахтарської зони, крім того, у будівлях для розміщення відпочивальників, як послуги, з'являється все більше басейнів з прісною та морською водою. Місцеві сувенірні та продуктові магазини також мають прибуток від приїжджих туристів. Окрім економічного розвитку, туризм відіграє важливу роль у працевлаштуванні місцевих жителів, які мають обмежені інші можливості для працевлаштування в Солотвині.

У Солотвині працюють дві **лікарні**, які є важливим соціально-економічним активом населеного пункту. Лікарня, що утримується Закарпатською обласною радою, лікує 100 хворих на бронхіальну астму та захворювання органів дихання. У національній лікарні лікується 350 пацієнтів. У двох

лікарнях працювало понад 500 осіб, що підкреслює їх важливість для місцевого населення. Це вплинуло б на всю громаду, якби лікарні припинили свою роботу, враховуючи, що багато інтелектуалів, лікарів та іншої важливої місцевої робочої сили та людського капіталу можна зберегти за допомогою цих закладів охорони здоров'я. Оскільки оздоровча користь підземних камер є великою, були створені підземні алергологічні лікарні, куди приймали пацієнтів не лише із Закарпаття, а й з інших куточків материкової України. Після закриття шахт, лікарні більше не могли використовувати підземні палати. **Все ще існує великий попит на стаціонарне лікування з використанням соляних ресурсів**, що є величезним потенціалом для Солотвина, за умови належного забезпечення управління і контролю за ситуацією. Навіть із закриттям соляних камер можливість медичного туризму збереглася, оскільки було підтверджено користь для здоров'я від лікування у лікарнях, басейнах із розсолем і мулом, а медичний туризм розширився за рахунок **спаслуг**.

**Стихійне та неузгоджене управління рекреаційною територією та близькість покинутих шахт спричиняють небезпеку.** Забруднення кратерів через незаконне засмічення, безпосередньо впливає на якість води на пляжах. Забруднення води в озері Кунікунда підриває репутацію Солотвина та зменшить кількість майбутніх туристів. На жаль, через покинуті шахти та безвідповідальну поведінку місцевих жителів ці **соляні ресурси були забруднені, що зменшує майбутній потенціал туризму**. Щоб уникнути цього, вкрай важливо створити ефективну систему поводження з відходами та припинити незаконне засмічення. Ще одним потенційним джерелом небезпеки є незакрита територія гірничодобувного району, оскільки відвідувачі часто ходять між воронками просто задля інтересу або щоб скоротити шлях. **Постійна небезпека зсувів і просідання ґрунту відлякує нових інвесторів і компанії, оскільки вони не хочуть інвестувати в зону ризику.** Крім того, навколо рекреаційної зони Солотвина також відбуваються менш масштабні зміщення поверхні землі. Локальний бізнес намагається пом'якшити ці процеси та реагувати на них, однак, за даними місцевих джерел, серйозних зрушень останнім часом не відбулося. Небезпечним може бути підземний потік води між двома частинами смт Солотвино, але дія таких невидимих вод поки невідома. Небагато закладів розміщення відпочивальників постраждали від зміщень земної поверхні. Легкі будівельні конструкції можна перенести, що дозволить уникнути їх пошкодження. Є 3-4 менші житлові будинки, які найбільше постраждали, і де потрібно знайти рішення для подолання загроз.

**Зростання туристичного сектору неможливо досягти без запобігання поширенню забруднення.** Місцеві соляні ресурси є найважливішою цінністю району, і на цей час вони



створюють бренд Солотвина. Але якщо такий геологічний ресурс буде ще більше забруднений, Солотвино не зможе використовувати цей фонд. Важливо підкреслити, що простого існування солі недостатньо для сталого економічного та соціального розвитку, має бути досягнутий високий рівень якості надання послуг, розміщення відвідувачів, дозвілля, лікування та розвинена інфраструктура, які можуть забезпечити основу для якісного туризму. Крім того, бажано зберегти колишню промислову спадщину, оскільки ці об'єкти можуть познайомити з історією населеного пункту. Щоб Солотвино стало інтегрованим об'єктом на туристичному ринку, громада має створити єдиний бренд, який сприятиме розбудові партнерства між суб'єктами місцевого туристичного сектора. Наприклад, обов'язково треба узгоджувати основні локації та розвивати навколо них сферу послуг, що сприятиме створенню якісного туризму в регіоні. Завдяки цим заходам Солотвино зможе представити себе і на міжнародному рівні.

## Висновки

- Туризм став основною галуззю, яка формує статус усієї громади.
- Відбувається розвиток у бік рекреаційного та лікувального туризму.
- Все ще спостерігається сильна сезонність протягом року.
- Домінує внутрішній туризм, тоді як іноземних туристів менше приваблює Солотвино.
- Необхідно створити більш привабливе середовище шляхом усунення екологічних небезпек, які також погіршують якість місцевого туризму.

## Рекомендації

- Потрібно підтримувати місцевих жителів, щоб вони були частиною туристичного сектору, заохочуючи розвиток сфери послуг, наприклад, розміщення відвідувачів, а також продаж місцевих продуктів і сувенірів.
- Налагодити контакти з курортними містами Європи.
- Заохочувати ті види інвестиційних проєктів, які можна втілити далі від зон ризику та які сприятимуть переходу до якісного туризму, а також забезпечать запровадження нових комплексних послуг у сфері охорони здоров'я та лікування.
- Щоб уникнути розповсюдження забруднення, його джерела та можливість поширення повинні бути локалізовані. У іншому випадку це унеможливить туризм або принаймні зменшить його привабливість.

- Туризм має розвиватися з дотриманням балансу між подальшим розвитком сектору та якістю навколишнього середовища.
- Слід дозволити лише ті нові розробки, які враховують небезпеку та ризик для навколишнього середовища (наприклад, забруднення водою або обвалення будівель).
- Культурне розмаїття може стати основою для додаткових туристичних атракцій і послуг.
- Можна поліпшити співпрацю з іншими шахтарськими містами в ширшому регіоні, а також з іншими міжнародними партнерами вздовж річки Тиса.

### **3. Результати проєкту РЕВІТАЛ 1**

#### **3.1. Результати польових досліджень та рекомендації**

Виконано польові роботи з метою завірки результатів оцінки деформацій земної поверхні (інтерферометричної обробки даних супутникового радарного моніторингу), а також з метою фіксації проявів небезпечних екзогенних геологічних та техногенно-геологічних процесів в межах Солотвинського родовища кам'яної солі та суміжних територій (збір та аналіз даних про розвиток карсту (карстові воронки: геометричні розміри та частота виникнення, просідання тощо). Обстежено та задокументовано (фото, схематичні рисунки, координатні прив'язки):

- схили протипаvodкової дамби, які інтенсивно забудовуються рекреаційними об'єктами;
- ділянку покинутого сховища паливно-мастильних матеріалів;
- зони впливу об'єктів з видобутку кам'яної солі: шахтні поля та прилеглі території ліквідованих шахт 8, 9 та провалля шахти 7;
- провалля Чорний Мочар;
- поле Малого Мочару;
- карстово-суфозійні явища вздовж старого русла р. Глод, північної штольні, озера Ельдорадо.

Польові спостереження показали, що процеси деградації земної поверхні продовжуються. Тіло дамби продовжують активно забудовувати, з розчисткою деревної рослинності, облаштуванням відкритого відведення каналізаційних вод у водовідвідну траншею (Рисунок 3 А).

В межах озера Чорний Мочар відбувається подальше поглинання «миса» в центрі озера (Рисунок 3 В). Також спостерігається поступове збільшення площі озера у західному напрямку. На дачному будинку біля озера наявна свіжа зяюча «наскрізна» (на обох протилежних стінках) тріщина, орієнтована в південному напрямку. Бетонний лоток по руслу р. Глод сухий, частково деформований,

порослий ожиною. Паралельно дорозі прокопана нова траншея глибиною до 1 м.

Численні активні та порослі травою воронки переважно округлої або еліпсоїдної форми, іноді витягнуті за рахунок злиття були виявлені навколо Малого Чорного Мочара (Рисунки 3 С, D). Воронки переважно не глибокі, з видимою глибиною до 5 м. Частина воронок з водою, деревною рослинністю. Найбільш порушена частина біля залізничного насипу, де розташована велика активна воронка з крутими схилами над водовідливною штольнією №7 (видовжена за рахунок злиття кількох воронок) та ряд з окремих воронок (Рисунки 3 Е, F, G). Ослаблена зона видовженої групи воронок східчаста, має чітко виражені в рельєфі по 8 уступів з обох боків висотою 0,5-1,5 м, шириною до 3 м. Далі вздовж схилу наявний відкритий вузький бетонний водовідливний лоток, глибиною 0,5 м. Русло Глоду трасується карстовими воронками.



**Рис. 3 А.** Тіло дамби продовжують активно забудовувати, з розчисткою деревної рослинності, облаштуванням відкритого відведення каналізаційних вод у водовідвідну траншею (Фото від 16.03.2020)



**Рис. 3 В.** Новоутворена карстова воронка поблизу сміттєзвалища на західному борті Чорного Мочару (Фото від 17.03.2020)



**Рис. 3 В.** Просування південно-східного краю Чорного мочару на південь до полігону побутових відходів (Фото від 09.04.2023)



**Рис 3 С.** Коритоподібна зона осідання, ускладнена карстовими воронками біля південного схилу залізничного насипу (Фото від 17.03.2020)



**Рис. 3 Д.** Карстово-суфозійні воронки на сідному фланзі шахти № 9. Загальний вигляд (Фото 17.03.2020)



**Рис. 3 Е.** Новоутворені провалля вздовж південного краю шахти №7 (Фото від 09.04.2023)



**Рис. 3 Ф.** Нові провалля на захід від воронки шахти №7 (Фото від 10.04.2023)



**Рис. 3 Г.** База відпочинку Панорама (новобудова) з проваллям над гірничими виробками шахти №8 на задньому плані (Фото Олега Науменка, <https://hotel-panorama.com.ua/photos/> )

## Висновки

- На території затоплених та непрацюючих (покинутих, abandoned) гірничих виробок спостерігається розширення площі просідань та поступове виполажування схилів навколо провалів та воронок. Водночас існування карстово-суфозійних ліюк (воронки) з вертикальними стінками (провальних колодязів) є індикатором продовження активних карстово-суфозійних процесів.
- В складних економічних умовах (військова агресія росії, особливо її гостра фаза з 2022 р. та певною мірою COVID-19) населення смт Солотвино знаходить можливості та ресурси для реалізації проектів з розвитку туристичної інфраструктури. Спостерігається залучення у використання, зокрема під забудову, територій на яких фіксуються вертикальні зміщення. Для бальнеологічних цілей відкачуються з провалів шахти №7 розсоли.

## Рекомендації

- Створити умови/систему для використання природних ресурсів, зокрема для оздоровчого туризму (медичного, реабілітаційного, рекреаційного) в межах, в яких не виникають додаткові ризики для життєдіяльності та які не несуть негативних наслідків для довкілля (перш за все поширення забруднення).
- Розглянути можливість легалізації використання розсолів у бальнеологічних цілях.

## 3.2. Результати картографування деформації ґрунту

### 3.2.1. Оцінка рухів поверхні землі

Архівні показники супутникової системи EU ENVISAT за 1992-2000 та 2002-2010 роки були використані для моніторингу просторових і часових змін руху поверхні землі. До останнього періоду можна віднести розвалення шахти внаслідок найінтенсивніших рухів поверхні землі.

Рухи поверхні можна описати за допомогою вектора швидкості вертикальних зміщень. У нашому випадку, для захисту конструкцій, наступні значення можуть бути використані для характеристики ризиків зміщення (зокрема, осідання), виражених у мм/рік.

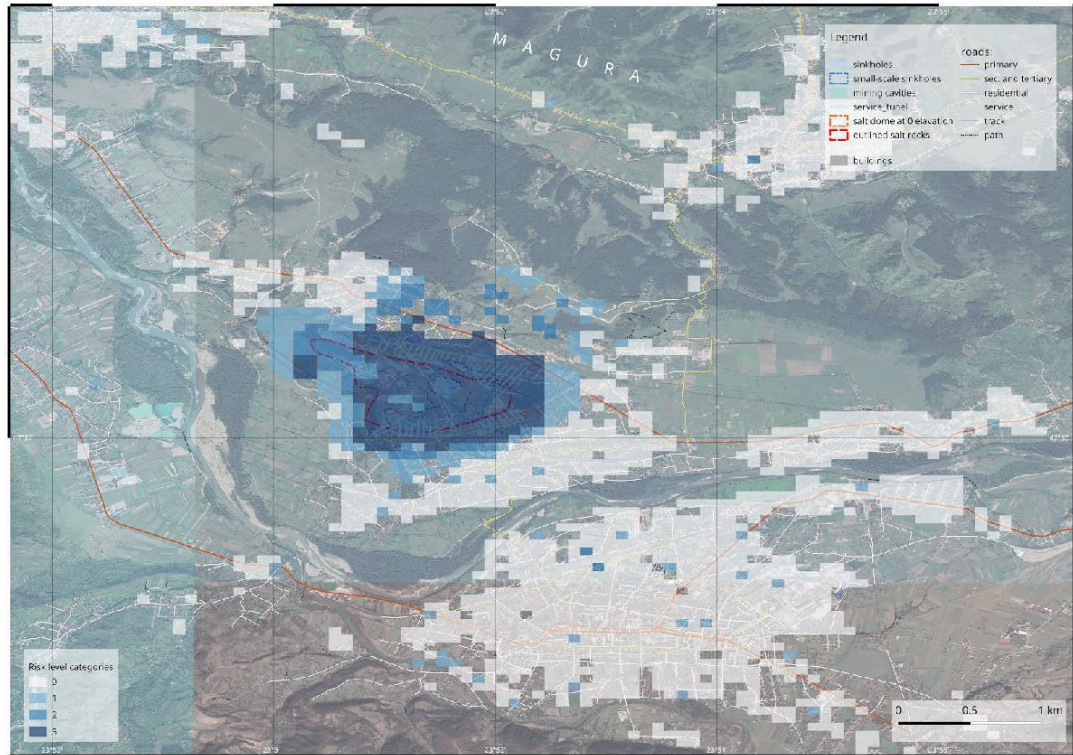
Для показників від -2,5 до +2,5 мм/рік, ризик = 0 (без ризику).

Якщо -5 – -2,5 мм/рік, ризик = 1 (середній ризик).

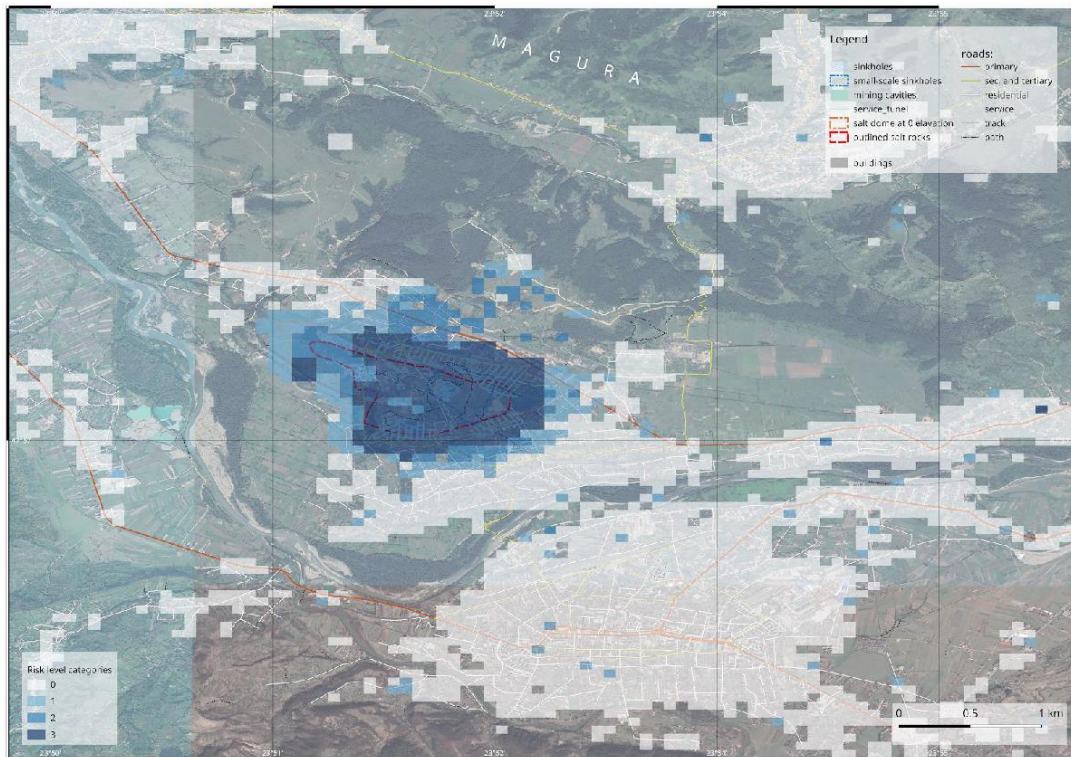


Якщо  $-15 - -5$  мм/рік, ризик = 2 (високий ризик).

Якщо  $-25 - -15$  мм/рік, ризик = 3 (дуже високий ризик).



**Рис. 4** Карта ризиків просідання ґрунту, виміряна на основі даних ERS у період 1992-2000 років (*DatElite Ltd*). Умовні позначення: сірий = 0 (немає ризику), світло-блакитний = 1 (середній ризик), синій = 2 (високий ризик), темно-синій = 3 (дуже високий ризик)



**Рис. 5** Карта ризиків просідання ґрунту, виміряна на основі даних ENVISAT у період 2002-2010 років  
(DatElite Ltd)

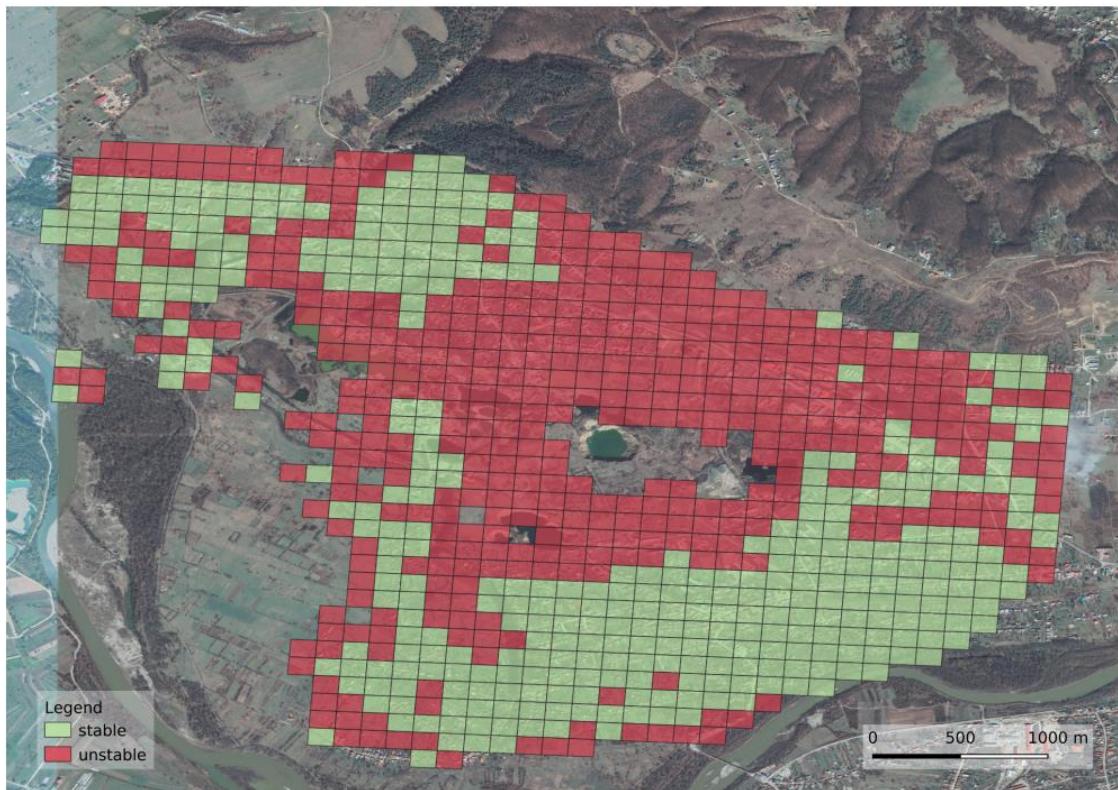
Умовні позначення: сірий = 0 (без ризику), світло-блакитний = 1 (середній ризик), синій = 2 (високий ризик), темно-синій = 3 (дуже високий ризик)

Аналіз обох наведених вище показників свідчить про (Рис. 4, 5) **відсутність суттєвої різниці в просіданні ґрунту між 1992-2000 роками, 2002-2010 та 2014-2021 роками.** В ці періоди чітко видно, що для забудованих ділянок територією **дуже високого ризику є колишня соляна шахта, соляні ставки та кількасотметрові смуги, що їх розмежовують.** Це означає осідання до **25 мм/рік** (очевидно, по краях розірваних кратерів показники сягають більш високих значень). Під **найбільшою загрозою перебуває постачальник комунальних послуг – завод електророзподільних мереж, розташований на території шахти 9 (біля шахти 10) у північно-східній частині зони високого ризику.**

На основі E. Szűcs та ін. (Еволюція поверхневої деформації, пов'язаної з утворенням котловин через видобуток солі в Солотвині (Україна), виявлена за допомогою радіолокаційної інтерферометрії Sentinel-1 2021, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 21, 977–993, 2021, <https://doi.org/10.5194/nhess-21-977-2021>) оцінка даних із супутника EU Copernicus SENTINEL-1 показує, що з 2014 року по 2019 рік швидкість опускання досягла **30 мм/рік.** Нещодавній результат проєкту показав те саме значення

(DATelite Ltd, 2021)

Це означає, що інтенсивність осідання трохи зросла у період між 2014 і 2019 роками, але даних або вимірювань, що це змінилося, немає.



**Figure 6.** Мапа стабільності Envisat у період між 2014-2021 роками (DatElite Ltd)

Умовні позначення: зелений = стабільний, червоний = нестабільний

Базуючись на таких непрямих доказах, як хімічні аналізи води, **можна зробити висновок, що процес осідання просувається асимптотично до нового рівноважного стану; більшого опускання, швидше за все, не очікується.**

**Вимірювання InSAR виявили просторові та часові деформації поверхні у Солотвині, в Україні.**

Архіви зображень ERS та Envisat SAR, що охоплюють нижчезазначений часовий проміжок, були оброблені, а історія інтерферометричних деформацій області була досліджена. Аналіз інтерферометричних показників допоміг зрозуміти природу деформацій поверхні Солотвинського соляного купола з 1990-х до кінця 2000-х років. Деякі підсумкові результати перелічені нижче:

- У центральній частині Солотвина та на прилеглих південних схилах Магури протягом обох десятиліть, були виявлені як швидко рухомі поверхні, так і поверхні, що постійно залишалися стабільними.
- Швидкість зміщення була сталою, швидкість рухомих поверхонь перевищувала -25 - -5 мм/рік протягом обох десятиліть без значних прискорень і уповільнень, що представляє чітку лінійну тенденцію осідання.
- Швидкість зміщення зменшувалася з віддаленням від центру соляного купола.
- З північного краю південної частини села, спостерігалися лише невеликі зміщення у північному напрямку.
- Рівні ризику були розраховані на основі інтерферометричних і геологічних показників, показуючи, що високий рівень ризику виникає на куполі та навколишній території, тоді як рівень ризику зменшується з віддаленням від центру соляного купола.
- Під час вимірювань значних змін рівнів ризику (просторових чи часових) не виявлено.
- Середня точність проведених вимірювань складає до міліметра.
- Інтерферометричні розсіювачі розташовані над штучними спорудами, лише деякі з них були розміщені на оголених поверхнях.
- Дуже мало розсіювачів було знайдено над центральною зоною соляного купола та іншими, покритими рослинністю, ділянками; створення мережі штучних розсіювачів (кутникових відбивачів) або окремих рефлекторів могло б збільшити просторове покриття інтерферометричних розсіювачів.

**Результати показують зовсім іншу ситуацію у румунській частині, порівняно з Солотвином. Вся територія Сігету Мармаціей перебуває у стабільному стані, і тут немає жодного району міста, що демонструє географічно впізнавані патерни руху поверхні. Також можна виявити поодинокі нестабільні зони. Це означає, що зафіксована локальна нестабільність, насамперед, пов'язана з проблемами забудови території або рельєфом схилу.**

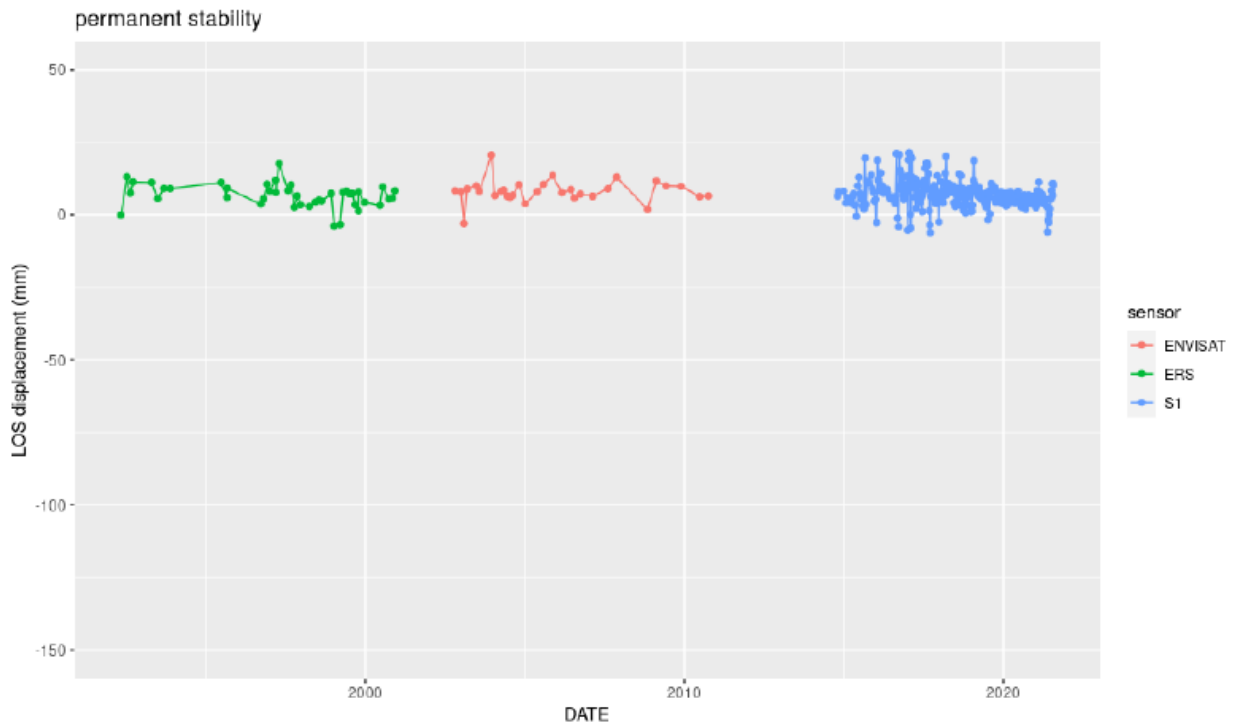


Рис. 7. LOS зміщення сіток, демонструють постійну стабільність



Figure 8. LOS зміщення сіток, демонструють стабільність S1

Вимірювання SAR показало, що інтерферометричний аналіз даних ERS та Envisat став міцною основою для успішної обробки та аналізу зображень Sentinel-1, які могли б сприяти глибшому розумінню природних процесів, що відбуваються із Солотвинським соляним куполом. Щоб забезпечити у майбутньому процвітання Солотвинського регіону, необхідне подальше дослідження процесів, які відбуваються на небезпечній території. **Використовуючи кутникові рефлектори та технологію InSAR, можна створити систему раннього попередження над територією. Ця система моніторингу на основі InSAR може значно поліпшити умови громадської безпеки та надати об'єктивну, прозору інформацію про деформацію поверхні, яку можна опрацювати за допомогою будь-якого веб-додатку ГІС. Цей додаток можна встановити на смартфони місцевих мешканців, і вони зможуть отримувати інформацію безпосередньо про свій мікрорайон.**

### 3.2.2. Результати оцінки деформацій земної поверхні

З метою встановлення основних закономірностей деформації земної поверхні в межах Солотвинського родовища кам'яної солі та суміжних територій виконано інтерпретацію результатів ідентифікаційного дешифрування космознімків для подальшої оцінки ризиків, пов'язаних з розвитком небезпечних природних і техногенних геологічних процесів.

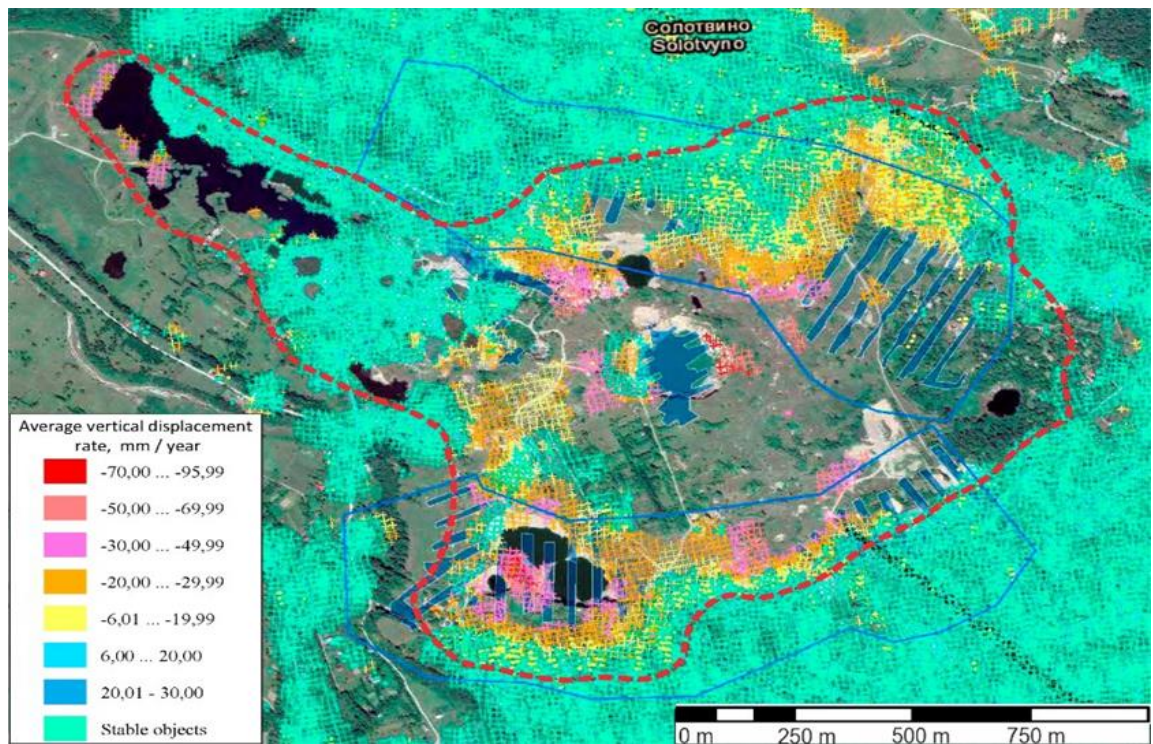
Оцінка вертикальних зміщень об'єктів і земної поверхні виконувалася на основі інтерферометричної обробки даних супутникового радарного моніторингу сучасними засобами КА Sentinel-1A та 1B (аналіз даних DInSAR 2016-2021, SBAS метод; Copernicus EMSN-030, EMSN-064; а також із застосуванням методів обробки супутникових радарних даних PS і SBAS у 2016-2021 рр. Центром прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля).

За рахунок використання довгих часових серій зображень отриманих радіолокаторами з синтезованою апертурою SAR, ефективно пригнічуються похибки орбітальних даних, вплив атмосферних явищ. Результатами обробки є тематичні цифрові карти з точністю оцінки середньої швидкості вертикальних зміщень об'єктів 2-4 мм/рік методом PS, 6-15 мм/рік методом SBAS.

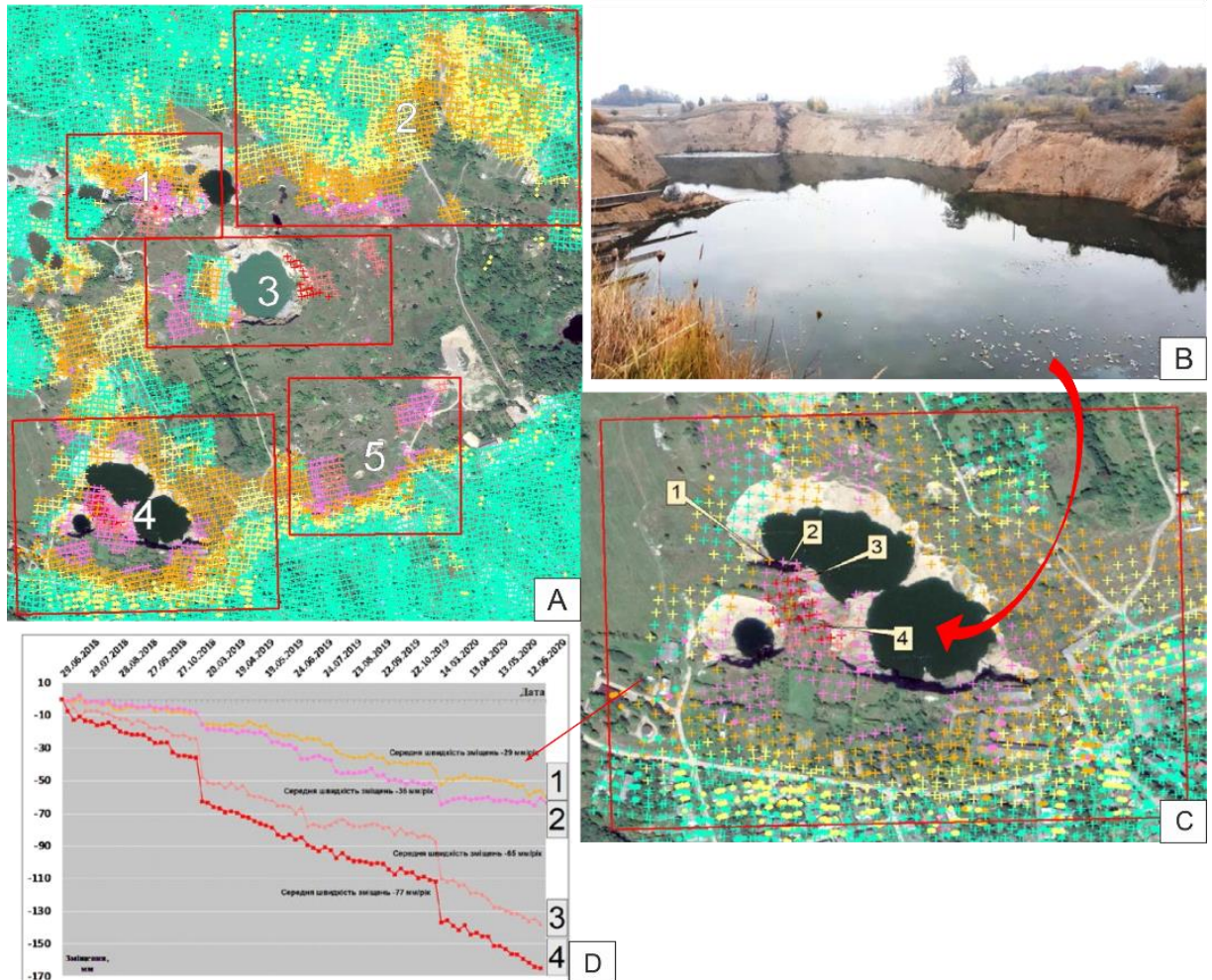
Зона досліджень складала 33 кв.км. Створені кінцеві інформаційні продукти (растрові і векторні), які дозволили проаналізувати зміни у просторовому і часовому вимірах. Обробка радарних даних виконана за допомогою програмного пакету ENVI модуль SARscape, тематична обробка даних за результатами інтерферометрії реалізовувалася засобами ГІС (програмне забезпечення ArcGis).

### Картування та супутниковий моніторинг деформацій земної поверхні (2018-2020)

Оцінка вертикальних зміщень об'єктів і територій за допомогою інтерферометричної обробки даних супутникового радарного моніторингу проведена за період з 25/06/2018 р. по 30/06/2020 р. Визначено значення та ділянки концентрованих деформацій земної поверхні в межах зони розвитку техногенного та природного карсту, що ускладнюється проявами небезпечних геологічних процесів (зсуви, підтоплення, паводки тощо). За результатами ретроспективної обробки на досліджуваній території визначені зони концентрованих деформацій та динаміка осідань у точках радарних вимірювань (Рисунок 9). За допомогою засобів ГІС оцифровано ділянки осідання земної поверхні із середньою швидкістю вертикальних зміщень від -6 до -94 мм/рік. Проведено оцінку техногенної небезпеки для Солотвинської солянокупольної структури та прилеглих територій. В результаті було виділено 5 ділянок інтенсивного осідання земної поверхні. Найвищі значення визначено ділянок №3 та 4 (Рисунок 10). У зоні №4 максимальна середня швидкість осідання становить -81 мм/рік. Встановлено, що шахти №7, 8 та 9 становлять загрозу для безпеки життєдіяльності в Солотвині.



**Рис. 9** Зона інтенсивних осідань – обмежена червоною лінією (територія з деформаціями земної поверхні із середньою швидкістю осідання від -6 до -94 мм/рік, методи PS та SBAS)



**Рис. 10.** А – виділені зони концентрованих деформацій; Б - західний фланг шахти №8; В - геодинамічний аналіз зони просідання №4 (західна частина території шахти №8); Г - графік вертикальних переміщень для зони №4, максимальна середня швидкість просідання -81 мм/рік

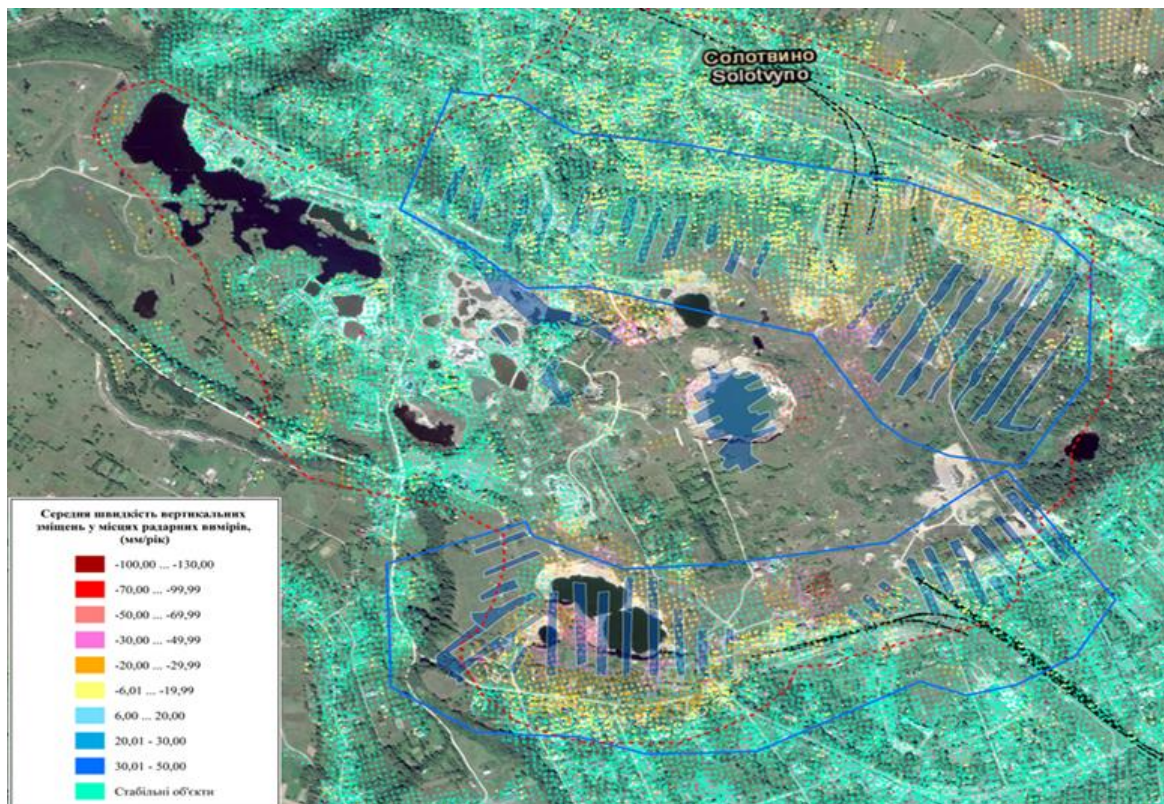
### Картування та супутниковий моніторинг деформацій земної поверхні (2020-2021)

Виконана оцінка вертикальних деформації земної поверхні, будівель і споруд в межах Солотвинського родовища кам'яної солі за останніми даними супутникового радарного моніторингу (за період 30.06.2020-12.10.2021 рр.). (Рисунок 11 А). (Pakshin, M., Shekhunova, S., Stadnichenko, S., Liaska, I., 2021, *The satellite radar monitoring for anthropogenic and natural geological hazards mapping within the Solotvyno mining area (Transcarpathia, Ukraine)*. European Geosciences Union «vEGU21». EGU21-8417. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-8417>)

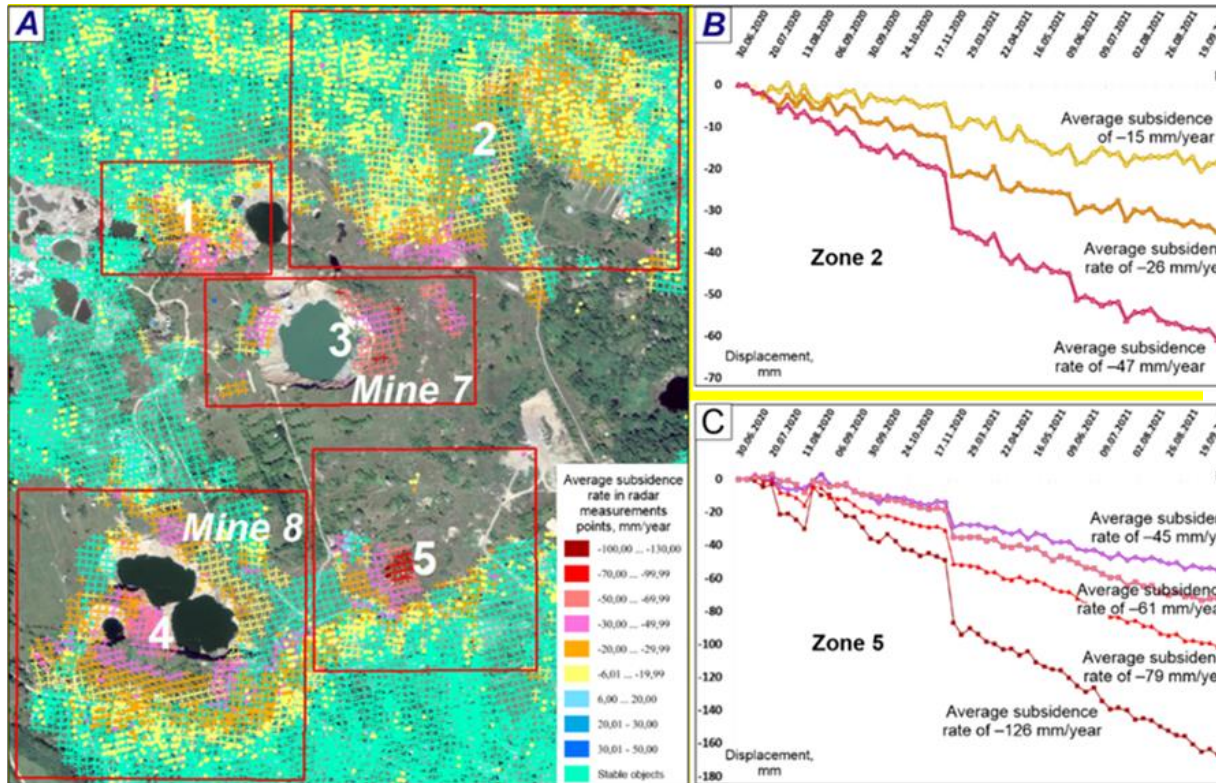
В результаті аналізу зони інтенсивних осідань – території з деформаціями земної поверхні визначено 5 ділянок, які інтенсивно просідають (зі середньою швидкістю вертикальних зміщень від -6 до -126 мм/рік.). (Рисунок 11 В) Встановлено, що зони осідань навколо шахт №7, 8, 9 є значними



за площею і кожна має виражену мульду просідання, в якій найбільші осідання визначені фактично у її центрі. При віддаленні від центру інтенсивність осідання земної поверхні поступово зменшується. Небезпечною є територія шахти №7 і західна та східна частина території шахти №8.



**Рис. 11 А.** Оглядова схема території смт Солотвино з точками радіолокаційних вимірювань і визначення вертикальних зміщень рівня земної поверхні за період 30.06.2020-12.10.2021 рр. Зона інтенсивних осідань - штрихпунктир червоного кольору

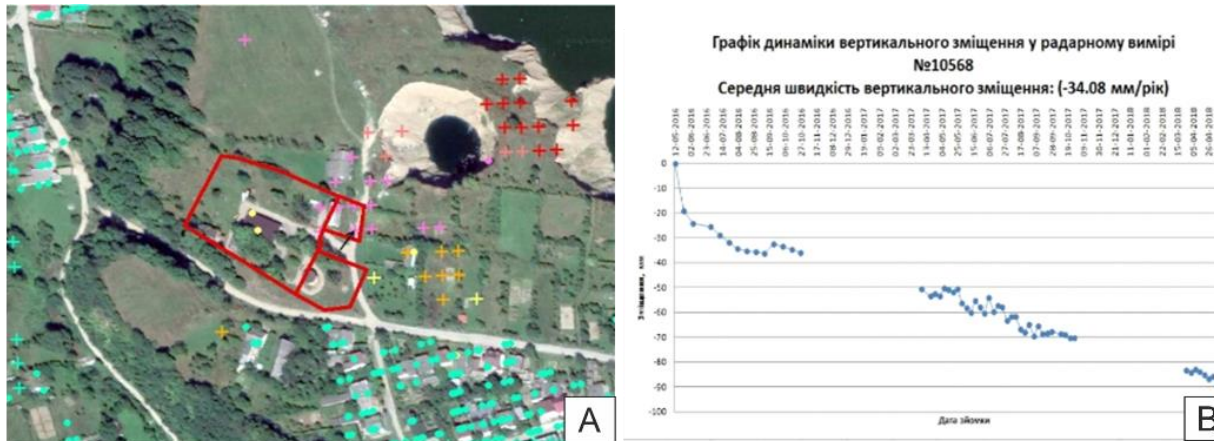


**Рис. 11 В.** Оцінка вертикальних зміщень земної поверхні за допомогою інтерферометричної обробки даних супутникового радіолокаційного моніторингу (PS&SBAS) за період з 06.2020 р. по 06.2021 р.: А – зони концентрованих деформацій; Б – графік вертикальних зміщень зони концентрованих деформацій №2, максимальна середня швидкість осідання –47 мм/рік; С – графік вертикальних зміщень зони концентрованих деформацій №5, максимальна середня швидкість осідання –126 мм/рік (хрестики різного кольору маркують точки спостережень з різною визначеною швидкістю вертикальних зміщень; швидкість збільшується у послідовності зелений, жовтий, помаранчевий, бузковий, рожевий, червоний. Швидкості відповідають кольорам на рис. 9А)

### Картування та супутниковий моніторинг деформацій ґрунту для об'єктів контролю (об'єктів критичної інфраструктури)

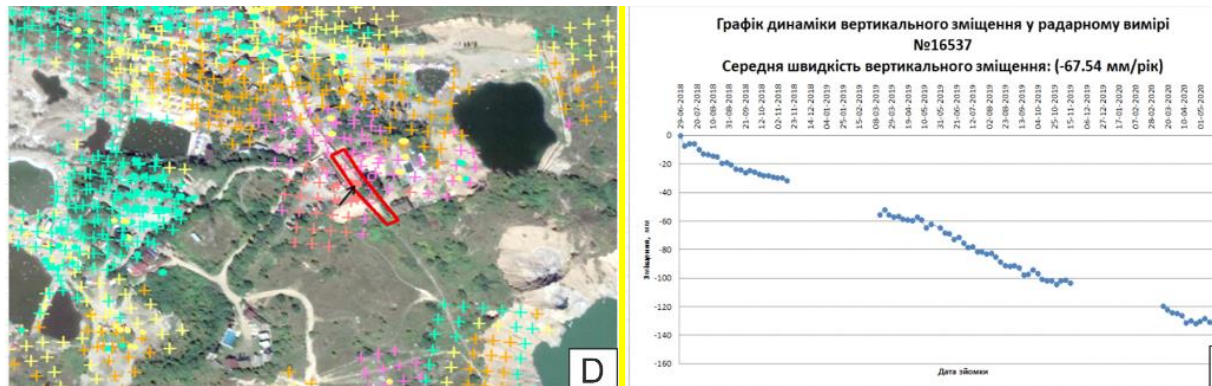
Виконано аналіз супутникових інтерферометричних даних території смт Солотвино з метою визначення вертикальних зміщень земної поверхні внаслідок тривалої підземної гірничовидобувної діяльності за період 1997-2021 рр. Виділені ділянки детального аналізу – контрольні точки (об'єкти критичної інфраструктури): 1 – опора електропередач; 2 – електрична підстанція, 3 – бальнеологічні об'єкти, 4 – насосна підстанція; 5 – п'ятиповерховий житловий будинок; 6 – прирічковий водозабір. Для кожної з ділянок побудовані графіки накопичених деформацій та швидкості зміщення земної поверхні за періоди 30.04.2016 – 25.06.2018 рр. та 25.06.2018 – 30.06.2020 рр. (Shekhunova et al., 2021, *The satellite radar monitoring of post-mining area (Solotvyno, Ukraine). Materials of the XV International*

Scientific Conference EAGE “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”, 17–19 November 2021, Kyiv, Ukraine. Mon-21-075, <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2075>).



**Рис. 12.** А – контрольний об'єкт насосна підстанція; Б - графік накопичених деформацій земної поверхні для контрольного об'єкта водопровідна насосна підстанція (2016–2018 рр.) з середньою швидкістю вертикальних зміщень -34,08 мм/рік

На основі інтерферометричної обробки супутникових радіолокаційних даних оцінено частоту і масштаби вертикальних зміщень земної поверхні (Таблиця 2). Найвищі значення деформації поверхні від -94,93 до -139,98 мм при швидкостях вертикального зміщення від -34,08 до - 67,54 мм/рік отримані для об'єктів/ділянок (об'єктів критичної інфраструктури), розташованих у межах першої зони, що характеризується найбільш інтенсивним розвитком карстово-суфозійних процесів, з якими пов'язані утворення провалів, обвалів, зсувів та осідань.



**Рис. 12.** С Контрольний об'єкт – бальнеологічний комплекс; Г - графік накопичених деформацій земної поверхні для контрольного об'єкта – бальнеологічного комплексу з середньою швидкістю вертикальних зміщень -67,54 мм/рік

**Таблиця 2.** Результати інтерпретації даних супутникового радіолокаційного моніторингу щодо деформації земної поверхні для досліджуваних об'єктів (Shekhunova et al., 2021, <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2075>)

| № об'єкту | Досліджувана ділянка/ об'єкт критичної інфраструктури | Метод (кількість точок замірів на досліджуваному об'єкті) | Вертикальне зміщення, мм | Середня швидкість зміщення, мм/рік | Період                 | Зона      | Імовірність, % |
|-----------|---|---|--------------------------|------------------------------------|------------------------|-----------|----------------|
| 1         | Опора електропередач                                  | PS (1); SBAS (5)  | -15.44                   | -3.81                              | 2016-2018              | 7         | 20             |
|           |   | PS (2); SBAS (10)   | -17.46                   | -2.79                              | 2018-2020              |           |                |
| 2         | Електропідстанція                                     | PS (35); SBAS (4)   | -25.46                   | -7.98                              | 2016-2018              | 1         | 100            |
|           |   | PS (59); SBAS (45)  | -27.52                   | -11.93                             | 2018-2020              |           |                |
| 3         | Бальнеологічний / рекреаційний об'єкт                 | PS (1); SBAS (4)  | -139.98                  | -67.54                             | 2018-2020              | 1         | 100            |
| 4         | Насосна підстанція                                    | PS (2)<br>SBAS (5)  | -24.25 ...<br>-94.93     | -11.72 ...<br>-34.08               | 2016-2018<br>2016-2018 | 1         | 100            |
|           |   | PS (8)<br>SBAS (17)                                       | -77.85<br>-43.56 ...     | -22.29<br>-31.66<br>-20.18 ...     | 2018-2020<br>2018-2020 | 1         | 100            |
| 5         | 5-ти поверховий будинок                               | PS (5); SBAS (2)<br>PS (4); SBAS (10)                     | -13.21;<br>-12.78 ...    | -1.70<br>-0.27 ...                 | 2016-2018<br>2018-     | 1(?)<br>2 | 50             |

|   |                       |                                       |                      |                      | 2020                           |    |       |
|---|-----------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----|-------|
| 6 | Прирічковий водозабір | PS (2); SBAS (9)<br>PS (2); SBAS (28) | -60.32 ...<br>-69.38 | -24.75 ...<br>-31.59 | 2016-<br>2018<br>2018-<br>2020 | 15 | 50-75 |

Таким чином, в результаті аналізу отриманих графіків накопичених деформацій земної поверхні для ділянок контрольних об'єктів (об'єктів критичної інфраструктури) за даними супутникового радіолокаційного моніторингу (за період 30.04.2016 – 30.06.2020 рр.) проведено оцінку геодинамічного стану просідання цих об'єктів за темпами вертикальних зміщень, отримано нові дані щодо параметрів прояву небезпечних природних та техногенних процесів у смт Солотвино, оцінено їх вплив на об'єкти критичної інфраструктури.

**Узагальнено та проаналізовано дані інтенсивності та величини вертикальних деформацій земної поверхні за даними супутникового радіолокаційного моніторингу за період 2016-2021 рр.**

За результатами ретроспективної обробки у зоні досліджень визначені зони концентрованих деформацій та динаміка осідань у місцях радарних вимірювань (Рисунок 13). На основі оцінки даних вертикальних зміщень об'єктів і ділянок місцевості, отриманих за допомогою інтерферометричної обробки даних супутникового радіолокаційного моніторингу, визначено, що шахти № 7, 8 та 9 становлять загрозу техногенній безпеці смт. Солотвино.

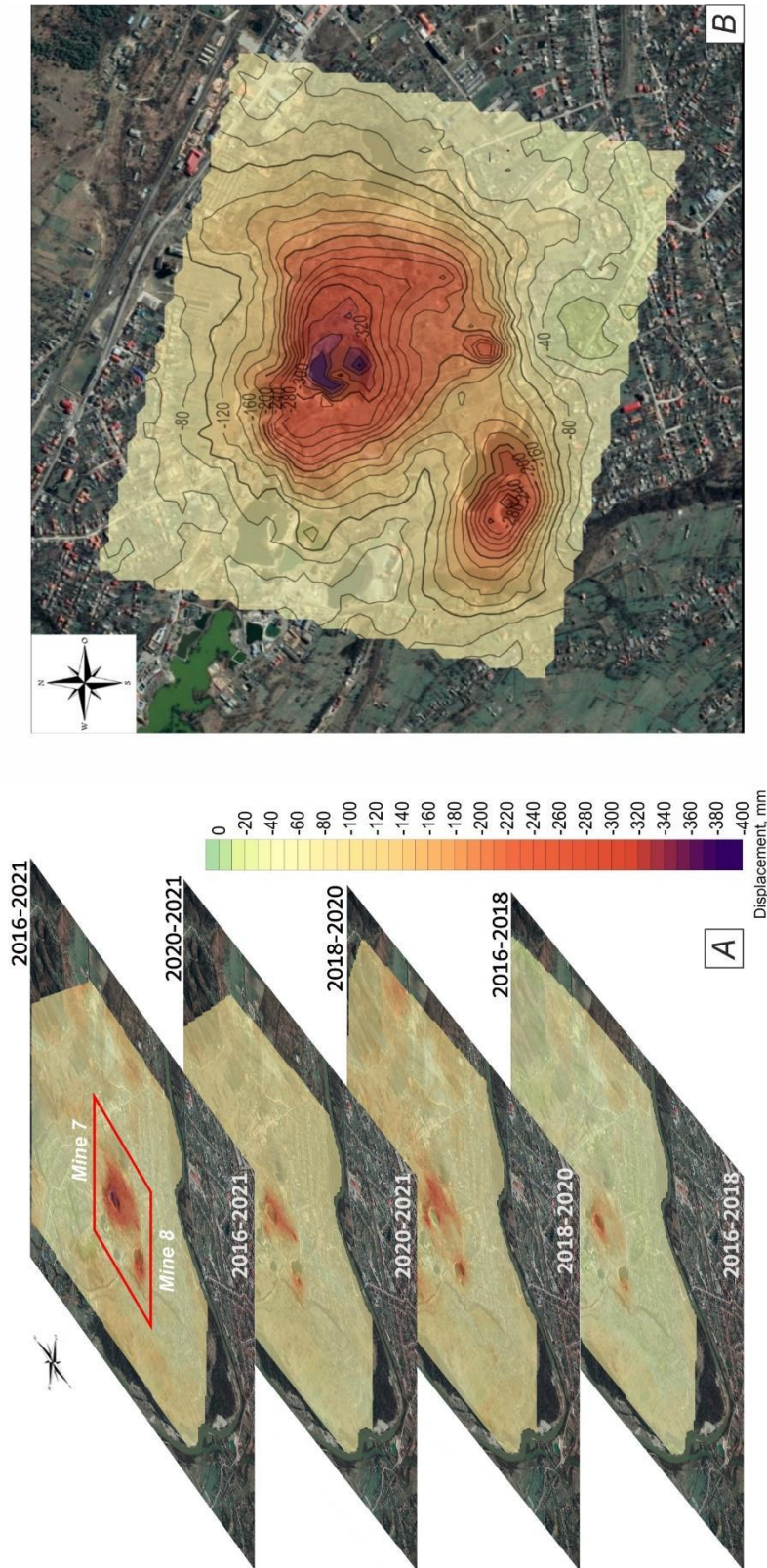
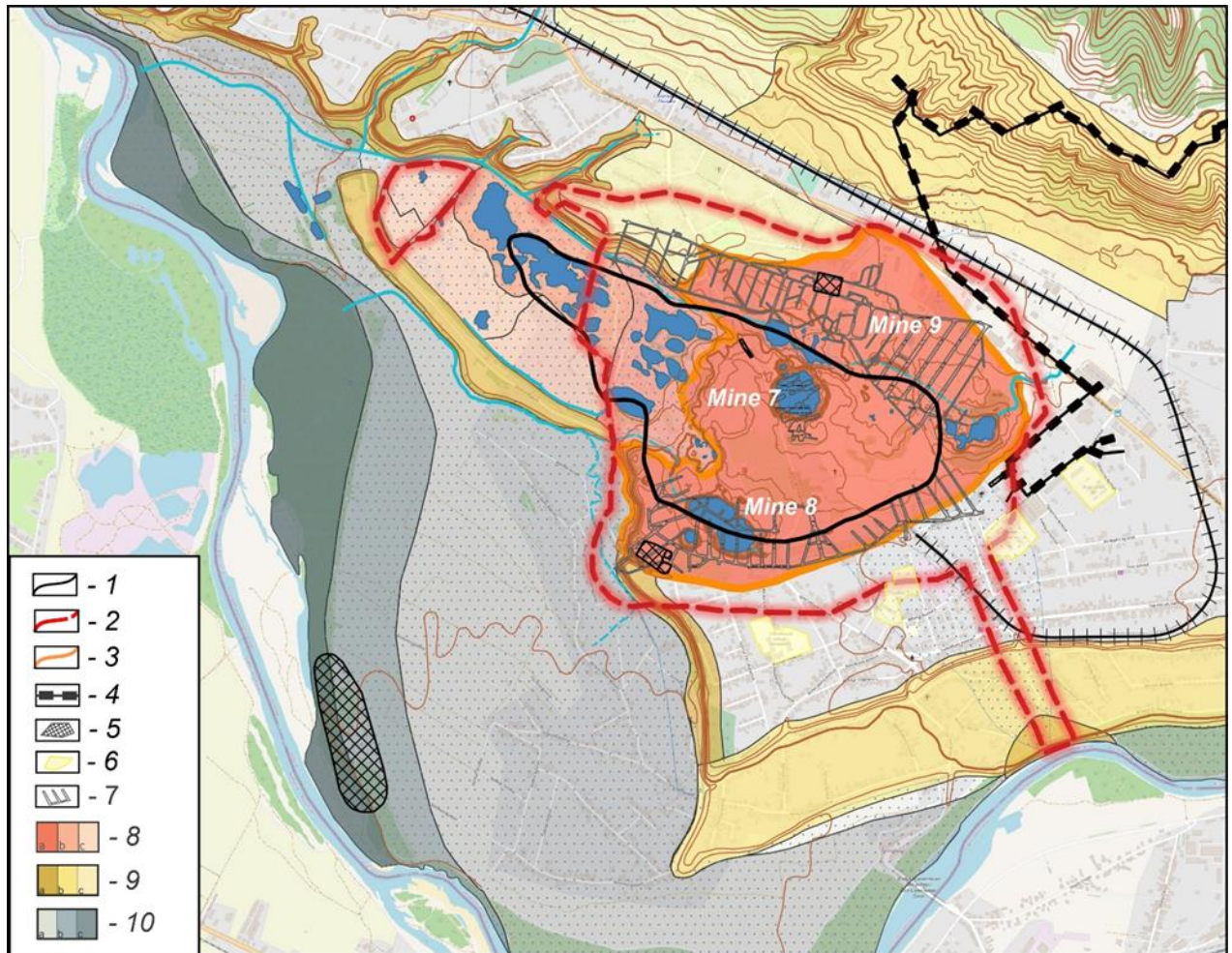


Figure 13. Dynamics of changes in the maximum vertical ground surface displacements

Рис. 13. Динаміка змін максимальних вертикальних зміщень земної поверхні

Детальний ситуаційний план території Солотвинського солерудника та його околиць з об'єктами критичної інфраструктури та іншими об'єктами (у тому числі дошкільними та шкільними навчальними закладами), розташованими в межах або поблизу зони техногенного впливу техногенного впливу гірничовидобувних робіт та прояву небезпечних екзогенних геологічних процесів, наведено на Рисунку 14.



**Рис. 14.** Ситуативний план Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій із зоною техногенного впливу гірничих робіт з видобутку кам'яної солі та прояву небезпечних екзогенних геологічних процесів: 1 – контур солянокупольної структури по поверхні алювіальних відкладів; 2 – зона техногенного впливу шахт з видобутку кам'яної солі та прояву небезпечних екзогенних геологічних процесів; 3 – зона активного техногенного впливу гірничовидобувних робіт та прояву небезпечних екзогенних геологічних процесів; 4 – газопровід; 5 – об'єкти критичної інфраструктури (електропідстанція, водозабірна насосна станція, очисні споруди каналізації; звалище побутових відходів); 6 – дошкільний та шкільні заклади освіти; 7 – контури гірничих виробок. Ризики небезпечних природних та природно-техногенних процесів (8-10): 8 – карстових процесів: катастрофічний (а), значний (б), помірний (в), незначний (г); 9 – схилових процесів: значний (а), помірний (б), незначний (в); 10 – затоплення паводками та повеннями: значний (а); помірний (б), незначний (в).

## **Висновки**

- **Виявлено закономірності поширення вертикальних зміщень земної поверхні, які фіксуються не тільки у контурі гірничих робіт, а за їх межами; оцінено накопичені деформації земної поверхні в зонах об'єктів критичної інфраструктури.**
- **Найвищі значення деформації поверхні від -94,93 до -139,98 мм при швидкостях вертикального зміщення від -34,08 до - 67,54 мм/рік отримані для об'єктів/ділянок (об'єктів критичної інфраструктури), розташованих у межах першої зони, що характеризується найбільш інтенсивним розвитком карстово-суфозійних процесів, з якими пов'язані утворення провалів, обвалів, зсувів та осідань.**
- **На основі оцінки вертикальних зміщень земної поверхні, отриманих за допомогою інтерферометричної обробки даних супутникового радарного моніторингу за період 2016-2021 рр., отримані значення накопичених деформацій земної поверхні сягають - 385,12 мм, встановлено, що шахти № 7, 8 та 9 становлять загрозу техногенній безпеці смт Солотвино.**
- **З огляду на складну геоекологічну ситуацію створення та функціонування постійно діючої системи комплексного моніторингу смт Солотвина є першочерговим завданням.**

## **Рекомендації**

- **Використати в системі моніторингу оцінку вертикальних зміщень об'єктів і земної поверхні з використанням інтерферометричної обробки даних супутникового радіолокаційного моніторингу.**
- **Для завірки дистанційних даних використовувати польові спостереження та геодезичні роботи.**



### **3.3. Геофізичні та геологічні дослідження**

#### **3.3.1. Геофізичні дослідження**

Геофізичні дослідження були здійснені з метою розширення геологічного картування району Солотвинського солерудника та доповнення приповерхневих геофізичних даних регіону, за результатами декількох проведених вимірювань з південного боку річки.

Застосовувалися такі методи дослідження: мультиелектродна геоелектрична томографія (ERT), низькочастотне радіомагнітотелуричне зондування (VLF-RMT), електромагнетичне дослідження з вимірюванням у горизонтальному положенні (HLEM), гравіметричні та сейсмічні вимірювання. Серед застосованих геофізичних методів найбільш детальні та стійкі результати були отримані за допомогою електричних та електромагнітних вимірювань. На основі цих даних, які також слугували вхідними параметрами для створення геологічної та гідродинамічної 3D-моделей, було здійснено інтерпретацію геології та структури району соляної шахти.

Ці два методи широко використовуються для виявлення геологічних структур на основі дослідження їхніх електричних властивостей та вимірювання питомого електричного опору різних порід у досліджуваних надрах. Таким чином можна відокремити шари з різним питомим електричним опором (наприклад, глинисті з низьким питомим опором і піщані з високим питомим опором). Після обробки вихідних даних можна сформувати секційний розподіл питомого електричного опору, що характеризує підземний простір за реальним розподілом фізичних параметрів.

Завдяки контрасту питомого опору між різними типами гірських порід, метод ERT є практичним інструментом для картографування неоднорідностей надр, але під час інтерпретації даних необхідно враховувати перекривання характерних значень питомого опору різних матеріалів. Питомий електричний опір різних гірських порід змінюється у відносно широкому діапазоні залежно від кількох параметрів. До найважливіших із цих параметрів відносяться насиченість водою, щільність, фрагментація та мінеральний склад (Таблиця 3).

| Common Materials | Cited Resistivity Values ( $\Omega\text{m}$ ) |                          |             |                        |                       |
|------------------|---|--------------------------|-------------|------------------------|-----------------------|
|                  | Loke (2002)                                   | Gibson and George (2003) | SEGJ (2004) | Ewusi (2006)           | AGI (2008)            |
| Clay             | 1 – 100                                       | 1 – 100                  | 1 – 300     | 1 – 100                | 10 – 100              |
| Sand             | 10 – 800                                      | 50 – 1050                | 1 – 1100    | 30 – 1050              | $600 - 1 \times 10^4$ |
| Lateritic Soil   | ----  | ----                     | ----        | 120 – 750              | ----                  |
| Gravel           | $600 - 10^4$                                  | 100 – 1400               | 20 – 7000   | 100 – 1400             | $600 - 1 \times 10^4$ |
| Mudstone         | ----  | ----                     | ----        | 20 – 120               | ----                  |
| Siltstone        | ----  | ----                     | ----        | 20 – 150               | ----                  |
| Limestone        | 80 – 6000                                     | $50 - 10^6$              | ----        | ----                   | $100 - 1 \times 10^6$ |
| Shale            | 20 – 2000                                     | ----                     | 3 – 200     | $20 - 2 \times 10^3$   | ----                  |
| Sandstone        | 10 – 5000                                     | $1 - 7.4 \times 10^8$    | 10 – 700    | 200 – 5000             | $100 - 1 \times 10^3$ |
| Granite          | $5000 - 10^6$                                 | $100 - 10^6$             | 300 – 40000 | $3 \times 10^2 - 10^6$ | ----                  |

Таблиця 3. Діапазони питомого опору для деяких порід (Loke 2002; Gibson and George 2003; Society of Exploration Geophysicist of Japan (SEGJ) 2004; Advanced Geosciences Incorporated (AGI) 2008).

Під час проєкту було виміряно 34 ERT профілі загальною довжиною 24 787,5 м і 2 профілі VLF-RMT загальною довжиною 2 км (рис. 15.). За допомогою вимірювань вдалося визначити рельєф найдавнішого осадового комплексу, просторову протяжність і товщину річкових покладів, а на вимірних над шахтою ділянках можна було виявити «гідравлічні вікна» в палаху, а також шахтні камери, які не були заповнені водою. Глибина дослідження становила 100 метрів.

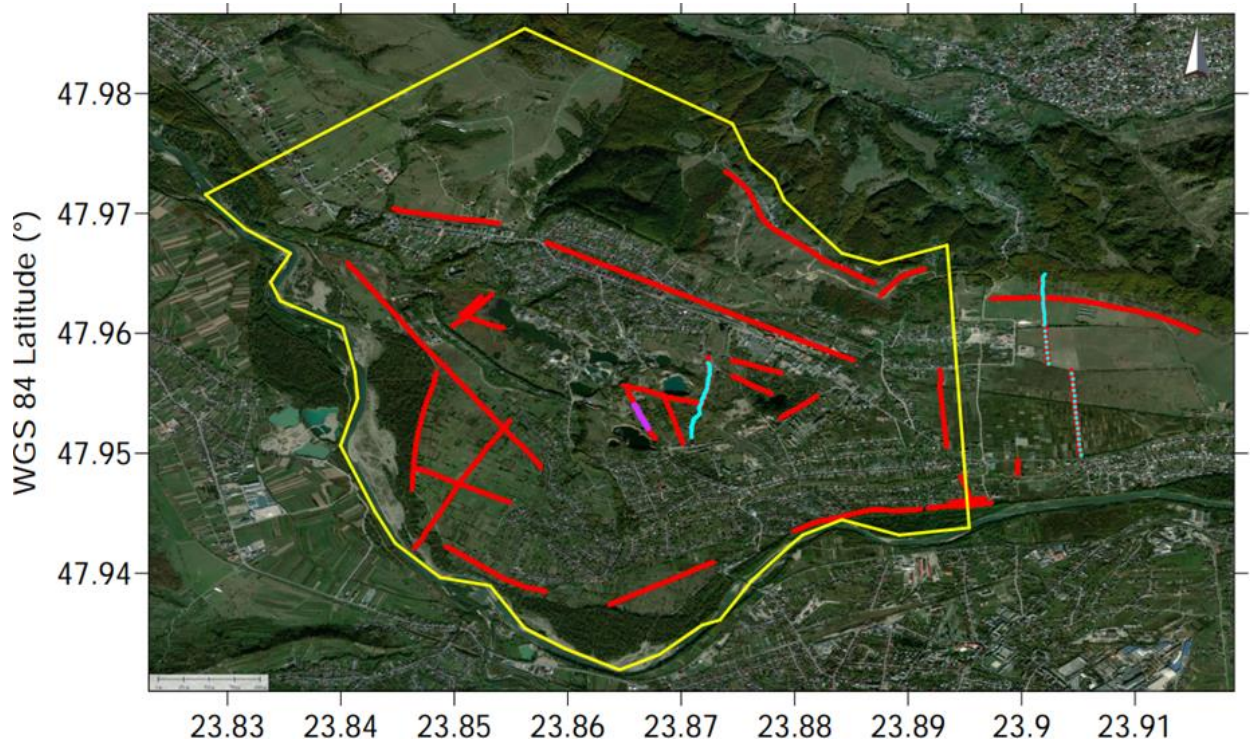
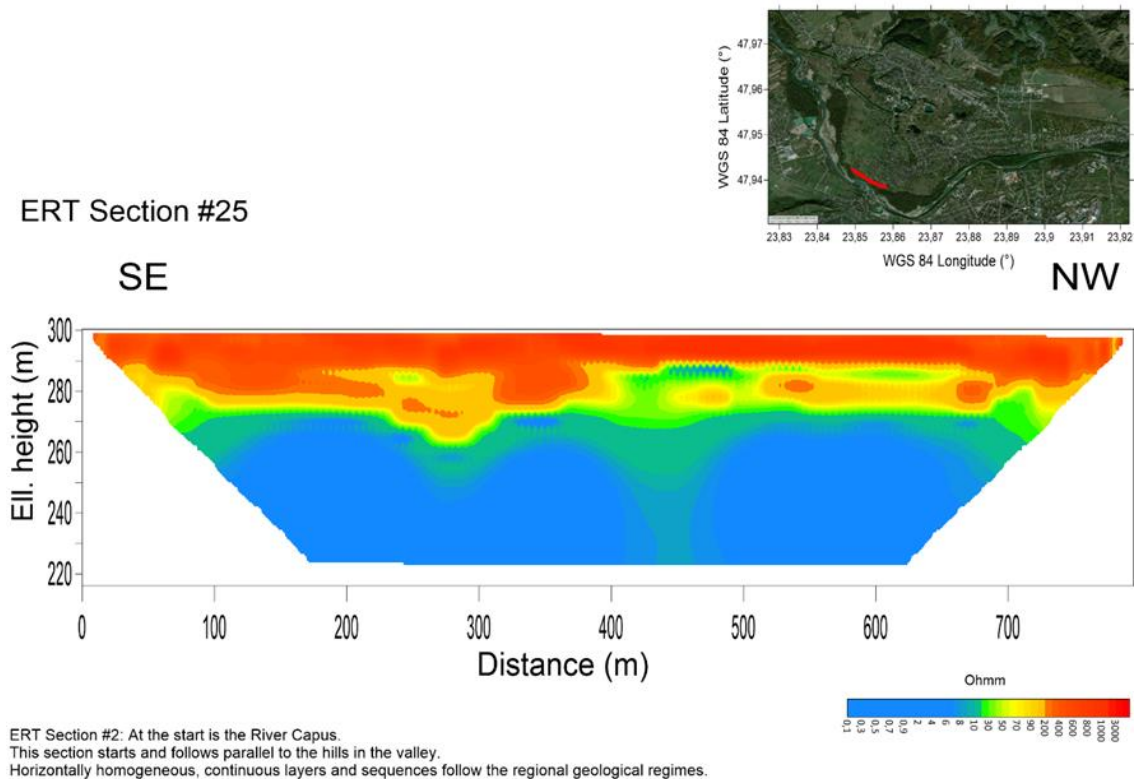


Рис. 15. Оглядова карта місцевості з межами огляду. Область інтересу обведена жовтим контуром. Червоні, сині та блакитні лінії демонструють вимірювання ERT, HLEM і VLF-RMT.



**Рис. 16 Розподіл питомого електричного опору у профілі EPT-25, розташованому в заплаві річки.**

Геологічна інтерпретація вимірних геофізичних профілів буде детально описана у розділі 3.3.2.

Уздовж геоелектричних профілів, вимірних у заплаві Тиси, виявлено три діапазони питомого опору (рис. 16): дуже високий (500-700 Ом) – вище 20 м, трохи нижчий (30-100 Ом) – до глибини 40 м і на глибині майже 100 м, відображаються дуже низькі значення питомого опору. Приблизно знаючи місцеві геологічні умови, це можна інтерпретувати як той факт, що у верхній третині розрізу є грубозернисті річкові відкладення, що характеризуються високим питомим опором (гравій, галька, що переходить у пісок), тоді як нижче знаходяться глинисті відкладення, що характеризуються низьким питомим опором, ймовірно, давніший осадовий комплекс.

На ділянках, вимірних навколо соляної шахти (рис. 17), визначено діапазон від дуже низького опору (1-10 Ом) під верхнім шаром товщиною 5-15 м, до високого опору (90-200 Ом) у шарі, який, окрім іншого, містить кутові плями, для яких характерні дуже високі показники (4000-5000 Ом). У цих випадках низькі значення питомого опору можуть вказувати на соляно-глинисті шари, а високі значення можуть вказувати на наявність пустот (шахтних галерей).



ERT Section #10

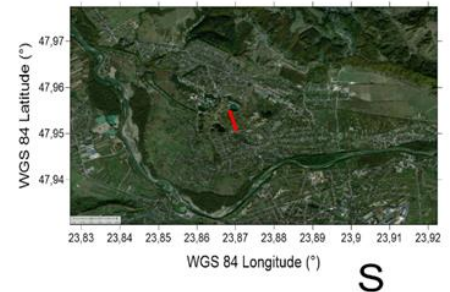
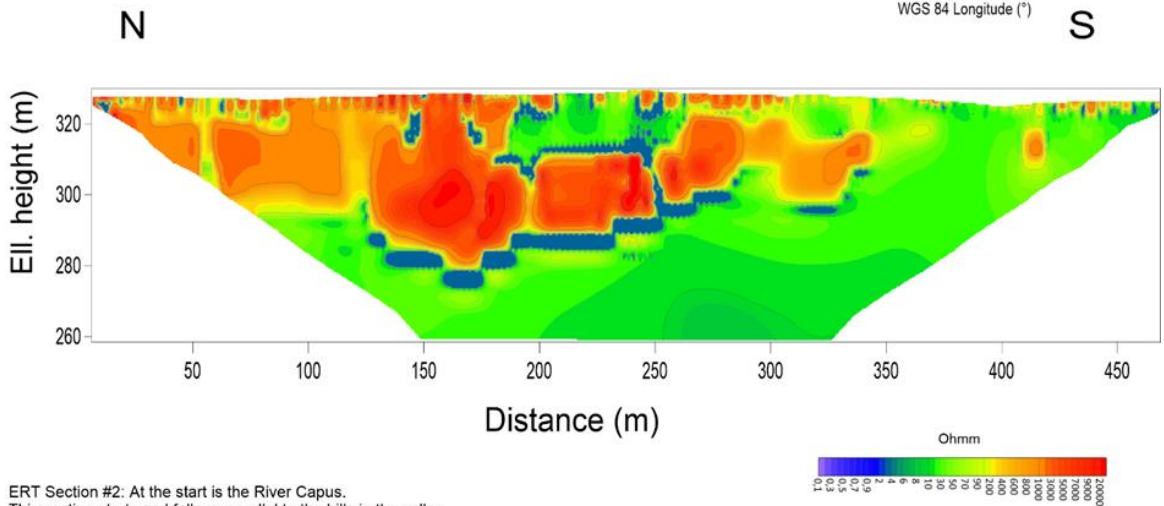


Рис. 17 Розподіл питомого електричного опору у профілі ERT-10, розташованому в районі соляної шахти

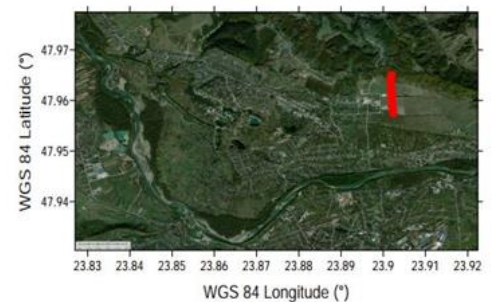
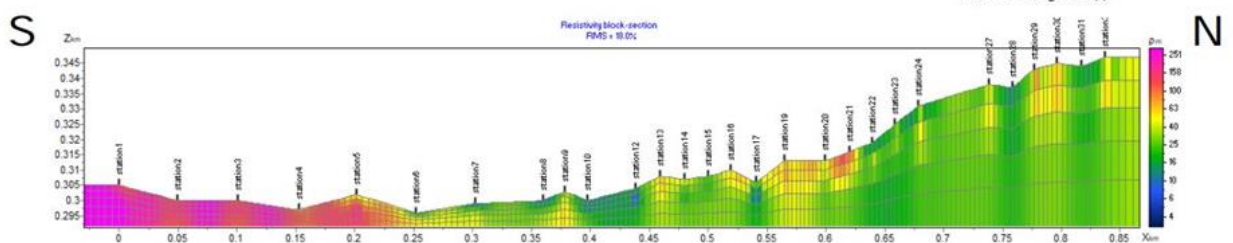
На ділянках, виміряних перпендикулярно до гори Магура (Рис. 18), визначено два основні діапазони опору: вищий (150-250 Ом) біля підніжжя гори та нижчий (25-100 Ом) на вищій місцевості. Грубозернисті поклади, що характеризуються більш високими значеннями опору (алювій Тиси, гравійні піски), виклинені з комплексу глинистих мергелів і туфів, які утворюють гору.



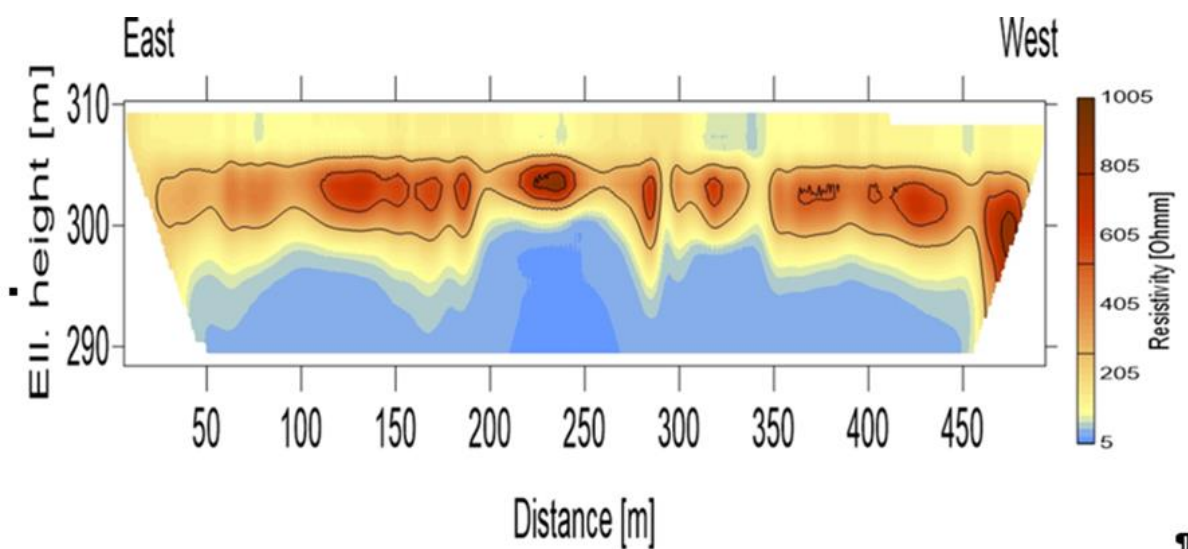
GEOGOLD KÁRPÁTIA  
Environmental Consulting Ltd  
Seat: H- 4183 Hungary, Kaba, 59 Mátyás király u.  
Office: H-1101 Budapest, 9/b Pongrác út.  
E-mail: info@geogold.eu  
Tel: 06-1-431-0688  
www.geogold.eu

VLF-RMT survey in Solotvyno - July 2020. Revital I.

RMT Section #3



**Рис. 18.** Розподіл питомого електричного опору у профілі PMT-3, розташованому в передгірній зоні гори Магура. Питомий опір, виміряний у румунській частині, паралельно річці (Рис. 19). Верхні 4 м є структурою штучної дамби, вона дуже відрізняється від нижнього шару з набагато вищими значеннями питомого опору (400-600 Ом). Ця одиниця трактується як гравійна тераса. На кілька метрів нижче цієї тераси є піщані відкладення, що переходять у глину. Нижні 5-10 м профілю мають низькі значення питомого опору (5-10 Ом), у співвідношенні з іншими ділянками русла інтерпретуються як глинисті відкладення, що характеризують профіль до глибини 100 м.



**Рис. 19.** Розподіл питомого електричного опору вздовж профілю ERT з Сігету Мармаціей

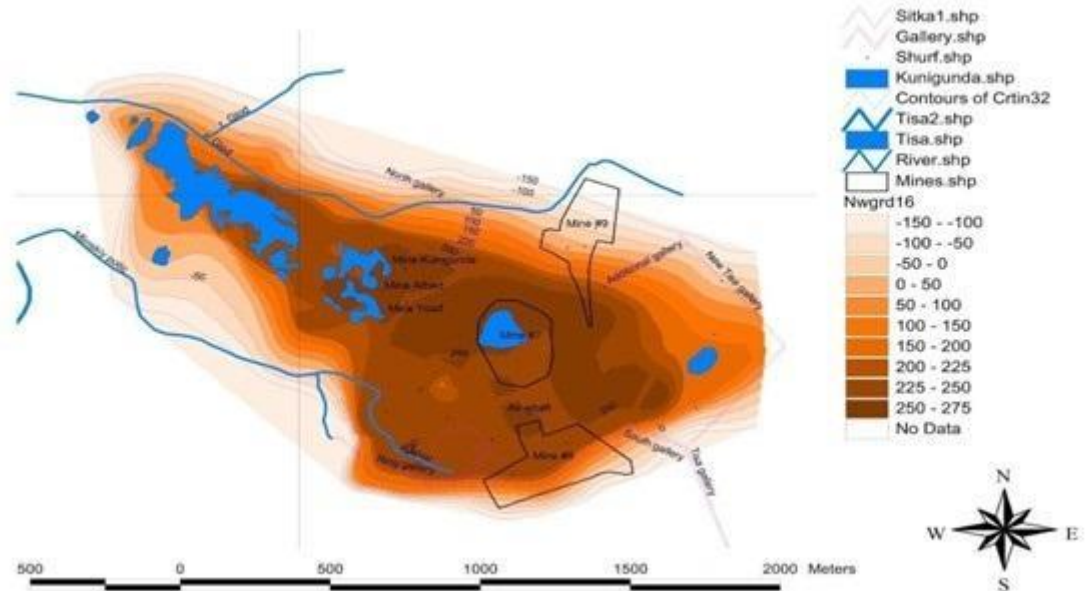
### 3.3.2 Геологічні дослідження

Закарпатська низовина, заповнена неогеновою моласою, лежить між дугою Карпат і Паннонською западиною. Вона відокремлена від складчастих Карпат і Паннонського басейну основними структурними лініями, що простягаються у північно-західному напрямку. Низовина розділена на менші структурні одиниці розломами, що простягаються у північно-західному напрямку. Межі низовини можна обмежити поясом П'єнінського Кліппена, перипаннонською структурною лінією (Merlics – Szpitovszkaja, 1965) і лінією розлому Гернад, до лінії Солотвинського розлому.

Центральна зона Закарпатської низовини (Чопсько-Мукачівська рівнина, Сігето-Марматинська (Солотвинська) западина) є найбільшою структурною одиницею западини. Вона складається з

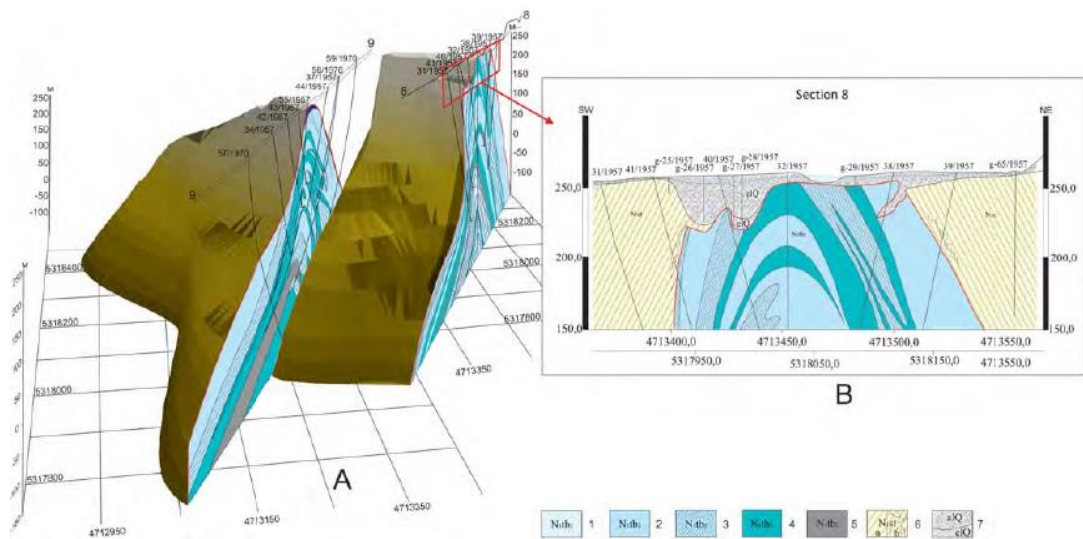
брахіантикліналей, розмиваючих соляні діапіри (Солотвино, Данилово-Теребля), криптодіапірів (Залужжя, Іршава, Тячів, Нанково, Терново) та магматичних інтрузій (Велика Добронь, Вербовець) (Sakin, 1976; Glusko – Kruglov, 198). 6; Lozinjak – Miszjura, 2010). Місцева міоценова осадова товща складається з пісковиків і аргілітів, перекритих вулканічними туфами, і лежить на українському докембрійському щиті вулканічних і метаморфічних порід. Кам'яна сіль переважно біла з сірими глинистими прошарками, що містять гіпсоангідрит (Гринів та ін., 2007). Сіль кристалізувалась у вигляді рідкої структури галіту внаслідок метаморфізму. Річкові тераси свідчать про неогенове (23-2,5 млн років тому) підняття, яке вкриває поверхню соляного купола. Інженерні властивості розміщених вище покладів (висока проникність) впливають на природний соляний карст.

Солотвинське родовище кам'яної солі розташоване в субдукованому блоці південної – південно-західної частини Дібровської та Солотвинської антикліналей у центральній зоні Закарпатської низовини. За характером будови надсоляна рівнина близька до брахіантиклінальної складчастості з соляним ядром. Поклади солі в антиклінальному ядрі становлять близько 2000 м. Солотвинський соляний купол (Босевська і Грущов, 2011) має вражаючі розміри, його площа становить приблизно 1 млн м<sup>2</sup>. Він видовжено-грушоподібної форми, розташований на північно-західній частині у напрямку на південний схід. Найбільша глибина соляного тіла становить близько 2 км, а його ширина коливається від 200 м до 800 м у крайній західній та крайній східній частинах (рис. 20, рис. 21). (Рис. 20, Рис. 21).



**Рис. 20** Карта протяжності соляного купола з озерами (прісними та солоними), струмками, дренажними мережами (подвійні лінії світло-фіолетового кольору) та шахтами відповідно до даних ABSL

Надано Інститутом геологічних наук НАН України (Зі статті «Літологічна модель надсолевого комплексу Солотвинської солянокупольної структури», С.Б. Шехунова та ін., 2021, Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України, т. 14. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2021.245822>)



**Рис. 21** Літологічний розріз внутрішньої будови Солотвинського соляного купола з різними шарами вмісту солі. Умовні позначення: 1) біла кам'яна сіль  $\text{NaCl} \geq 98,2\%$ , 2) біла і світло-сіра кам'яна сіль  $\text{NaCl} \geq 97,5\%$ , 3) світло-сіра і сіра кам'яна сіль  $\text{NaCl} \geq 97\%$ , 4) сіра кам'яна сіль  $\text{NaCl} < 97\%$ , 5) глини і аргіліти (частина А), 6) аргіліти, пісковики і туфи, 7) четвертинні відклади і нижчі соляно-глинисті шари (палах)

Надано Інститутом геологічних наук НАН України (Зі статті «Інтегрована геологічна модель Солотвинської структури як інструмент оцінки геоecологічної стійкості Солотвинського родовища кам'яної солі», С.Б. Шехунова та ін., 2015, Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України, т. 8, 233-250).  
<https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2015.146791>

Спочатку соляний купол був покритий карстовим тілом та захищений від будь-якого забруднення. Наявність домішок призводить до характерних карстових процесів (як утворення порожнин, так і котловин) у солі. Змішаний з глиною залишок солі, якщо він не пошкоджений, утворює природний захисний шар, який у деяких місцях називається «палаг» або «паллах», а різні форми кристалізації впливають на геомеханічні властивості солі.

Протягом століть, внаслідок проведення розкопок соляних порід, зроблених спочатку на поверхні, а пізніше, у зв'язку з розвитком гірничої техніки та свердловинної техніки буріння – на більшій глибині, захисні шари (палах) були частково зруйновані та зникли. Через це поверхня соляного купола стала відкритою, що спричинило її безпосередній контакт з вологою, що є у повітрі, та опадами, а також ближчий контакт із протічною водою та поверхневими підземними водами, у результаті чого розпочалася карстифікація солі. Внаслідок розчинення солі, почали з'являються воронки, котловини, кратери і, нарешті, руйнування шахт.



Після завершення обробки геологічних даних та оцінки геофізичних вимірювань й іншої інформації стало зрозуміло, що алювіальні тераси річки Тиса, нашаровуючись одна на одну, досягали схилів гори Магура. Крім того, вони також покрили відносно вищий соляний купол, але не так щільно, як інші місця.

У західній і південно-західній частинах району розташована велика алювіальна заплава (рис. 22) з усіма значущими складовими: глина, пісок, крупнозернистий гравій. Товщина гравійної тераси поступово змінюється залежно від відстані від річки (рис. 23). Це можна помітити також у східній та південно-східній частинах району.

На Магурі шари глини та піску дуже неоднорідні з домішками гравію, але в основному переважають глинисті утворення. У підніжжі Магури можна визначити перший аквітардовий шар, який має вплив на поверхневі води цього району. У районі шахти присутній паллах (мілководне морське середовище, солена глина) з наявністю солі (Рис. 24).

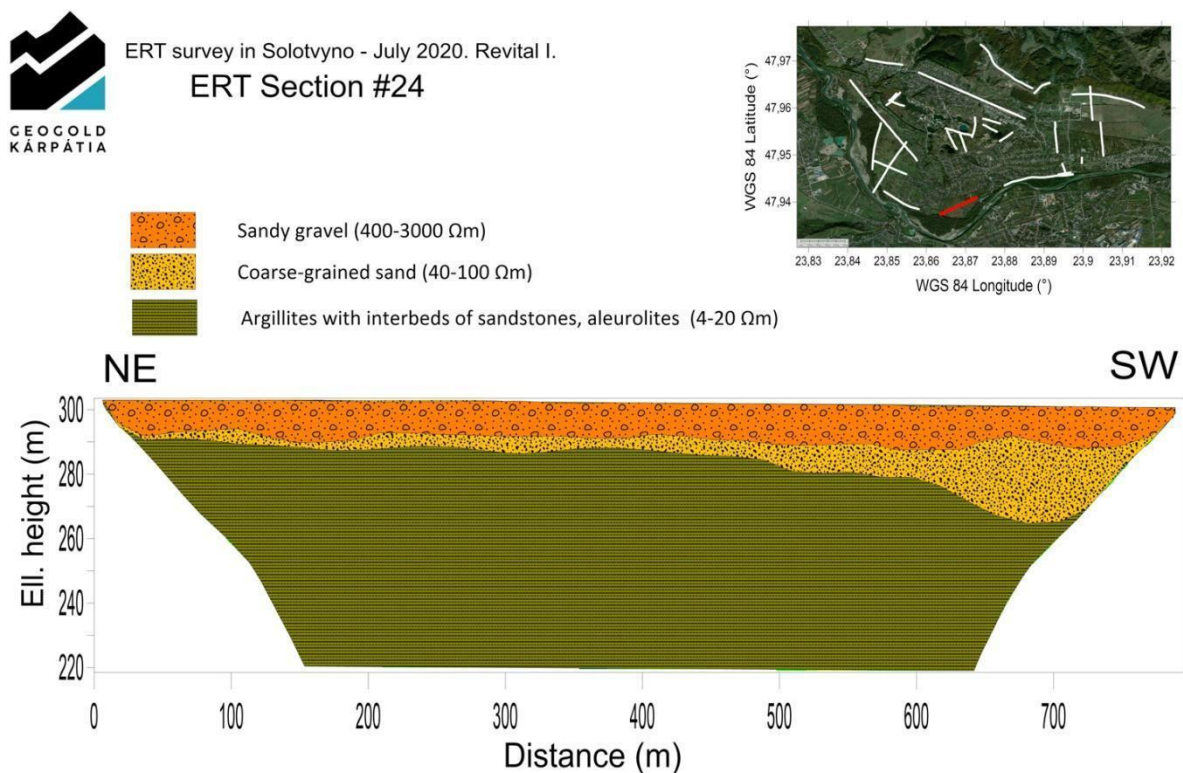


Рис. 22 Алювіальна заплава у геологічному розрізі



RMT survey in Solotvyno - July 2020. REVITAL I.

RMT section #3

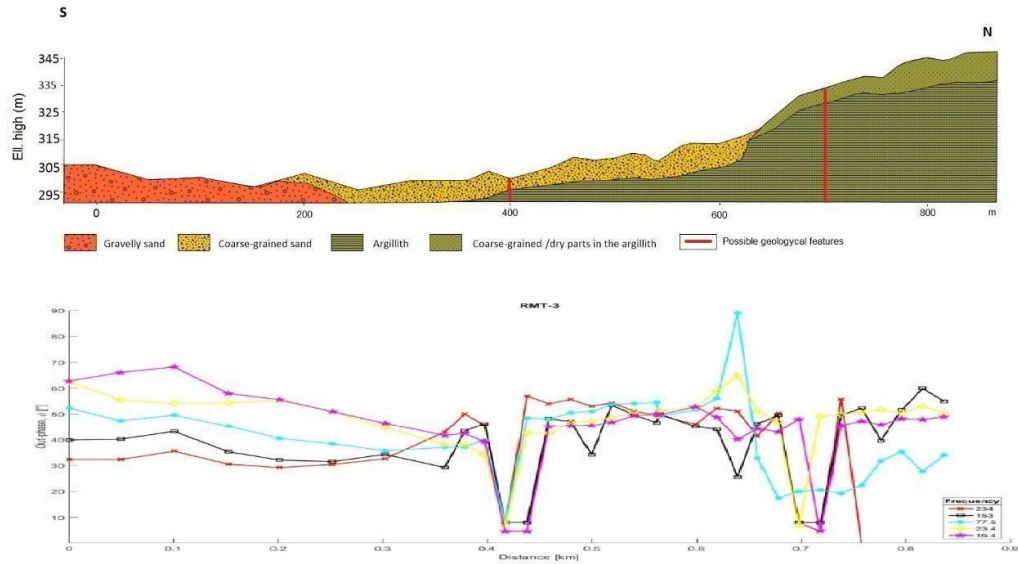


Рис. 23 Аллювіальні відкладення стають тоншими біля гори Магура (геологічний розріз)



ERT survey in Solotvyno - July 2020. Revital I.

### ERT Section #11

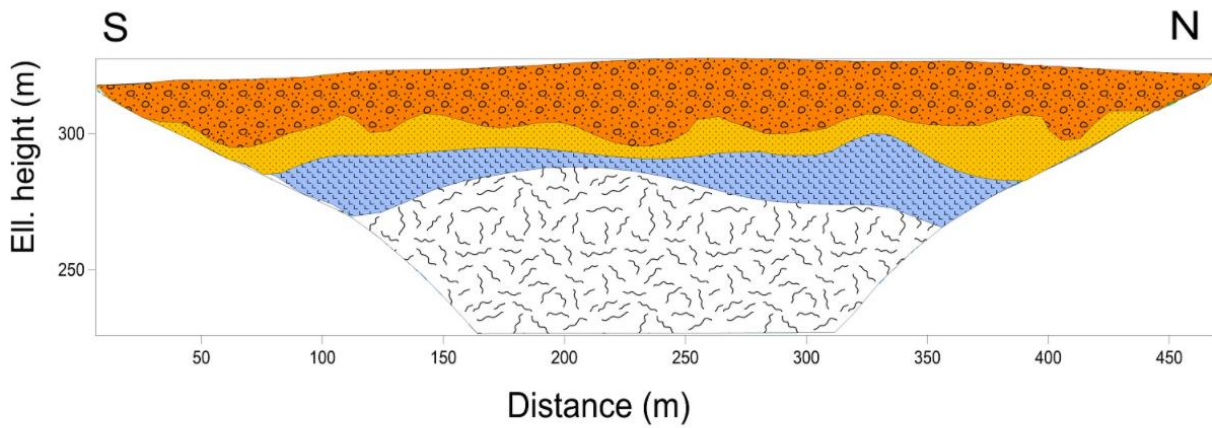
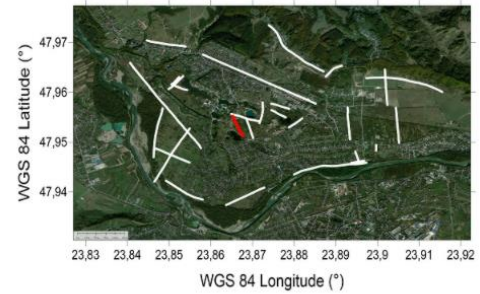
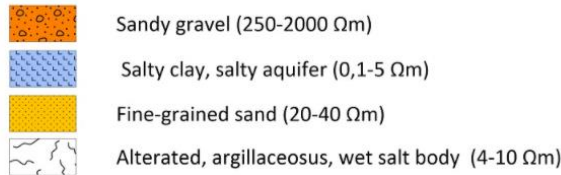


Рис. 24 Поперечний розріз над зоною видобутку, представлено паллах і соляний комплекс

На основі архівних геологічних, геофізичних показників свердловин, модель алювіальної поверхні була змодельована в 3D (див. Рис. 25). Соляний купол всередині також був змодельований у 3D (див. Рис. 26). Тривимірну модель поверхні, створену для проєкту, можна запускати в будь-якому сучасному веббраузері. Таким чином, нею легше обмінюватися та використовувати, оскільки її відтворення не потребує жодного спеціального програмного забезпечення на комп'ютері, і більшість поточних операційних систем (Windows, OSX, Linux) та пристроїв (ПК, планшети, телефони) можуть відобразити її. У цьому випадку надається онлайн-доступ, але модель також можна запускати без підключення до Інтернету.

Для оптимального використання потрібен персональний комп'ютер зі встановленим оновленим браузером (наприклад, Microsoft Edge, Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera) і підключення до Інтернету. Модель зберігається та поширюється на сервері GeoGold Ltd. WebGIS (<https://www.geogoldmap.tk/>). Щоб отримати до неї доступ, користувач повинен мати облікові дані для входу (ім'я користувача: geogoldvendeg; пароль: vendeg1234).

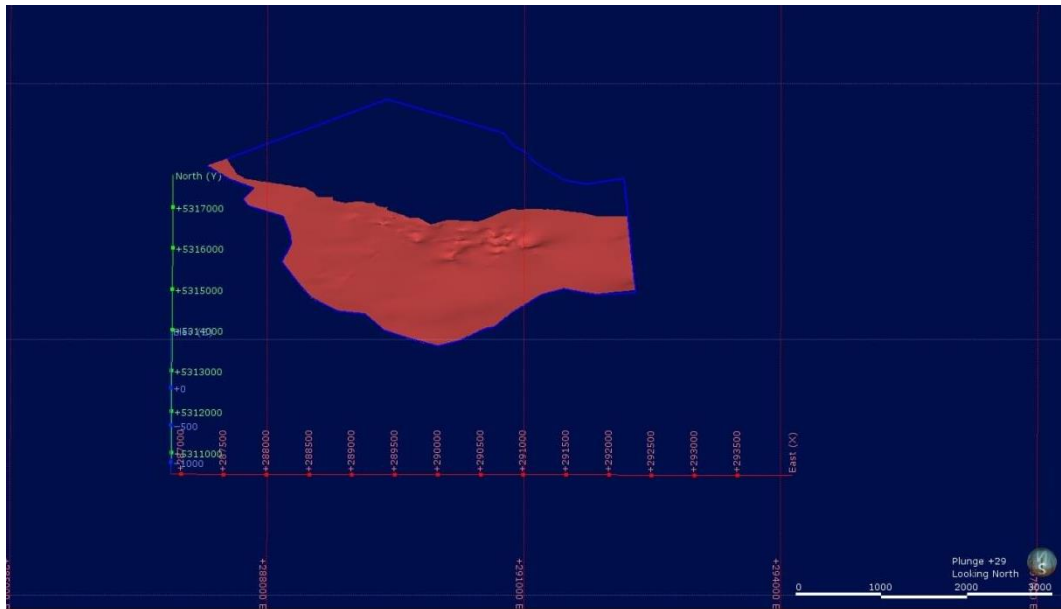
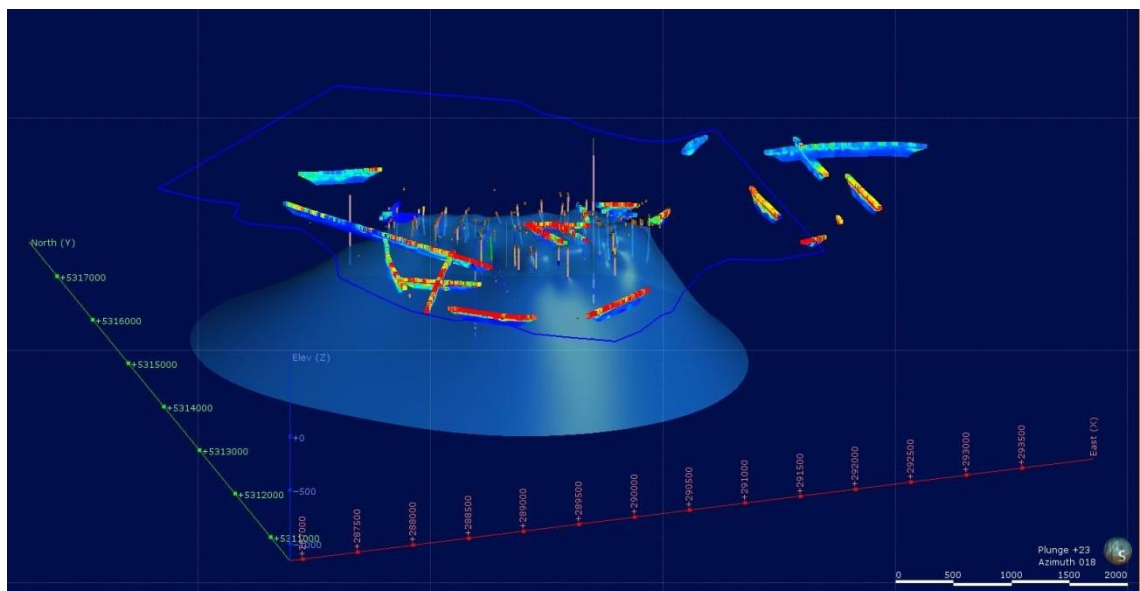


Рис. 25

3D-модель алювіальної поверхні Солотвина та його околиць (південна межа моделі – річка Тиса). На території колишньої шахти добре видно котловини та кратери (*Geogold Ltd*)



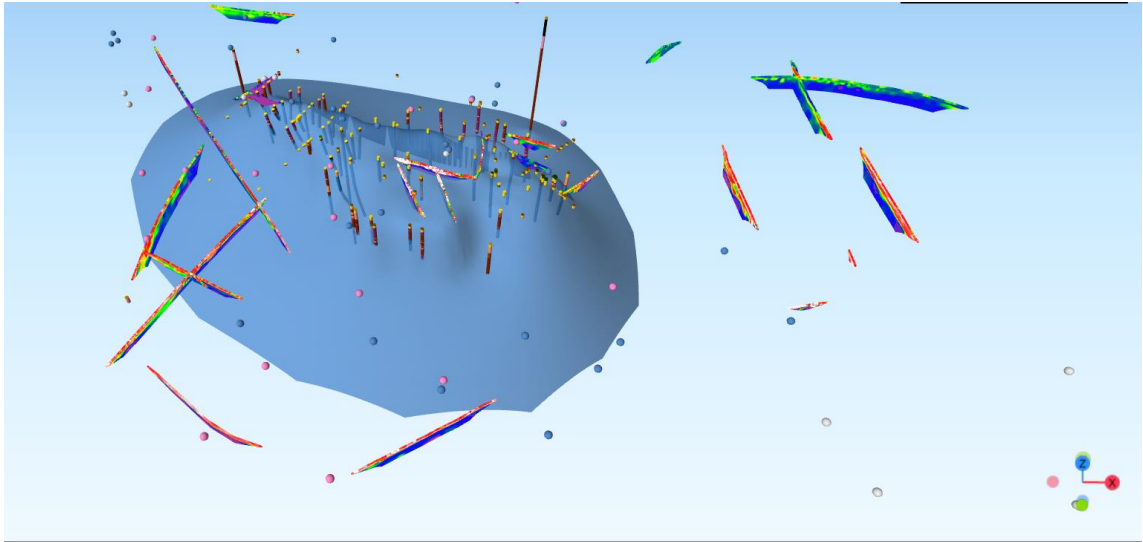


Рис. 26

3D-модель соляного купола за лініями геофізичних вимірювань, а також свердловини (*GeoGold Ltd*)

### 3.3.3. Вплив видобутку солі на геологію території

Проблеми гірничодобувної діяльності у Солотвині в основному почалися у 60-х – 70-х роках. Кількість і швидкість шкідливих процесів також зросла внаслідок збільшення обсягу видобутку солі – з 0,5 млн тон на рік до 1 млн тон на рік – та через використання вибухових речовин у глибоких шахтах. Застосування вибухівки також збільшило кількість екологічних катастроф, причини яких можна розділити на три основні групи.

1. Порухнення природного водонепроникного шару біля поверхні (шар солоної глини товщиною в кілька метрів нижче четвертинного гравійно-піщаного шару алювіальних відкладів, який місцеві жителі називають «палах») через гірничодобувну діяльність і дослідницькі буріння.

2. Повна відсутність технічного обслуговування системи дренажної мережі (осушувальної системи на середній глибині 30 м, що оточує територію культивованої шахти, та спрямована на відведення підземних вод четвертинного гравійно-піщаного шару біля поверхні, розташованого над шаром «палах», який забезпечує природний захист соляного купола), що була створена близько ста років тому. Управління системою дренажної мережі, осушення та проведення профілактичних робіт припинилося у 70-х роках, що спричинило неправильне вирішення існуючих проблем.

### **3. Виконання вибухових робіт з порушенням процедур для збільшення видобутку солі.**

#### **Наслідки:**

- а) потрапляння води у шахти, процеси розчинення у соляному куполі;**
- б) утворення тріщин і озер у шахтах, які виходять на поверхню;**
- в) виявлене щорічне опускання рівня ґрунту на 1-2,5 см/рік.**

### **3.4 Гідрогеологічні вимірювання**

На розчинення Солотвинського соляного купола впливають, насамперед, забір води та стічні води, а також збільшення запасів прісної води, кількість та інтенсивність опадів (особливо накопичені опади у зимовий період), стік природних вод, що надходять від напрямку хребта Магури, та антропогенний вплив.

Соляний купол з видного місця геоморфологічно ділить регіон на дві частини: від соляного куполу до гір Магура на півночі та від соляного купола до Тиси на півдні. Ухил від гори Магура до району шахти становить 5-7,5%, тому дощова вода, що стікає звідти, шкодить району шахти. Рішенням проблеми з відведення води понад 100 років тому стало створення системи дренажної мережі на середній глибині 30 м. Система водовідведення, яка була побудована завдовжки кілька кілометрів навколо території видобування, не працювала десятиліттями.

Від району видобутку до Тиси рельєф місцевості знижується у середньому лише на 1%. Витік солоної води з шахт, таким чином, є значно тривалішим (2-4 роки), незважаючи на дуже хорошу водопровідну здатність четвертинного алювію (заплави Тиси) ( $k^{\bar{}}=100-200$  м/день) та враховуючи безпосередній вплив на Тису ударних хвиль після обвалення шахт, як це було описано в розділі 3.6 (Гідрогеологічні вимірювання).

Солі потрапляють у Тису через витоки зруйнованих шахт у менших кількостях, але постійно, у той час як соляне навантаження на Тису збільшується внаслідок викиду у річку використаної солоної води з солоних озер, що експлуатуються з метою туризму, через потік Глод та інші штучно створені дренажні канали.

Особливе місце в регіоні займає Чорний Мочар, розташований поблизу шахт 8 і 9. Це «так зване» «кратерне озеро» з великою площею, заповнене водою, яка, виходячи з показників вимірювань температури, частково є прісною, а частково солоною і мінералізованою. Вода, внаслідок певного контакту із соляною породою, до глибини озера стає більш солоною (див. Рис. 27).

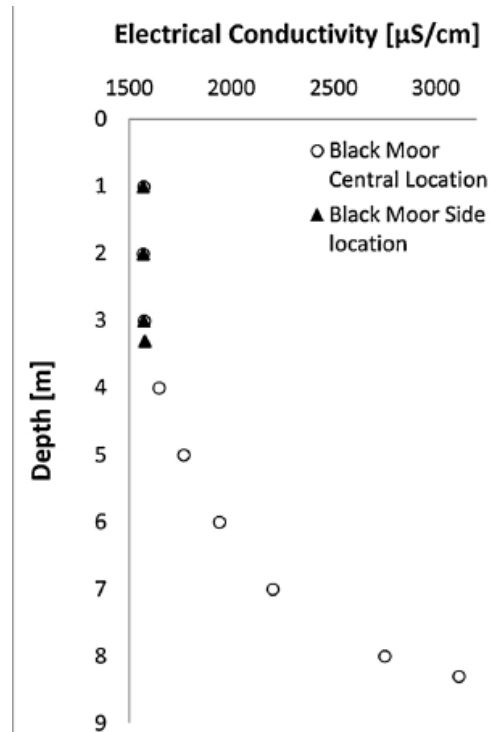


Рис. 27

Електрична провідність, виміряна біля водної поверхні Чорного Мура та на дні кратерного озера в 2016 році (робот UX-1 також зробив вимірювання на глибині між 150-470 метрами у шахті 10 у 2021 році) (із статті «Гідрогеологічна ситуація після обвалу соляної шахти в Солотвині, Україна» L.Stöckl et al, 2020, *Journal of Hydrology*, т. 30, 100701. с. 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100701>)

Чорний Мочар може мати гідравлічний зв'язок зі зруйнованими шахтами, який неможливо безпосередньо виявити та підтвердити вимірюваннями, однак, є багато непрямих доказів цього. Наприклад, деякі дослідницькі буріння, що проводилися раніше в кратері або поблизу нього, та досягли соляного купола, таким чином, могли спричинити гідравлічне «коротке замикання» між відкритою зоною видобутку та озером. Крім того, у точці видобутку, найближчій до Чорного Мочара, в стовбур шахти 9 також було зафіксовано проникнення води (у будь-якому випадку, шахту 9 довелося закрити в 2008 році разом з алергологічною лікарнею, яка працювала на глибині близько 300-350 м). За свідченнями мешканців (усна історія), озеро двічі сильно обміліло (наприкінці 2005 року та навесні 2006 року), а потім знову наповнювалося. Під час обміління вода у кратерному озері опускалася більш ніж на 10 м, і тому поверхня озера також збільшилася. Таке осушення засвідчує, що у той час Чорний Мочар зневоднювався внаслідок видобутку солі в шахтах 8 і 9 (наприклад, викачування води насосом з двох ще діючих тоді шахт спричиняло прискорення припливу води);

води озера могли вступити в контакт із шахтою 9 (закритою у 2008 році через проникнення води) та шахтою 8, які ще працювали у той період. Остання (шахта 8) зруйнувалася у 2007-2008 роках через процеси розчинення солі, а потім її довелося покинути в 2010 році.



**Рис. 28** Мапа досліджуваної території соляних куполів з озерами (прісними та солоними), струмками, дренажною системою (GeoGold Ltd.)

Тому кратер, утворений внаслідок обвалу шахти 8, є більш видовищним, оскільки шахта, яка була відкрита в 1886 році, відповідно до тогочасних виробничих звичок, була спроектована як зал (більший чи менший, але зал), і його вершина була лише приблизно 50-70 м від поверхні. У випадку гідравлічного з'єднання, для води, що потрапляє у такі великі зали, є багато місця, що могло б пояснити раптове та швидке осушення Чорного Мочара.

На основі архівних карт шахт, зібраних в Управлінні шахтами смт Солотвино, найвіддаленіші коридори шахти 9 проходили під Чорним Мочаром, а у випадку з шахтою 8 – найвіддаленіші виробки наближалися до кратерного озера на 100 м (див. Рис. 28).



Прорив води у шахту 9 без утворення кратерного озера міг відбутися лише тому, що тут використовувалася більш сучасна малокамерна техніка виїмки типу «Величка» (соляні шахти у Величці поблизу Кракова, Польща) і виїмки проводилися на глибині 300-450 м. Згідно з дослідженням, проведеним Університетом Мішкольца за допомогою робота, гілки камери на цій глибині повністю зруйновані та заповнені водою, без видимих наслідків для поверхні.

### **3.4.1. Залягання підземних вод і дослідження річки Тиса**

#### **3.4.1.1 Обстеження стоків приповерхневих вод на місцевості**

Для розуміння гідрогеологічних умов на досліджуваній території була створена група свердловин, що складається з 15 п'єзометричних свердловин (свердловини з позначкою MON), в яких протягом року проводилися регулярні/безперервні вимірювання рівня води та її хімічного складу. Вимірювання також проводилися у колодязях аналогічної глибини (6-15 м), що розташовані на території приватних житлових садиб (усього 8). За результатами проведення вимірювань було виявлено відмінності, що залежать від сезону. Рис. 29 показує напрям течії – з півночі на південь, тобто, підземні води течуть зі схилу гори Магури до річки Тиса, але локально на території колишньої шахти напрямок змінюється і повертає зі сходу на захід. Таке відбувається з більшою частиною протічної води, але менша її частина, уникаючи зони шахти, тече в Тису, зберігаючи напрямок течії з півночі на південь.

Води, що зберігають напрямок течії зі сходу на захід, протікають через зруйновані шахти, де, в результаті потрапляння під зруйновану поверхню, картина течії локально спотворюється, продовжуючи текти в західному напрямку до Тиси.

Плавна картина має три результати:

- 1) п'єзометричні свердловини MON позначені коректно, що служить основою для майбутньої мережі моніторингу приповерхневих вод;**
- 2) доведено, що основний регіональний напрям течії приповерхневих вод починається з півночі, а потім змінює напрямок руху зі сходу на захід;**
- 3) у літній період вся стічна вода прямує до Тиси.**

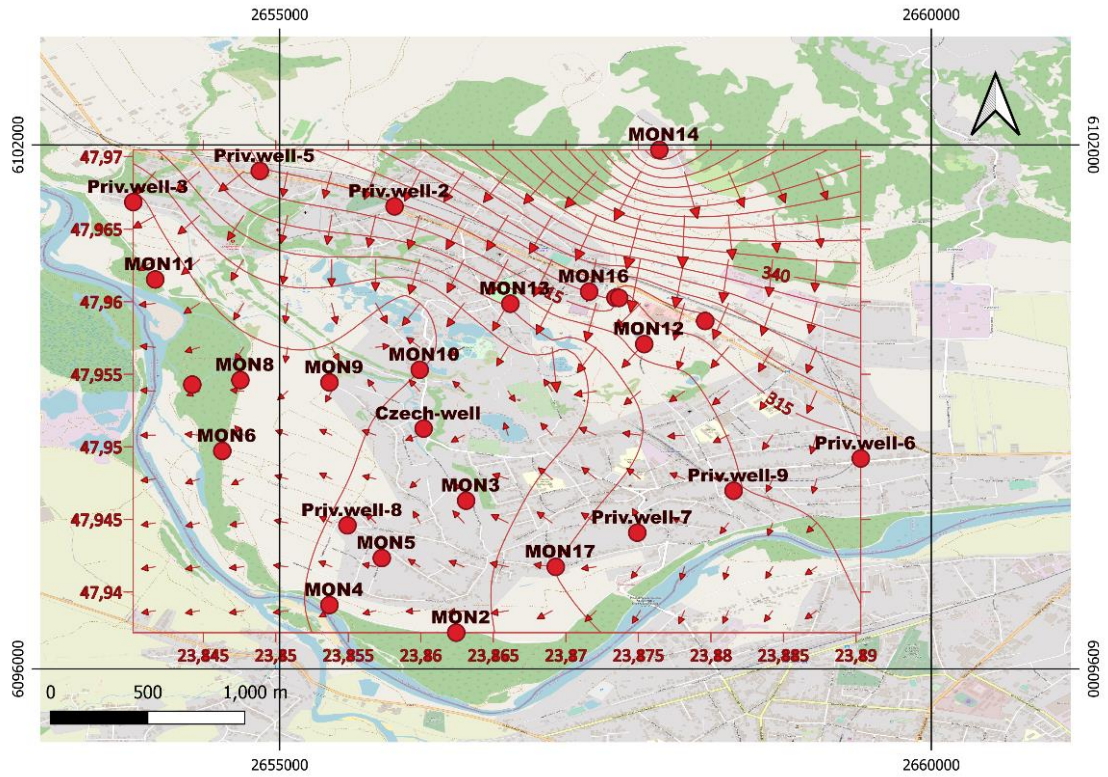
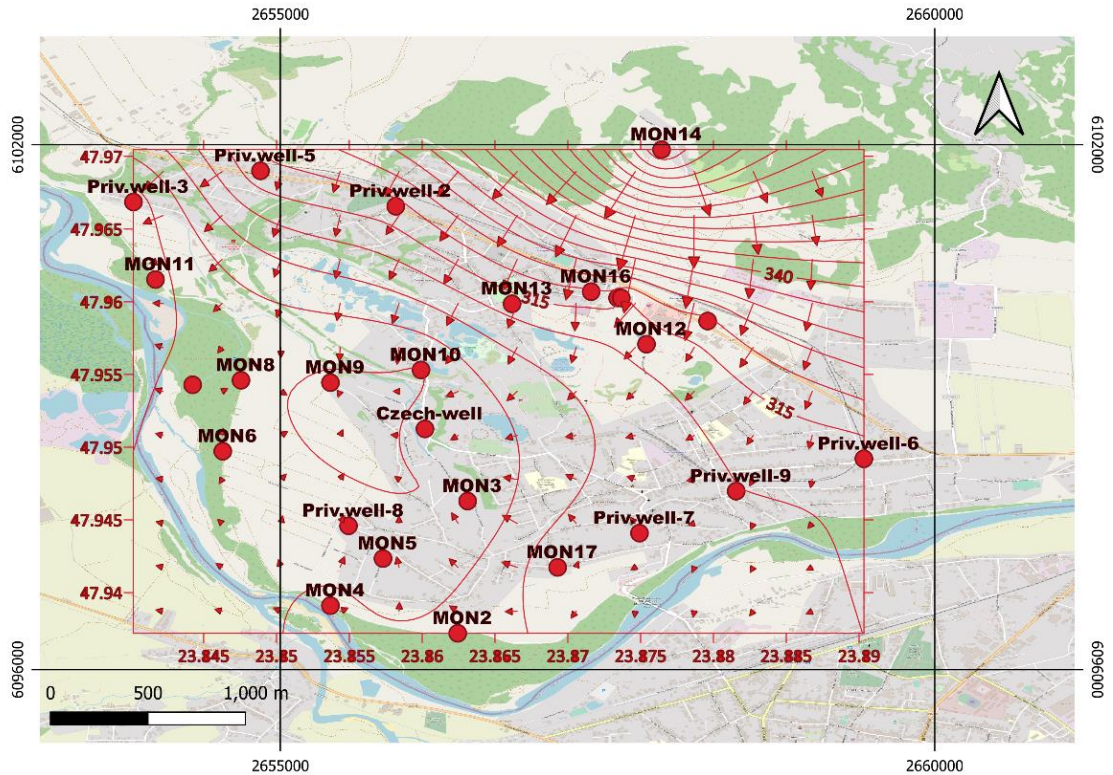


Рис. 29 Мапа розвитку напрямків стоку підземних вод у період малої кількості опадів, липень 2020 року  
(Geogold Ltd)



**Рис. 30** Мапа стоку підземних вод у лютому 2022 року (*Geogold Ltd*)

Схема течії дещо змінюється взимку, коли вона більш повноводна. Основні напрямки течії залишаються, але з південного, південно-західного напрямку Тиси видно, що течія повертає назад у бік району шахти. Іншими словами, під час паводкового сезону колишній гірничий район атакує суміш з приповерхневих вод, що потрапляють у Тису, та вод самої річки (гіпорейна зона) (див. Рис. 30).

Досліджено також вплив високоамплітудної хвилі, що спускається на Тису.

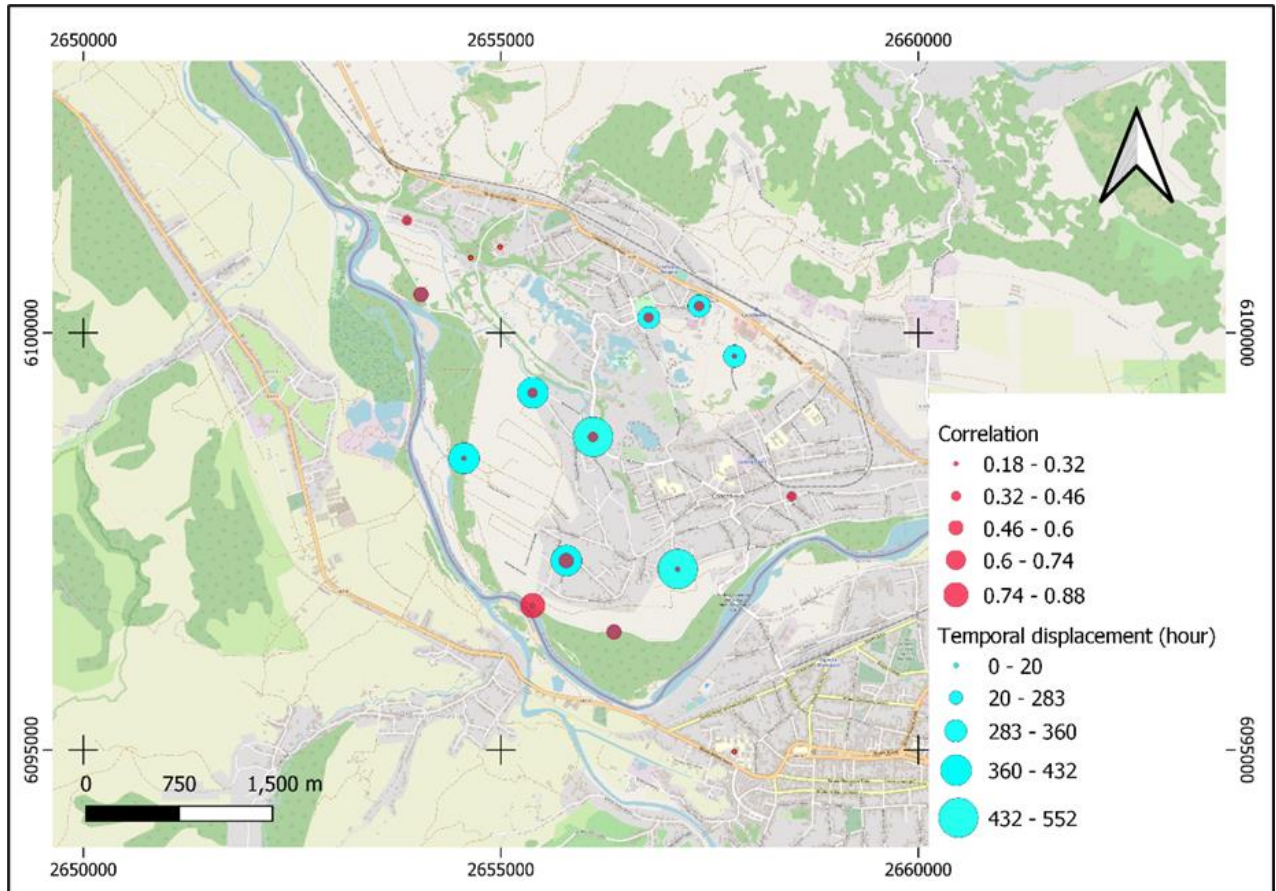


Рис. 31 Зв'язок між паводком у річці Тиса та виміряним рівнем води в колодязях

У період між червнем 2021 року та травнем 2022 року, застосування Р-хвиль показало, що підземні води, які зберігаються в осадових відкладах уздовж Тиси, пов'язані з нею, навіть якщо рівень води в зазначеній точці спостереження вищий, ніж у найближчій точці на річці Тиса. Це може бути через те, що у верхній Тисі вода, яка проникла в берегові відкладення, тече вздовж річки в північно-західному напрямку, а поширення Р-хвилі також спостерігається на більших висотах (у тому числі в колодязях глибиною 20-30 м біля підніжжя Магури). Конкретне значення залежить від відстані від річки та геологічної будови.

Тиса вже не впливає на рівень води в свердловині Мон-14 на горі Магура. У цій точці спостереження рівень води в свердловині (356,55 mbf) значно вищий за рівень води Тиси (різниця – 95 метрів).

Досліджено також вплив паводкової хвилі великої амплітуди на річку Тиса. З показників рівнів води, відібраних щогодини під час паводку з 12.12.2021 по 02.02.2022, можна зробити висновок, що

Тиса впливає на широкий діапазон прибережних ділянок, де Р-хвилі досягають точок спостереження за короткий час, залежно від геологічної будови.

Зв'язок між свердловинами навіть тісніший, ніж між пунктами моніторингу річкових і підземних вод. Це означає, що деякі точки у водоносному горизонті підземних вод дренуються одночасно одразу після повені.

### **3.4.2. Хімічні вимірювання (Чорний Мочар, кратери, котловани, алювій, що сполучається з річкою Тиса)**

**Деякі основні показники хімічних параметрів води:**

**Типові значення ЕС (електропровідності) для природних вод:**

**дощова вода: 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$**

**річкова вода: 200-300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (наприклад, незасолонені ділянки річки Тиса)**

**питна вода: 500-600  $\mu\text{S}/\text{cm}$**

**злегка солоня вода (мінералізована прісна вода): 1000 – 1800  $\mu\text{S}/\text{cm}$**

**морська вода: 52 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (солоність 35 г/л, переважно NaCl)**

**насичена солоня вода: 100 – 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (солоність вище 50 г/л, насиченість можна збільшити, підвищивши температуру)**

**повністю насичена солоня вода: 230 – 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (максимально 358 г солі розчиняється в 1 л прісної води)**

Під повністю насиченим сіллю розчином розуміється розчин солі 26,4%, тому вміст солі в 1 л повністю насиченої солоної води (щільність 1358 г/л) становить 264 г солі.

Дослідження процесів зміни хімічного складу води, що відбуваються в регіоні, проводилися у різні проміжки часу, щоб виявити зміну або незмінність процесів.

1. Вимірювання, проведені у вересні 2016 року під час Консультативної місії ЄС (опубліковано L. Stöckl та ін. 2020 р., Journal of Hydrology, Elsevier).

2. Вимірювання показників, здійснені компанією Geogold Ltd. у 2020-2021 роках.

3. Вимірювання на глибині, виконані роботом UX-1 Університету Мішкольца (у шахті 10).



### 3.4.2.1 Дослідження води у Чорному Мочарі

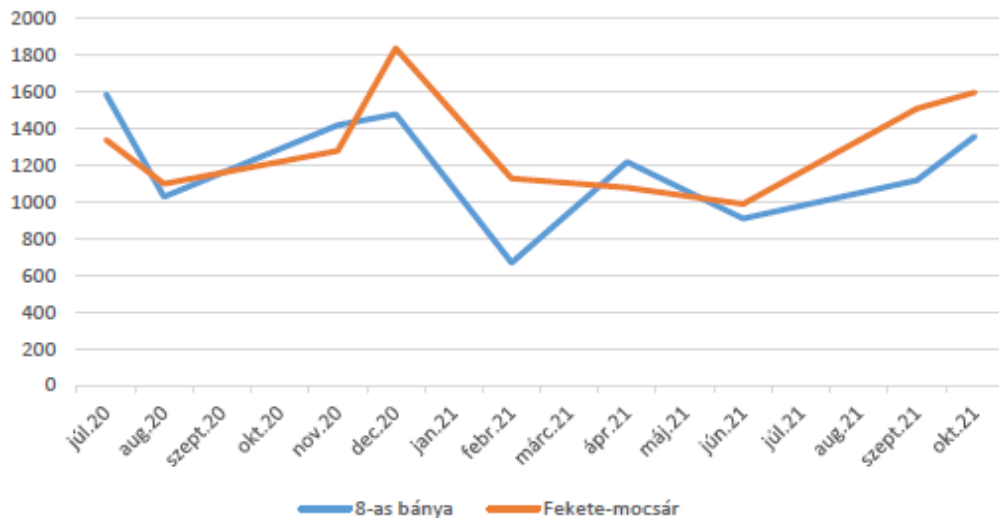
Чорний Мочар, як було зазначено вище, відігравав і відіграє ключову роль у розвитку регіональних процесів.

Значення електропровідності, виміряні (див. Рис. 12, 13) під поверхнею води (на глибині -1 – -3 м) Чорного Мочара (тоді як кожна шахта знаходиться у вищому топографічному та гідравлічному градієнті, на середній висоті 309 м ABSL):

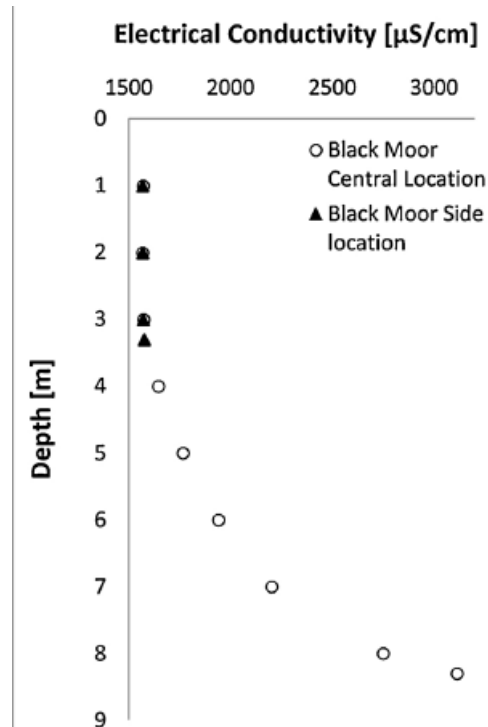
EC= 1550 $\mu$ S/см (2016.09.) Stöckl et al. (2020)

EC= 1425 $\mu$ S/ см, Cl= 234мг/л (06. 2020) Geogold Ltd.

EC= 1530 $\mu$ S/ см, Cl= 352мг/л (11. 2021) Geogold Ltd.



**Рис. 32** EC ( $\mu$ S/см) показники, виміряні біля поверхні води в 2020-2021 роках (Geogold Ltd)  
Умовні позначення: Кратерне озеро шахти 8 (синій), Чорний Мочар (помаранчевий)



**Рис. 33** Електропровідність, виміряна біля поверхні води Чорного Мочара та до його дна у 2016 році (L.Stöckl та інші, 2020, Journal of Hydrology). Робот UX-1 також виміряв ці показники на глибині між 150-470 м у шахті 10 у 2021 році

Таким чином, показники електропровідності, виміряні біля поверхні Чорного Мочара, узгоджуються з вимірюваннями Stöckl's (2016 рік).

**Значення електропровідності, виміряні біля поверхні озера Чорний Мочар, здається, практично не змінилися за останні 5 років. Це, очевидно, свідчить про досягнення стану рівноваги.**

Водночас значення електропровідності, виміряне у найглибшій точці Чорного Мочара (на глибині -8 м), становить:  $EC = 3110 \mu S/cm$ . (09.2016) *Stöckl ma in.*

Цей показник є таким самим, як середні (3200 мікроS/cm) значення, виміряні роботом UX-1 на глибині між 150 м і 470 м у шахтному стовбурі 10. Виходячи з цього, **ми можемо припустити наявність гідравлічного зв'язку між озером Чорний Мочар і стовбуром 10 шахти 9.** Щоб підтвердити це, також було зроблено водний малюнок, однак барвник, введений на поверхню озера (тут не було й мови про сіль як індикатор, лише флуоресцентні лампи), ще не проявився в шахті 10, мабуть, через нерухому (можливо нерухому) і більш щільну солону воду в шахті на великій глибині 150-470 м і вище.

### 3.4.2.2. Дослідження води у кратерних озерах

Кратерні озера утворилися внаслідок руйнування колишніх шахт. Вони швидко заповнювалися водою, в основному за рахунок води, що поступала в шахту (яка, через контакт із сіллю, ставала більш концентрованою), і в меншій мірі за рахунок дощу, який стікав у неї, а також міських стічних вод.

Щодо зміни та обстеження якості води кратерних озер (що утворилися на території шахт 7 та 8), варто зазначити наступне.

На відміну від прісної води, солоня вода (розсіл) в основному стратифікується внаслідок різниці в густині.

Морська вода має щільність  $1,036 \text{ г/см}^3$  (що відповідає 3,5% розчину солі), розчин солі має щільність  $1,164 \text{ г/см}^3$  (що відповідає 14% розчину солі), повністю насичений розчин солі (не може бути більшим, ніж без розчинення залишку) має щільність  $1,360 \text{ г/см}^3$  (26,5% розчин солі). Це пояснює той факт, що в шахтному стовбурі 10, приблизно починаючи з глибини 150 м, знаходиться солоня вода більшої щільності ( $\text{EC} = 2200\text{-}3200 \text{ }\mu\text{S/см}$ ), яка є практично нерухомою, а над нею – вода меншої щільності, менш солоня або майже прісна, яка, з іншого боку, легко рухається. Такий висновок можна зробити щодо більшості точок, де проводилися вимірювання електропровідності (вище за показники для питної води  $\text{EC} = 500\text{-}600 \text{ }\mu\text{S/см}$ ; на кілька метрів або кілька десятків метрів глибше - морської води  $\text{EC} = 50\text{-}60 \text{ }\mu\text{S/см}$ , а нижче за них, сольовий розчин уже насичений  $\text{EC} = 100\text{-}250 \text{ }\mu\text{S/см}$ ).

Щоб досягти насичення сіллю, прісна вода повинна перебувати у солоному середовищі протягом певного періоду; у цей проміжок часу здійснюються процеси розчинення солі, соляної карстифікації/кавітації, які зрештою призводять до запуску деструктивних процесів. Процеси утворення соляного карсту сповільнюються в міру наближення до стану насичення, а через різницю в щільності, це поступово переходить на більш глибокі шари. З іншого боку, менш щільні води біля поверхні є текучими і майже врівноваженими, що в їхньому випадку означає стан, близький до насичення. Це вказує на безперервність процесів насичення сіллю. Іншими словами, **стабілізовані умови, швидше за все, уже виникли на глибині, однак, це твердження, ймовірно, не є вірним для поверхневих шарів, і тому очікуються подальші рухи поверхні землі. Однак їх інтенсивність асимптотично зменшуватиметься з часом, якщо не станеться якась раптова природна зміна (наприклад, екстремальний дощ, землетрус тощо).** Але додаткові рухи поверхні землі



також можуть бути спричинені нерегульованим забором солоної води з підземних озер, а також значними витоками з водопровідних мереж.

За даними літератури, **шахта 7** була закрита в 1953 році, а з моменту утворення кратера минули десятиліття. Стосовно останніх трьох шахт, то кришка соляного купола знаходиться тут найближче до поверхні (приблизно 10 м), а **заповнене водою кратерне озеро** перебуває в прямому контакті з кришкою соляного купола, **і, отже, озеро повністю насичене сіллю, а тому знаходиться у стані рівноваги.** Це вже було підтверджено відповідними вимірами у 2016 році (див. Рис. 34).

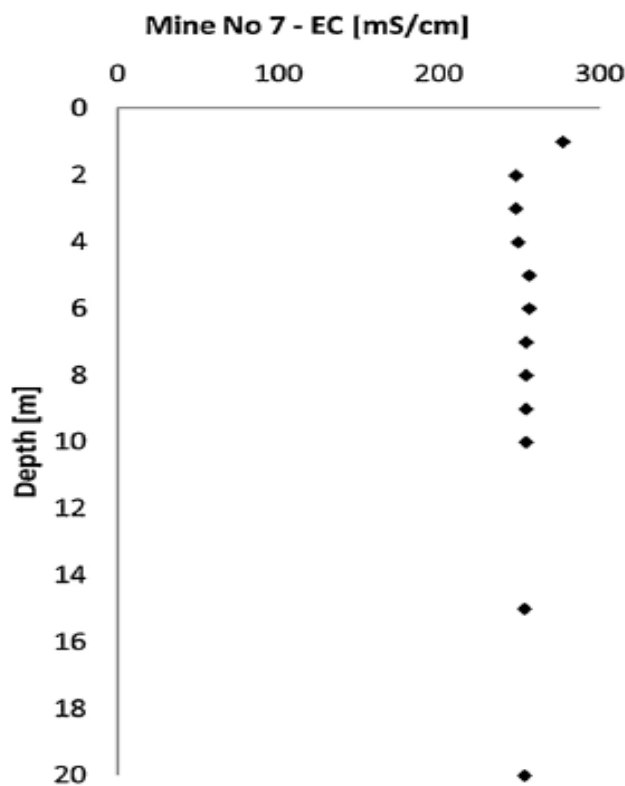


Рис. 34

Значення електропровідності у кратерному озері шахти 7 у 2016 році (Stöckl et al, 2020)

У 2016 році експерти Консультативної місії Команди цивільного захисту ЄС навіть не ризикнули провести пряме дослідження хімічного складу води, натомість вони відібрали проби води зі стовбура шахти 8. Згідно з рисунком 15, вода на поверхні стовбура має концентрацію солі, що відповідає показникам для морської води (EC = 50 – 60 мСм/см), тоді як солоність, досягнувши перехідної зони між глибиною 8 – 16 м, досягає позначки у EC = 250 – 270 мСм/см, тобто стану насичення.

Показники електрохімічного складу води засвідчують, що кратерне озеро, яке утворилося на місці шахти 8, ще не досягло свого рівноважного стану ні зі статичної точки зору, ні з точки зору хімічного складу води. Крім того, кратерне озеро також безперервно заповнюється житловими стічними водами, за рахунок чого відбувається подальше опріснення.

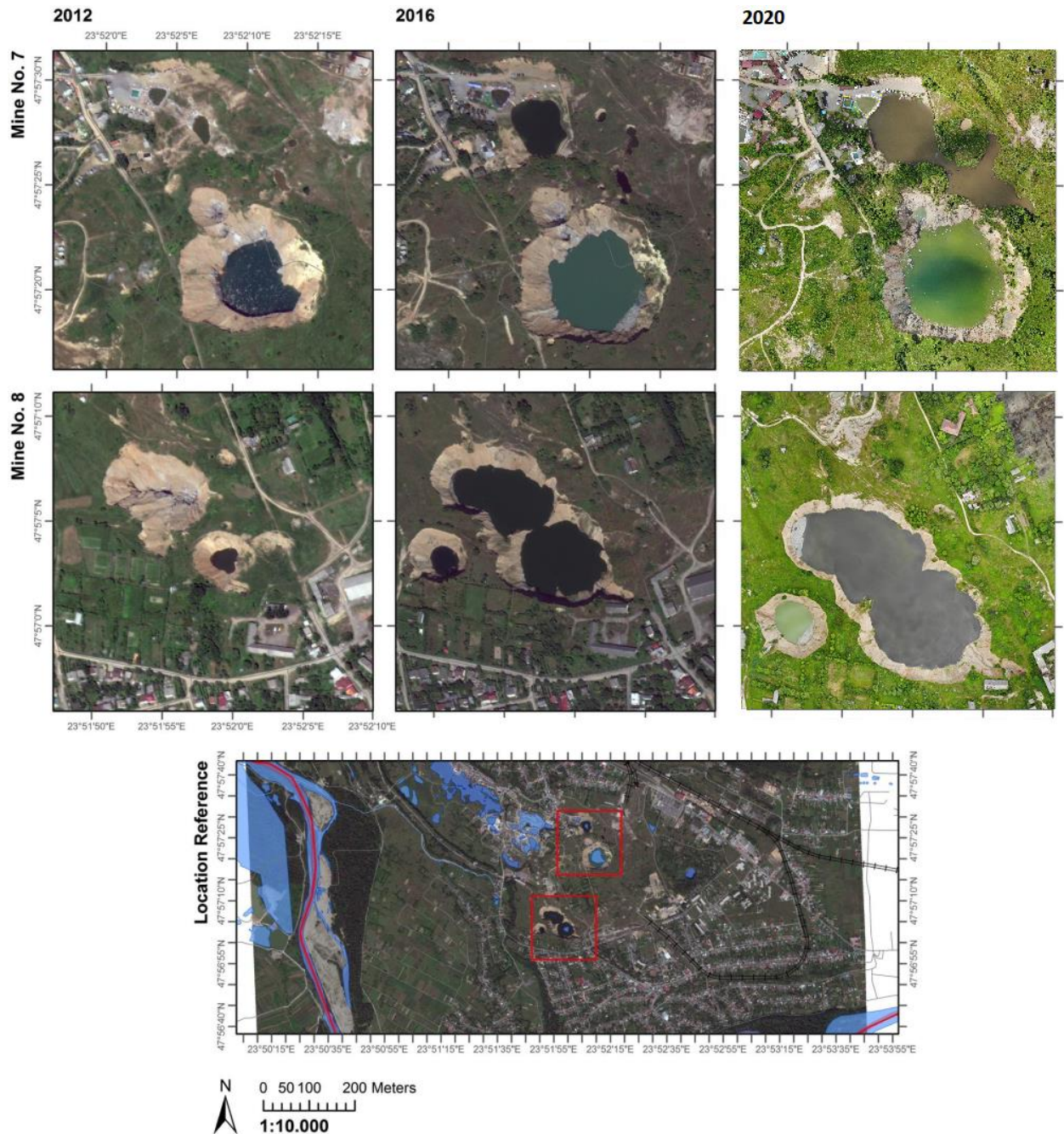


Рис. 35 Еволюція кратерів у шахтах 7 і 8 (GeoGold Ltd. в Stöckl та ін., 2020)

### 3.4.2.3. Дослідження шахтних стовбурів

#### Шахтний стовбур 8

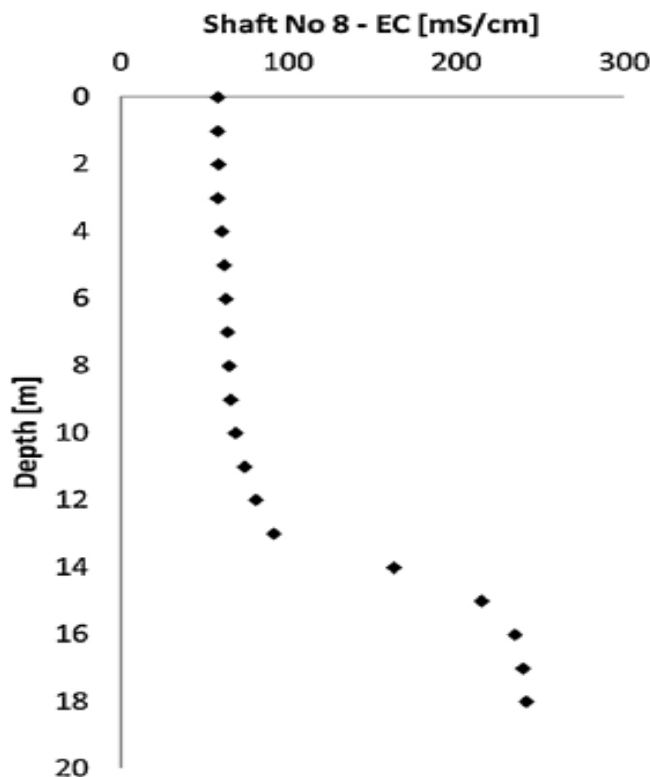


Рис. 36 Показники електропровідності на глибині шахти 8 у 2016 році (Stöckl et al, 2020)

У шахтному стовбурі 8 зафіксовано найбільш вражаючі та інтенсивні показники (див. Рис. 36).

Він зруйнувався у 2010 році і з тих пір залишається нестабільним. Через обмежений доступ у ньому було важко робити вимірювання. Виходячи з показників електропровідності, вимірянних на поверхні кратера  $EC = 1280 \mu S/cm$ ,  $Cl = 262 \text{ мг/л}$  (листопад 2021 року), вода належить до категорії злегка солоної/мінералізованої прісної води, згідно з вимірюваннями Geogold.

#### Шахтний стовбур 10

Наразі лише колишній транспортний стовбур (стовбур 10) шахти 9 (закритої у 2008 році) можна виміряти на всю довжину до глибини 506 м. У 2016 році також обвалився стовбур шахти 8, який ще можна було виміряти.

Відповідно до показників електропровідності, вимірянних у вересні 2016 року приблизно до глибини 200 м, вона зростає від  $EC=500 \mu S/cm$  до  $EC=650 \mu S/cm$ , а потім на глибині приблизно між



10 м і 150 м це значення стабілізується. На глибині 198 м (на той час, через короткий вимірювальний кабель, це була максимально можлива глибина) показник електропровідності збільшився до 2180  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (див. Рис. 37).

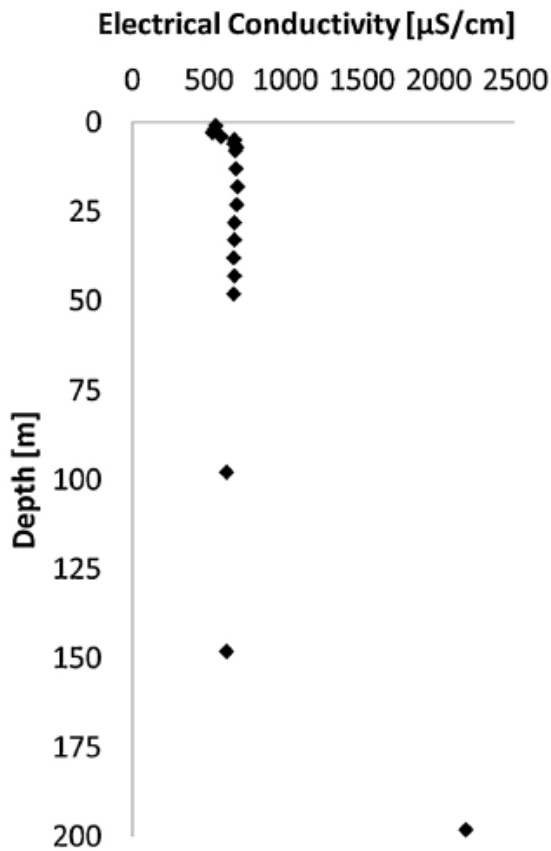
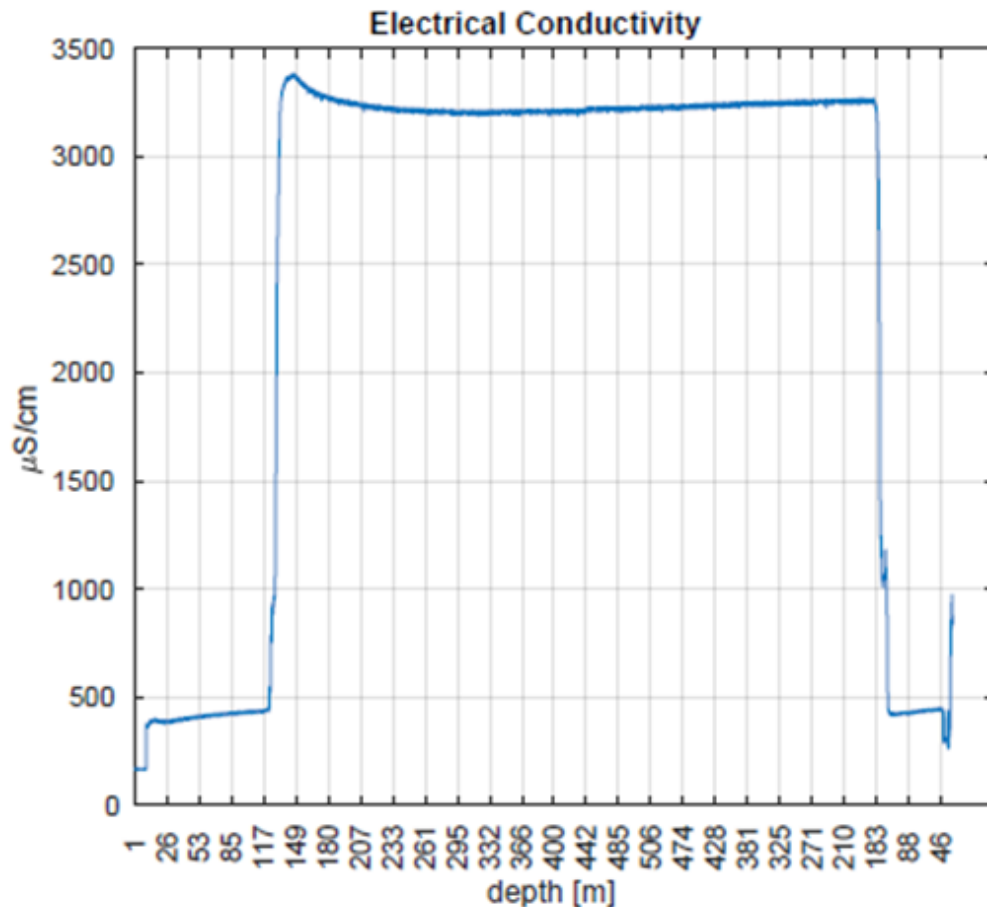


Рис. 37 Показники електропровідності в транспортному стовбурі 10 шахти 9 у 2016 році (Stöckl та ін., 2020)

У 2016 році було повторно проведено вимірювання електропровідності, а потім ще раз пізньої осені 2021 року за допомогою робота UX-1. Плаваючий пристрій з дистанційним керуванням також підходить для вимірювання якості води та відбору проб води. Заміри показників електропровідності, зроблені роботом, підтвердили вимірювання 2016 року та навіть збільшили межу глибини вимірювань нижче рівня 500 метрів.

Виходячи з результатів вимірювань, електропровідність на глибині 10-130 м показує майже постійне значення  $EC = 400-450 \mu\text{S}/\text{cm}$  (вимірювання в 2016 році показали значення  $EC = 500-650 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). На глибині між 130-140 м, у перехідній зоні, можна спостерігати стрімке збільшення

електропровідності. На глибині від 140 м до 506 м було визначено наступні показники електропровідності:  $EC = 3250 \mu S/cm$  (див. Рис. 38).



**Рис. 38**

Зміна показників електропровідності по всій довжині стовбура 10 згідно з даними UX-1  
(Університет Мішкольця)

Зміна значень температурного профілю, виміряних роботом, показує майже ту саму криву профілю. У верхній частині стовбура 10 до глибини 130 м зберігається постійна температура  $t = 8^{\circ}C$ . У перехідній зоні між глибиною 130–150 м температура постійно підвищується до  $24^{\circ}C$ , а глибше до дна – залишається незмінною (506 м) (див. Рис. 39).

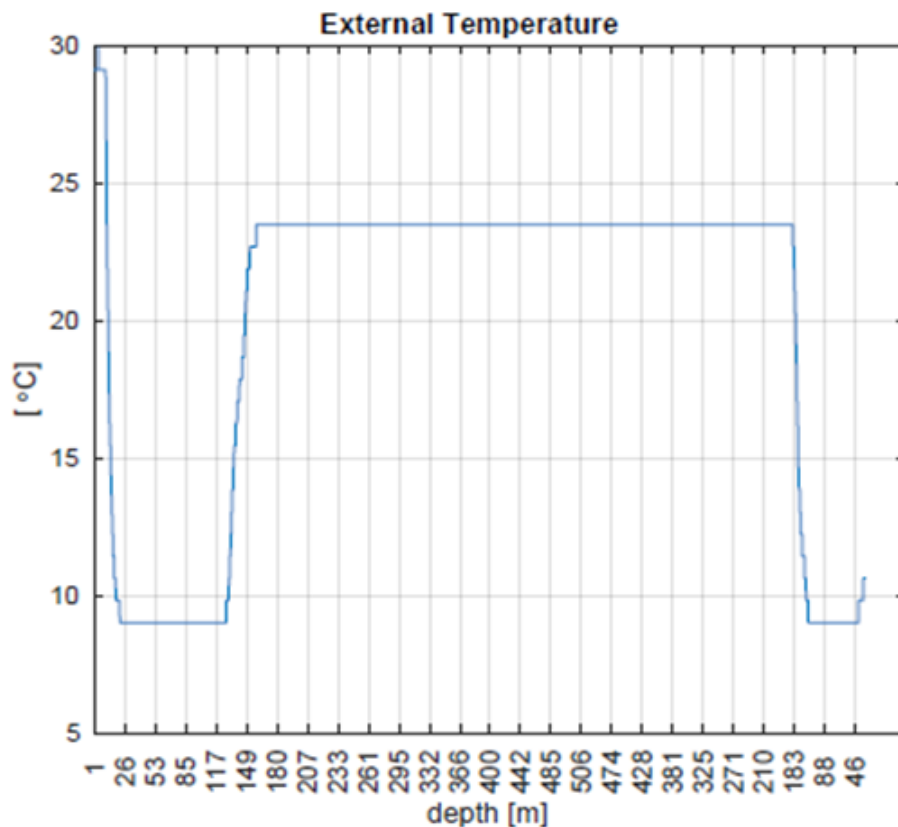


Рис. 39 Зміна показників температури по всій довжині стовбура 10 згідно з даними UX-1  
(Університет Мішкольца)

Рівень рН води у стовбурі 10 зберігається на позначці між 10 і 9,5 на глибині до 143 м, а потім, до глибини 506 м зменшується до значення приблизно 8,5 та залишається незмінним.

Таким чином, заміри електропровідності, починаючи з 2016 року, показують, що у стовбурі 10 є прісна вода. Значення ЕС = 500-650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , у 2016 році було знижено до ЕС = 200-400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Згідно з показниками, виміряними роботом у 2021 році, у зоні між 10-130 м показники змінилися на ЕС = 400-450  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (у 2016 році на глибині 150 м було зафіксовано значення 650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). На глибині 130-140 м вже видно перехідну зону змішування (значення ЕС = 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$  зростає до значення 3200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), електропровідність стала вищою, порівняно з показниками, зафіксованими на мінімальній глибині 150 м, зареєстрованими у 2016 році.

Вимірювання, проведені роботом у 2021 році, показали постійне значення ЕС = 3200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  від глибини 140 м до дна стовбура. На глибині 198 м показник електропровідності становить приблизно ЕС = 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Це більше, ніж ЕС = 2180  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , виміряна у 2016 році.

**На глибині відбувається повільне розчинення солі до досягнення стану, близького до насичення. Процес насичення ще не завершено.**

Вищесказане також підтверджується температурними показниками, виміряними у стовбурі. У прісній воді при  $t = 8\text{ C}^\circ$  електропровідність є низькою, а потім після перехідної зони між 130-150 м, підвищується до  $t = 24\text{ C}^\circ$  і залишається постійною до дна.

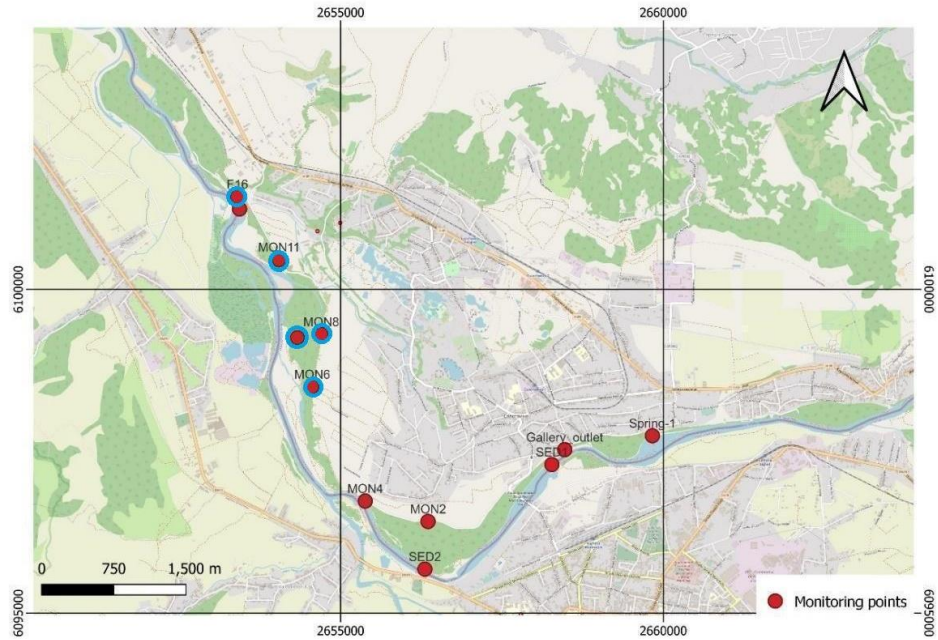
Робот виявив, що шахтні стовбури глибиною в сотні метрів практично непрохідні через обвали. У той же час стовбур 10 статично стабільний і у ньому можливе проведення додаткових досліджень для вимірювання змін хімічного складу води на глибині.

#### **3.4.2.4. Дослідження приповерхневих вод, що протікають в алювії заплави Тиси**

Окремої уваги потребує вивчення приповерхневих вод у заплаві ріки Тиса, тому частину моніторингових свердловин з позначкою MON створено тут, безпосередньо у заплаві Тиси. Приповерхневі води затікають на сушу під час повені та в бік річки при низькому рівні води. Цей потік, що в основному має сезонний характер, забезпечує постійний рух води (відносно меншої солоності), що надходить із річки, та підземної води з більшою солоністю, що надходять повільним потоком із розбитих гірничих ділянок. Під час паводків, води річки Тиса загрожували/загрожують району видобутку (саме тому в 1930-х роках була побудована «чеська» дамба, яка сьогодні потребує капітального ремонту), тоді як у разі низького рівня води (хоча й повільно) солоні ґрунтові води потрапляють у Тису (на додаток до використаних вод з солоних озер, що зливають у Тису, які влітку, при низькому рівні води, створюють більше навантаження на річку). Тому концентрація іонів натрію збільшується в літній період.

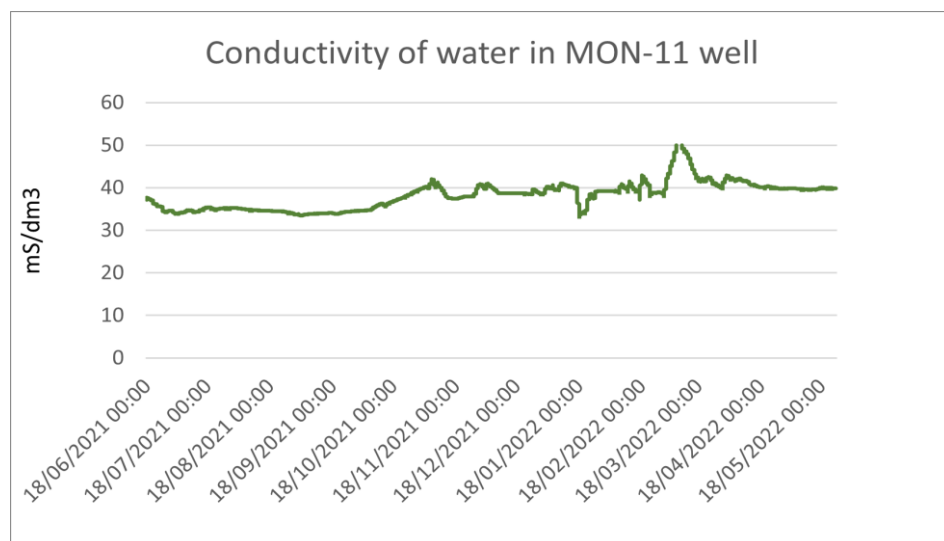
Вже згадувалося про помітну роль потоку Глод (водохімічний пункт F 16) у сольовому навантаженні Тиси. Водотік Глод Ізвор дає пряме сольове навантаження на Тису.

Водночас п'єзометричні свердловини МОН 4, 6, 8 та 11 демонструють приповерхневий стік підземних вод (рис. 40). Основний напрямок потрапляння засолених підземних вод до Тиси промарковано позначкою МОН 11 (рис. 41). Тобто основний напрямок стоку засолених підземних вод з території шахти – Східно-західний. Це важливе відкриття, яке збігається з картою потоку підземних вод (див. рис. 40 і рис. 41).



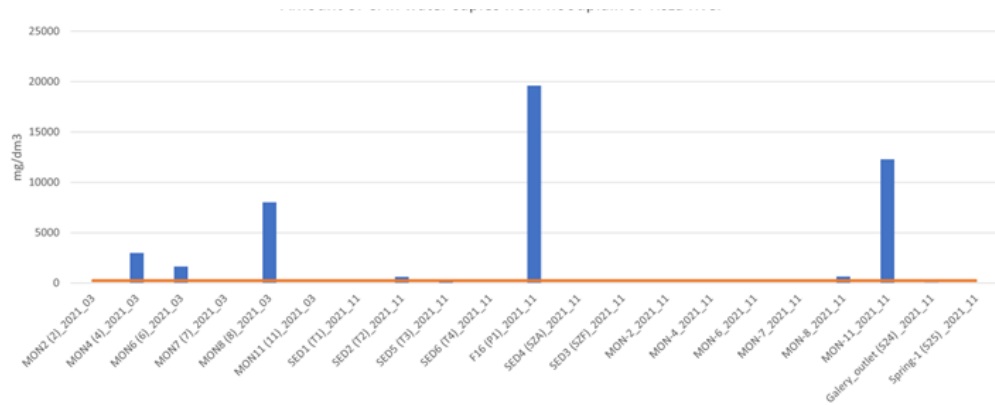
**Рис. 40** Сині кола показують точки моніторингу з типово вищим сольовим навантаженням.

Точка F16 – це потік Глод (*Geogold Ltd*)



**Рис. 41** Річна (червень 2021 - травень 2022) зміна значень електропровідності п'єзометричної свердловини МОН -11 (*Geogold Ltd*)





**Рис. 42**

Концентрації хлору Cl, виміряні вздовж заплави Тиси (*Geogold Ltd*)

Під час великих паводків, вода просочується до соляного тіла і, внаслідок відсутності гідроізоляційних шарів, завдає серйозної шкоди. Такі інциденти мали місце в 1998, 2001 і 2007 роках та призвели до подальшого руйнування зони видобутку.

У період між червнем 2021 року та травнем 2022 року, застосування Р-хвиль показало, що підземні води, які зберігаються в осадових відкладах уздовж Тиси, пов'язані з нею, навіть якщо рівень води в даній точці спостереження вищий, ніж у найближчій точці на річці Тиса. Це може бути через те, що у верхній Тисі вода, яка проникла в берегові відкладення, тече вздовж річки в північно-західному напрямку, а поширення Р-хвилі також спостерігається на більших висотах.

У Сігету Мармаціей також були проведені відповідні вимірювання. Згідно з класифікацією PSS-78, солоність усіх досліджених проб води становить менше 0,5 ppt, тому перевірені води навколо Сігету Мармаціей класифікуються як повністю прісні води протягом усього періоду дослідження. У результаті досліджень солоності, проведених протягом періоду дії проекту, можна зробити висновок, що Сігету Мармаціей та його околиці не зазнають впливу соляного забруднення з сусіднього соляного купола Солотвино.

### 3.5. Результати застосування робота з використанням технології UX

За допомогою водозлазного робота UX-1Neo компанія UNEXMIN Georobotics Ltd. виготовляє 3D-карти, знімає на території Солотвинського солерудника відео у високій роздільній здатності та оцінює результати занурень. Крім того, робот проводив відбір проб води та вимірювання параметрів (електропровідність, водневий показник, фугітивність кисню, температура, тиск). Основним очікуваним результатом роботи було глибше дослідити потенційні підповерхневі порожнини під Солотвином та отримати інформацію, необхідну для моделювання місцевої системи стоку підземних вод.

Водозлазний робот UX-1Neo (Рис. 43.) загалом оснащений шістьма камерами, які записують зображення у видимому діапазоні (RGB зображення). Ці камери також використовуються для запису лазерного сканування (SLS). Через залежність від видимого діапазону системи SLS, чутливої до прозорості води, такі перешкоди, як поплавці та каламутність води, знижують продуктивність. Інші фактори, наприклад солоність, не впливають на якість.



Рис. 43 Робот UX-1Neo на вході у вентиляційну шахту 9

Крім того, багатопроменева гідролокаційна система (M3) і два скануючі сонари створюють хмари точок із звукових хвиль. Для калібрування використовується швидкість поширення звуку у

воді. Тому він чутливий до великих змін у поширенні звуку через різний склад води. На зібрані сонарами дані, мало впливають дрібні перешкоди, такі як частинки, що плавають у воді.

UX-1Neo оснащений вбудованим датчиком тиску для оцінки глибини. Підвищення тиску на 1 бар відповідає збільшенню глибини на 10 м. Однак слід врахувати, що ці значення стосуються прісної води. У випадку насичених розчинів оцінка глибини може бути дещо неточною через вищу щільність і, отже, вищий тиск розчину. У насичених водних середовищах похибки можуть складати до 10%.

Під час перших місій з'ясувалося, що солоність води різко змінюється в залежності від глибини. Висока солоність істотно змінює продуктивність підводних пристроїв, включаючи робота UX-1Neo. Підводні апарати ретельно відкалібровані відповідно до середовища, в якому вони працюють, враховуючи плавучість і датчики. У вентиляційній шахті 9 це означало максимальну глибину близько 60 метрів. Це пов'язано з тим, що, хоча робот може бути адаптований до середовища солоної води в польових умовах, встановлена додаткова вага понад 20 кг унеможливило пересування робота в прісній воді, тому він не може маневрувати повз будь-які перешкоди в шахті. У стовбурі 10 було потрібно додатково збільшити вагу робота на 20 кг, щоб він міг працювати у зонах високої солоності. Оскільки на шляху опускання були невеликі перешкоди, які ускладнювали цей процес, питання занурення важкого робота у прісну воду у верхній частині шахти довелося вирішувати окремо, що вимагало будівництва спеціальної керованої роботом клітки. Отже, у прісноводному середовищі, щоб уповільнити швидке спускання робота та захистити технологію, була побудована спеціальна клітка, аби дозволити роботу досліджувати всі доступні області до максимального діапазону тиску 47,5 бар (у цьому випадку до глибини 435 м).

### **3.5.1. Результати занурень**

Всього було здійснено чотирнадцять занурень у два шахтні стовбури, три – у вентиляційну шахту 9 та одинадцять – у шахту 10. Загалом було задокументовано понад 2 мільйони фотографій, 6 ТБ відеоматеріалу та 400 ГБ інших показників датчиків. Під час занурень у стовбурі 10 було відібрано 8 проб води та проведено безперервні вимірювання параметрів води по всій довжині стовбура та в бічному проході на рівні -81 м. Через завали в шахтах було видно лише штучні споруди, тому жодних багатоспектральних вимірювань геологічного та мінералогічного спрямування не було зроблено.



**Рис. 44** - 3D модель стовбура 9

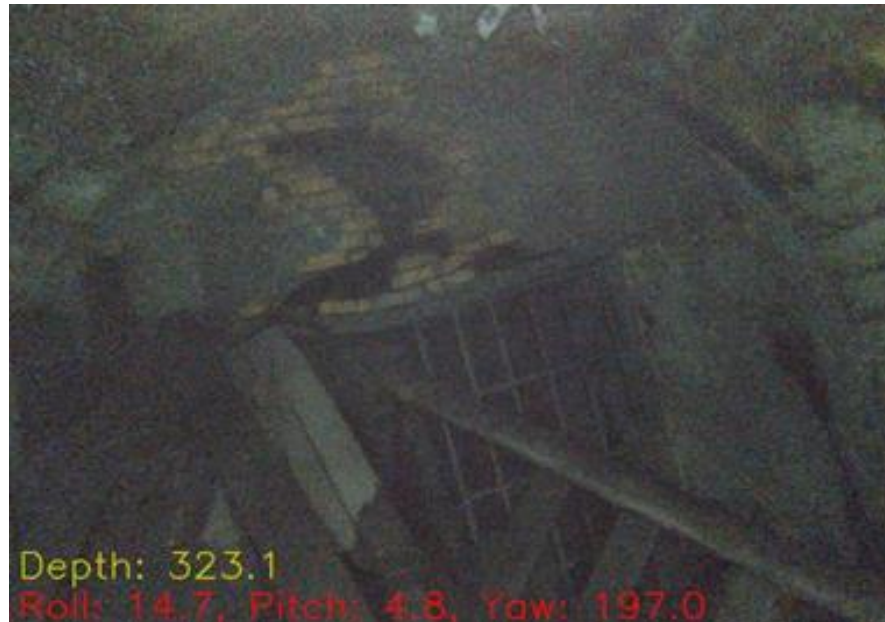
Загалом у стовбурі 10 занурення проводились у три різні дати: у червні 2021 року, листопаді 2021 року та на початку грудня 2021 року.

Під час занурень у червні вода до глибини близько 80 м від поверхні була каламутною та непрозорою, що ускладнювало навігацію. За допомогою окремої роботизованої установки, вдалося дослідити шахтний стовбур на глибині 315 м і виміряти різні параметри води до його дна – 506 метрів.

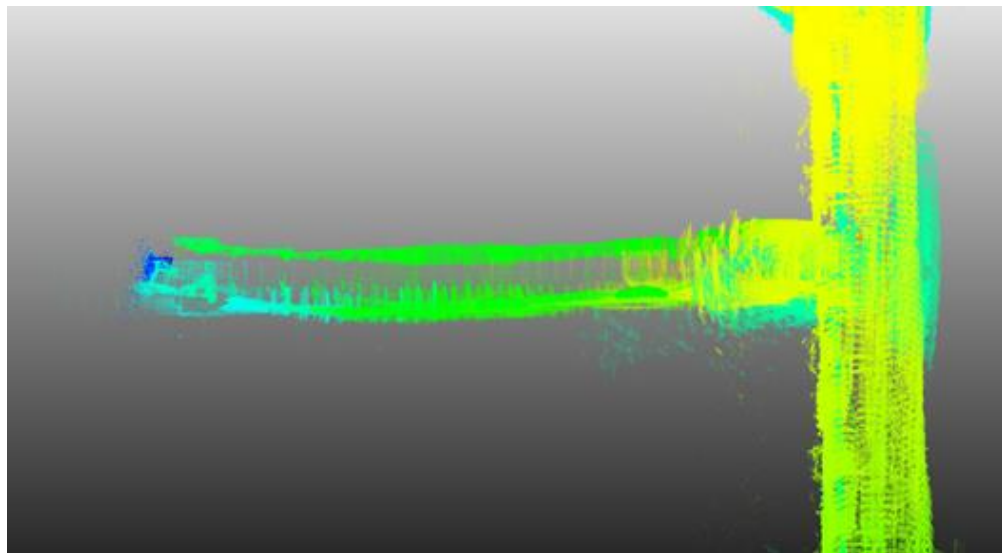
Під час занурень у червні було виявлено бічний вхід на глибині 306 м, але він був заблокований сіткою та уламками (**Рис. 45**).

У листопаді шахта була нанесена на карту до глибини 435 м (47,5 бар), що є теоретичною кінцевою точкою глибини занурення робота. Всього є 3 рівні доступу, з яких відкритий лише доступ на 366 м від шахти.

На початку грудня, під час картографування бічного проходу, робот зміг досягти 55 м позначки, але прохід був заблокований (**Рис. 46**), тому продовжити роботу з роботом було неможливо. Виходячи з зображень, перші 55 м бічного проходу покриті бетоном, його стіни не пошкоджені, а металевий каркас не заржавів (**Рис. 47**).



**Рис. 45** Вхід у бічний прохід на глибині 306 м знаходиться в стовбурі 10. Глибина на малюнку відрізняється від реальної через різницю в густині води.



**Рис. 46** 3D-зображення бічного проходу стовбура 10 на глибині 366 м, заблокованого на відстані 55 м від входу



**Рис. 47** Візуальне зображення бічного проходу на глибині 366 м: 1) вид входу з фронтальної камери; 2) вид бетонного входу з фронтальної камери; 3) вид бетонної частини входу, фото зроблене бічною камерою; 4) шахта та каркас, фото зроблене бічною камерою; 5) бічна камера

Над кожним із трьох входів у шахтний стовбур 10, на ~10 м вище від входу, є обслуговуюча порожнина близько 3 м.

Протягом червня 2021 року вода у верхніх шарах (30-40 м) шахтного стовбура 10 була каламутною та майже повністю непрозорою. Видимість для камер робота становила всього 25-30 см. На глибині ~40 м вода була майже повністю прозорою, лише невеликі відкладення, що плавали у воді, заважали огляду. Ймовірно, це пов'язано з повним ізолюванням стовбура та тим фактом, що водойма залишалася непорушеною протягом місяців.

У червні 2021 року в транзитній зоні стовбура 10 у воді на глибині 135-145 м спостерігалось

збільшення вмісту частинок, внаслідок накопичення опадів через порушення щільності поверхні. Візуальна оцінка знімків, зроблених у той час, майже неможлива через погану видимість. На зображеннях, зроблених у листопаді та грудні 2021 року, це явище більше не спостерігалось, що також пов'язано із перекриттям даху шахти та тим фактом, що накопичені частинки успішно осіли на дно шахти протягом місяців, що минули.

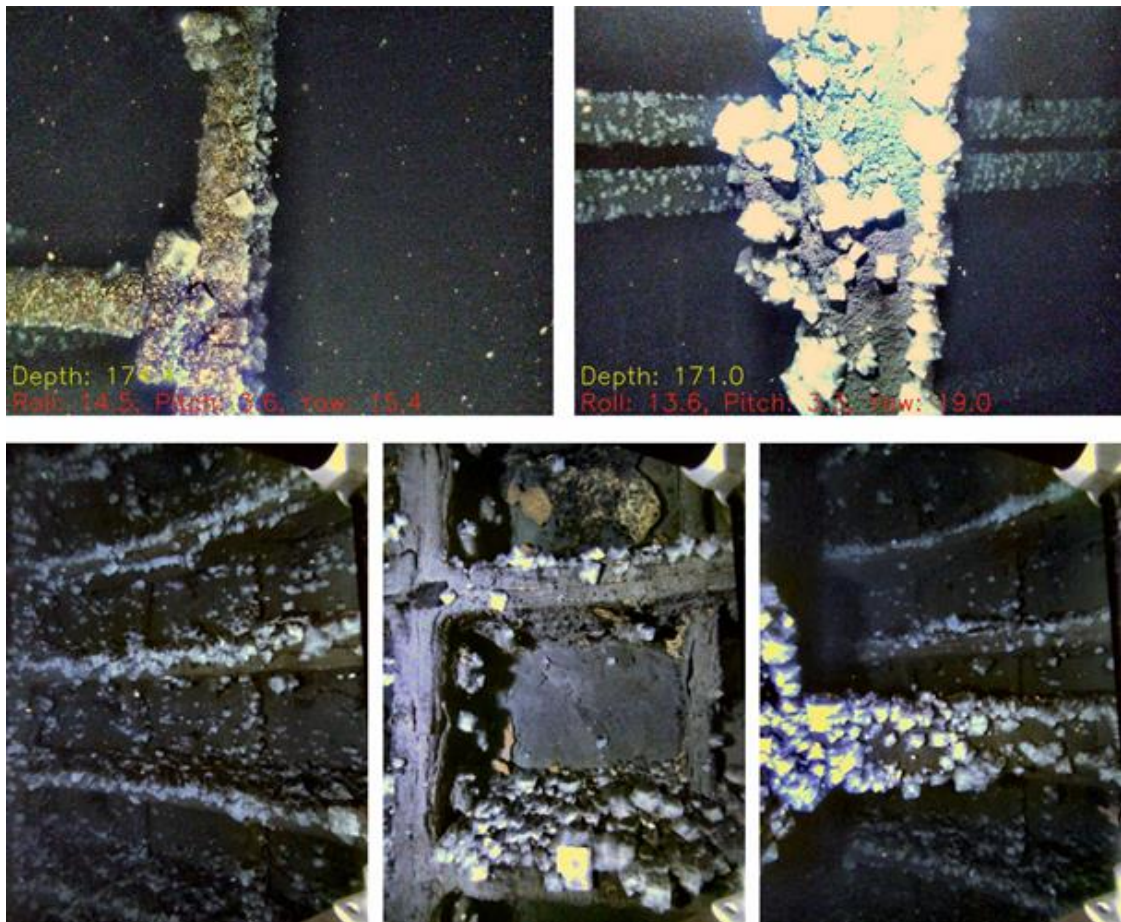


Рис. 48 - На стінці шахтного стовбура спостерігаються кристали солі

### 3.5.2. Стан конструкції вентиляційної шахти 9 і шахтного стовбура 10

Можна зробити небагато висновків про стан шахти в цілому, оскільки доступні обмежені дані. Стан конструкції обидвох шахтних стовбурів задовільний. Однак, цього не можна сказати про бічні тунелі. Аналіз зображень входу в тунель на глибині 306 м свідчить про те, що середовище, за винятком бетонної обшивки, знаходиться в поганому структурному стані. Ворота та стіна над ним нестійкі. Доступний бічний прохід довжиною 55 м на -366 м знаходиться в стабільному стані, але

походження завалу невідоме. Зображення сонара чітко показують, що бокова стінка у зоні заблокованого проходу стабільна, але за наявними даними не можна чітко визначити стан кришки. Можна припустити, що сміття, яке потрапляє до стовбура 10 з потоками води, може утворювати бар'єри у стовбурі, але завал також міг бути спричинений обваленням кришки. Однак із зібраних даних залишається незрозумілим, якою мірою це вплинуло на стан порожнин глибше в шахтному стовбурі.

**У насиченому солоному розчині нижче 145 м спостерігається утворення кристалів солі на стінці шахти та металевих балках у шахті на глибині 158 м.**

Незважаючи на початок галокліна на глибині 145 м, інтенсивна кристалізація, яка утворилася на глибині 158 м (Рис. 39), може бути наслідком сезонних коливань галокліну, які не спостерігалися в період із червня по грудень 2021 року. Найвірогідніше пояснення полягає у тому, що товщина галокліну змінюється час від часу, але ніколи не глибше 158 м. Таким чином, кристали солі, що утворюються вище цього рівня, знову розчиняються, коли галоклін зменшується в результаті опріснення.

Вентиляційна шахта 9 і шахтний стовбур 10 розташовані приблизно на одному рівні, насичений розсіл починається на глибині ~60 м у вентиляційній шахті 9 і на глибині 140 м у шахтному стовбурі 10. Таким чином, між двома шахтами існує різниця тиску 1-1,5 бар. Ці дані вказують на обмежену проникність між двома шахтами, про що частково свідчать засмічення, яке ми спостерігали у бічних проходах.

Стан конструкції обидвох об'єктів задовільний. Але цього не можна сказати про бічні тунелі.

## **3.6. Гідрогеологічне / гідродинамічне моделювання**

### **3.6.1. Створення першої ітерації гідродинамічної моделі Солотвинського родовища кам'яної солі**

У рамках початкового етапу було створено першу ітерацію гідродинамічної моделі Солотвинського родовища кам'яної солі. Розглянуті і узагальнені результати моделювання на ній процесу виникнення і нарощування інтенсивності припливів води в гірничі виробки Солотвинського родовища у часі через вилуговування солі, утворення і розвитку карстового водоносного горизонту під шаром щільної четвертинної глини, яка теж з часом місцями деградувала. Ця глина багато років



до промислової розробки солі надійно захищала цілісність тіла Солотвинського сольового діапіру від його руйнування прісними підземними водами четвертинного водоносного комплексу, які через вилуговування солі, насамперед, в мережі незалежно існуючих тут розривних тектонічних порушень, утворювали карстові порожнини, стелі над деякими з яких з часом руйнувались з утворенням в рельєфі провальних карстових лійок, що ставали ефективними провідниками прісних ґрунтових вод з четвертинного алювіального галечнику до тортонської солі.

Вихідними даними для схематизації природних умов для гідрогеологічного моделювання слугували первинні архівні дані (геологічні, геофізичні, гідрогеологічні) району досліджень (Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій). Як попередню геологічну інформацію використано елементи інтегральної геологічної моделі Солотвинської солянокупольної структури, раніше розробленої в ІГН НАНУ (*Шехунова та ін., 2015, <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2015.146791>*)

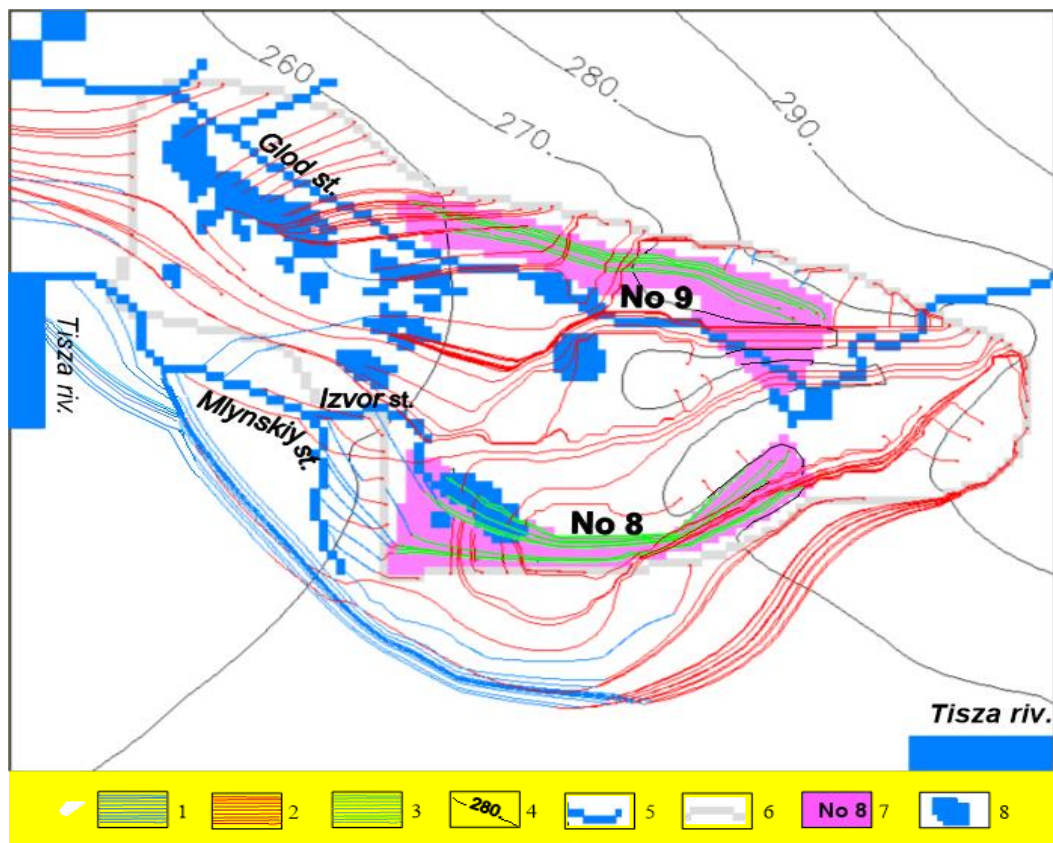
Побудована гідродинамічна модель включає:

- Модельна розбивка території межиріччя Тиса-Апшиця в районі розташування Солотвинського родовища на розрахункові блоки
- Модельна розбивка території межиріччя Тиса-Апшиця; модельна схема водопровідності порід четвертинного водоносного комплексу;
- Модельна схема питомої проникності шару четвертинної глини в районі розташування Солотвинської поклади солі на тлі сітки розрахункових блоків;
- Модельна схема питомої проникності шару слабопроникних порід (щільною солі) над горизонтом гірничих виробок рудників № 8 і № 9;
- Модель основних шляхів руху підземних вод карстового горизонту в тривимірному просторі Солотвинського родовища кам'яної солі після затоплення рудників № 8 і № 9 під впливом гідравлічного градієнта (рис. 49).

Розрахунком балансу обводнення четвертинного алювію і тортонського карстового горизонту показана значимість останнього для формування припливів води в гірничі виробки Солотвинського родовища особливо перед завершенням його експлуатації, коли припливи, попри усі зусилля гірників, досягли такої інтенсивності, що подальша експлуатація родовища ставала неможливою. Із зупиненням експлуатації родовища і затопленням його гірничих виробок екологічні проблеми Солотвинського родовища не закінчились, бо процес вилуговування солі через зв'язок з прісними водами четвертинного водоносного комплексу продовжується незважаючи на те, що базис

дренування підземних вод повернувся до позначок, що існували до експлуатації родовища

Важливо зазначити, що отримані схеми гідродинамічних параметрів моделі Солотвинського родовища за даними попередніх досліджень не тільки наближені, а й застарілі, з огляду на той факт, що за 10-річний період після припинення розробки солі на Солотвинському родовищі гідрогеологічні умови тут помітно змінилися в бік подальшого руйнування соляного штоку процесами вилугування.



**Рис. 49.** Модель основних шляхів руху підземних вод карстового горизонту в тривимірному просторі Солотвинського родовища кам'яної солі після затоплення рудників № 8 і № 9 під впливом гідравлічного градієнта: 1 - лінії току в четвертинному водоносному горизонті; 2 - лінії току в тортонському водоносному горизонті; 3 - лінії току в затоплених підземних камерах шахт №8 і №9; 4 – ізогіпси рівня підземних вод, м; 5 - модельна гідрологічна мережа; 6 - умовна межа соляного штоку; 7 - територія шахти №8; 8 - засолені озера, а також великі сучасні та давні карстові воронки (Стеценко Б.Д., Шехунова С.Б., Стадніченко С.М., Шестопалов В.М., Руденко Ю.Ф. Гідрогеологічні проблеми Солотвинського родовища кам'яної солі і їх аналіз з використанням моделювання (Україна). Зб. наук. пр. ІГН НАН України, 2021, Т. 14 (2). DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2021.245937>)

На основі отриманих результатів гідродинамічного моделювання існує потенціал для поглибленої деталізації: уточнення геологічних даних (літологічний склад порід, потужність перекриваючих соляне тіло відкладів, наявність макромасштабних шляхів аномальної міграції

(тектонічних порушень).

Таким чином, враховуючи складний водний баланс досліджуваної території, рекомендується враховувати всі можливі тектонічні порушення, які можуть бути шляхами перетікання підземних вод (розсолів) між водоносними горизонтами.

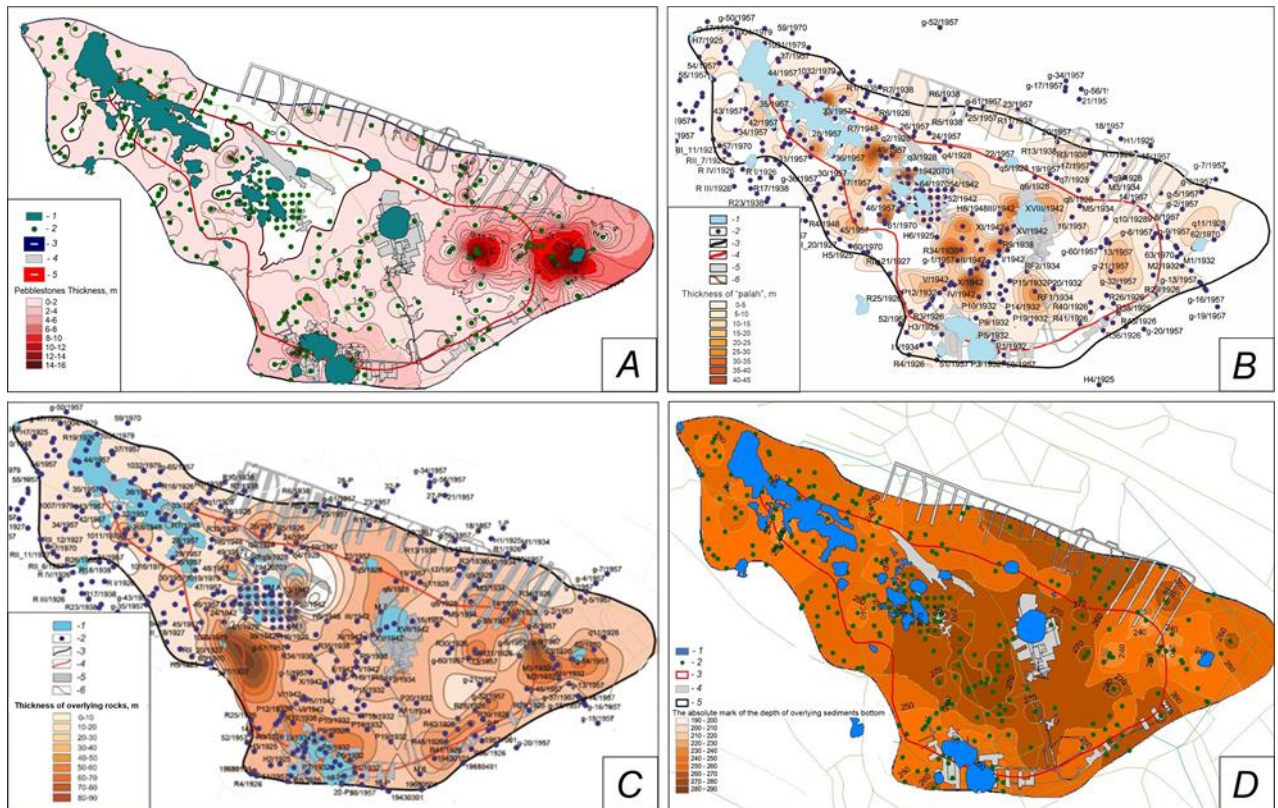
### **3.6.2. Удосконалення побудованої гідродинамічної моделі Солотвинського родовища кам'яної солі з використанням ГІС**

#### **3.6.2.1. Детальна модель перекриваючих відкладів Солотвинської солянокупольної структури**

Для удосконалення базової інтегрованої геологічної моделі та гідродинамічної моделі системи підземного водообміну виконано обробку та аналіз вихідних архівних даних геологічних розрізів четвертинних відкладів 395 свердловин, пробурених в межах Солотвинського родовища кам'яної солі за період з 1922 по 1982 роки.

Для оцінювання екологічного стану та подальшого моніторингу розвитку небезпечних геологічних процесів в межах Солотвинського родовища кам'яної солі була розроблена комплексна літологічна модель солянокупольної структури. Модель включає побудовані шляхом ГІС-технологій за значеннями окремих точок (свердловин) узгоджені математичні моделі границь та товщини перекриваючої соляне тіло осадової формації:

- Модель потужності валунно-галечникових порід над Солотвинською солянокупольною структурою (Рисунок 50 А);
- Модель потужності "палагу" над Солотвинською солянокупольною структурою (Рисунок 50 В);
- Модель загальної потужності перекриваючих відкладів над Солотвинською солянокупольною структурою (Рисунок 50 С);
- Модель підшви четвертинних відкладів (палаг та гравій) (Рисунок 50 D).



**Рис. 50.** Моделі границь та потужності перекриваючих відкладів над Солотвинською солянокупольною структурою: А - модель потужності валунно-галечникових порід; Б - модель потужності «палагу»; В - модель загальної потужності перекриваючих порід над Солотвинським соляним штоком; Г - модель поверхні підшови четвертинних відкладів (палаг і гравій). Умовні позначення: 1 - водойми; 2 - свердловини; 3 - контур соляного штоку на поверхні; 4 - контур соляного штоку на абсолютній відмітці 0 м; 5 - дороги; 6 – шахти (Шехунова С.Б., Алексєєнкова М.В., Стадніченко С.М., Сюмар Н.П. Літологічна модель надсолевого комплексу Солотвинської солянокупольної структури. Зб. наук. пр. ІГН НАН України, 2021, №. 14 (2) DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2021.245822>)

Врахування в інтегральній геологічній моделі цих тектонічних елементів і потужності перекриваючих відкладів, їх літологічного складу необхідне для уточнення гідродинамічної моделі, прогнозу карсту і правильного розміщення спостережних свердловин моніторингу.

### 3.6.2.2. Модернізована гідродинамічна модель Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій

Створено модернізовану гідродинамічну модель Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій на основі уточнених фільтраційних параметрів надсолевих відкладів Солотвинської солянокупольної структури та осучасненої бази даних, що дозволило спрогнозувати напрям руху та швидкість підземних вод у часі.

На основі отриманих нових матеріалів щодо особливостей геологічної будови та гідрогеологічних умов території досліджень, а також даних попереднього моніторингу підземних вод (06.2020 - 05.2021 дані надано наданих Мішкольским Університетом) була вдосконалена гідрогеологічна модель. Доведена її функціональна відповідність природно-антропогенним умовам. Значним чином поповнена база даних для подальших досліджень.

Основними джерелом вихідних даних для схематизації природних умов послужив звіт про раніше проведені дослідження та вихідні дані створеної попередньої моделі (Шестопапов та ін., 2008) та база даних інтегральної геологічної моделі Солотвинської структури (Shekhunova et al., 2015, 2021)

На основі детального аналізу базової гідродинамічної моделі Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій визначено її елементи, що потребують уточнення і доопрацювання.

Для створення геофільтраційної моделі території Солотвинського родовища було використано програмний комплекс MODFLOW з графічною оболонкою ModelMuse, який являє собою систему моделювання фільтрації та міграції підземних вод.

Перш за все, на базі аналізу вихідних геологічних даних та інтегральної геологічної моделі Солотвинської структури (Shekhunova et al, 2015), була побудована концептуальна модель досліджуваної території. При цьому були враховані та схематизовані наступні водоносні горизонти та геологічні формації:

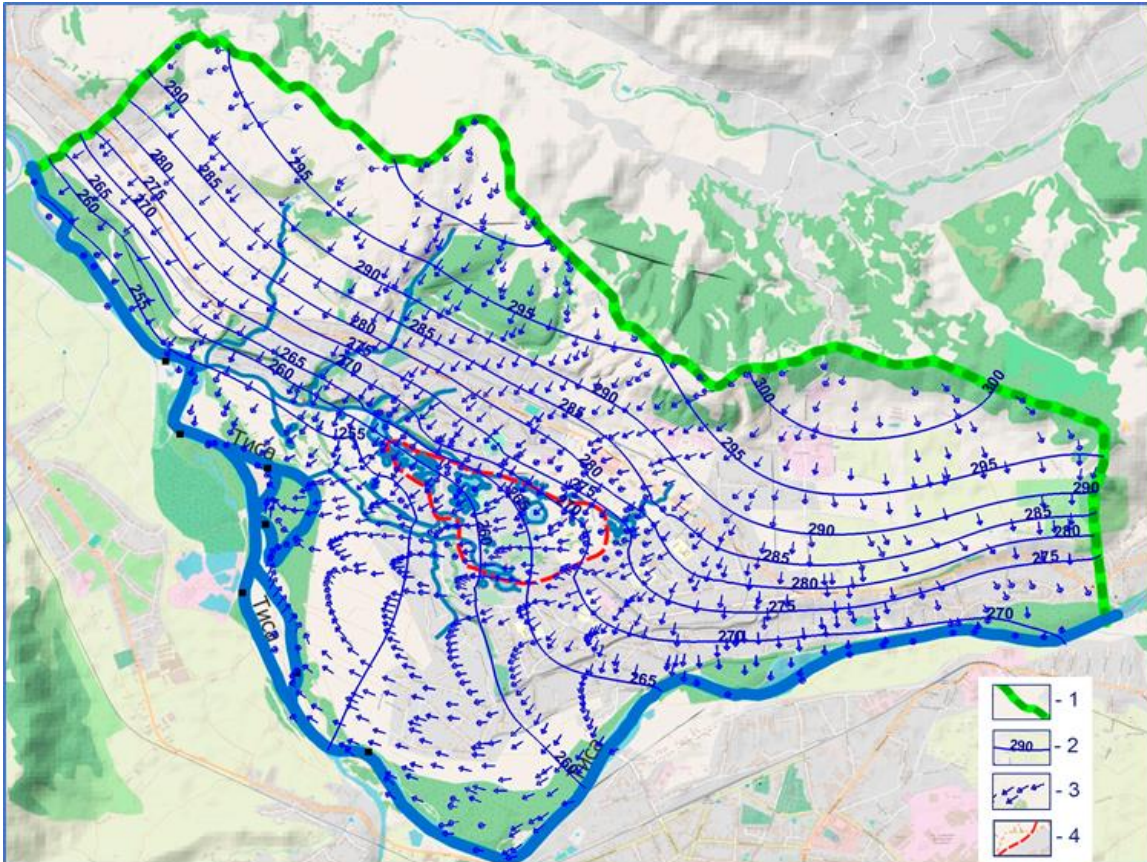
- водоносний горизонт четвертинних відкладів заплави р. Тиса та надзаплавних терас, представлених різноманітними валунно-галечниковими відкладами з різними зонами значень коефіцієнтів фільтрації;
- роздільний шар між четвертинними відкладами та ділянками соляного штоку, представлений темно-сірими глинами «палаг»;
- водоносний горизонт у карстових виходах солянокупольної структури під алювіальні відклади (кам'яна сіль перекрита «палагом» з гідравлічними «вікнами»);
- водоносний горизонт у перешаруваннях тріщинуватих аргілітів, пісковиків, туфів, (солотвинська світа) рис. 3;
- практично водонепроникна структура — соляний шток (кам'яна сіль світло-сіра та сіра терблянської світи) рис. 4.

Для обґрунтування контурів та граничних умов моделі за допомогою цифрової моделі рельєфу були побудовані лінії вододілів. Границі моделі, в основному, вибиралися вздовж вододілів гірського Магурського хребта та контуру ріки Тиса. Це є відмінністю від попередньої моделі Солотвинського родовища, яка охоплювала більшу площу ділянки межиріччя Тиса - Апшиця з гірський хребтом. Розрахункова сітка була створена в межах вибраного контуру. Площа модельної області становить 24,6 кв.км. Розмір розрахункових блоків коливається від 50 м по площі моделі до 25 м для апроксимації річок та території прилеглої до соляного діяпіру, що потребують більш детального вивчення.

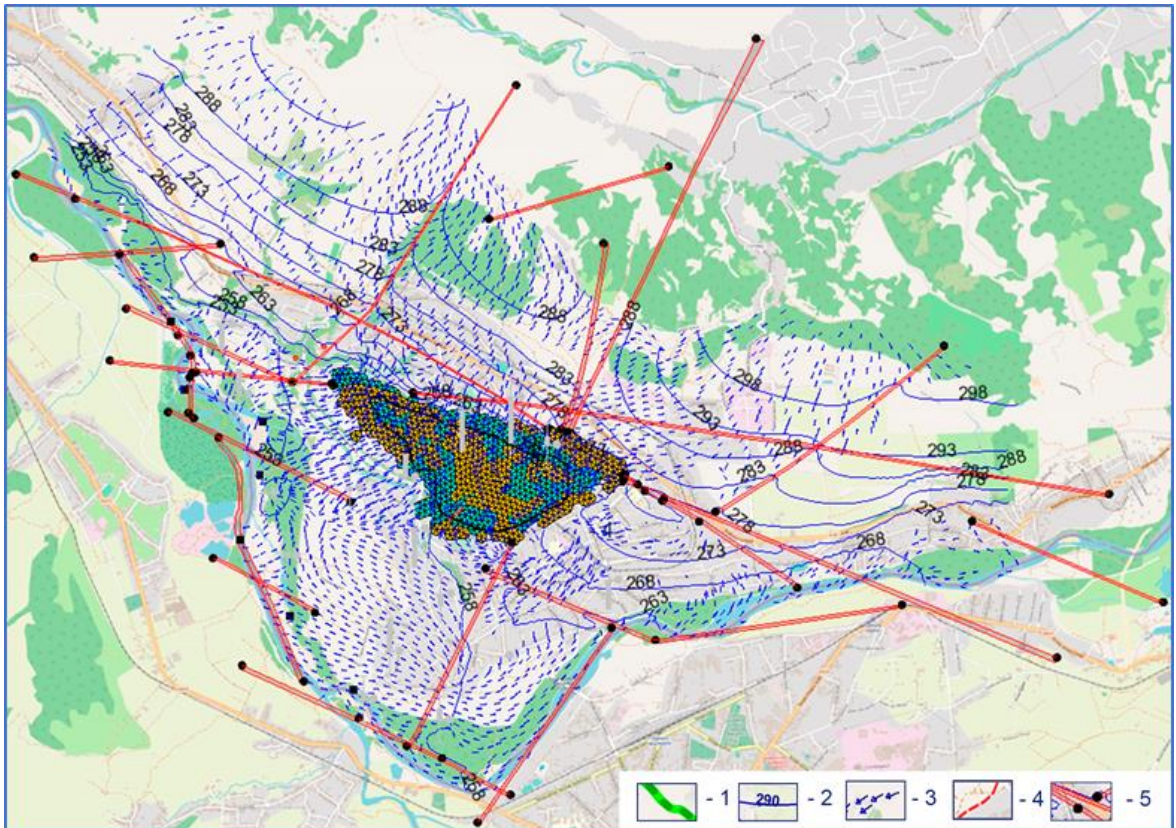
З метою урахування можливого розповсюдження соляних розсолів та їх впливу на якість ґрунтових вод на території прилеглої до соляного штоку, були проведені розрахунки ліній течії просування інертного забруднювача.

Розвинутий графічний інтерфейс дозволяє візуалізувати вектори швидкостей, ізолінії напорів підземних вод, лінії течії на будь-який розрахунковий часовий період, зберігати зображення у вигляді мап для подальшого використання (Рисунки 51, 53).

З метою врахування на моделі системи тектонічних порушень, що задавалися на моделі шляхом підвищення коефіцієнту фільтрації в тріщинуватому водоносному горизонті до 1м/добу в вузьких зонах, що відповідають розломам (тектонічним порушенням). Розрахункові експерименти показали, що наявність таких зон на моделі достатньо суттєво впливає на розрахункову гідродинамічну картину, навіть у верхньому водоносному горизонті четвертинних відкладів. Викривлення модельних ліній току свідчить про посилення водообміну на ділянках тектонічних порушень (Рисунки 52, 54). Це може пришвидшувати та інтенсифікувати процеси розповсюдження засолених підземних вод у водоносних горизонтах.

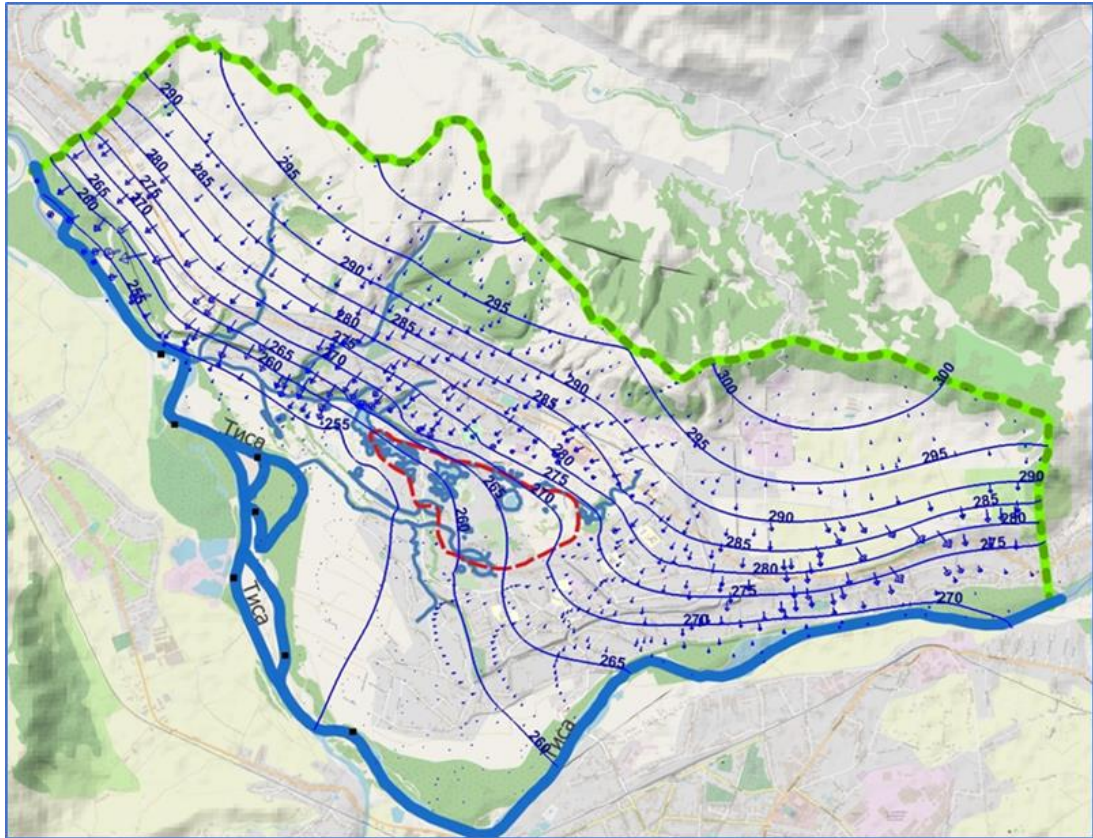


**Рис. 51.** Гідродинамічна модель Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій – вектори дійсної швидкості потоку та ізолінії рівня підземних вод четвертинного водоносного горизонту: 1 – вододіл; 2 – ізолінії рівня підземних вод; 3 – векторами дійсної швидкості потоку; 4 – контур солянокупольної структури по поверхні аллювіальних відкладів.

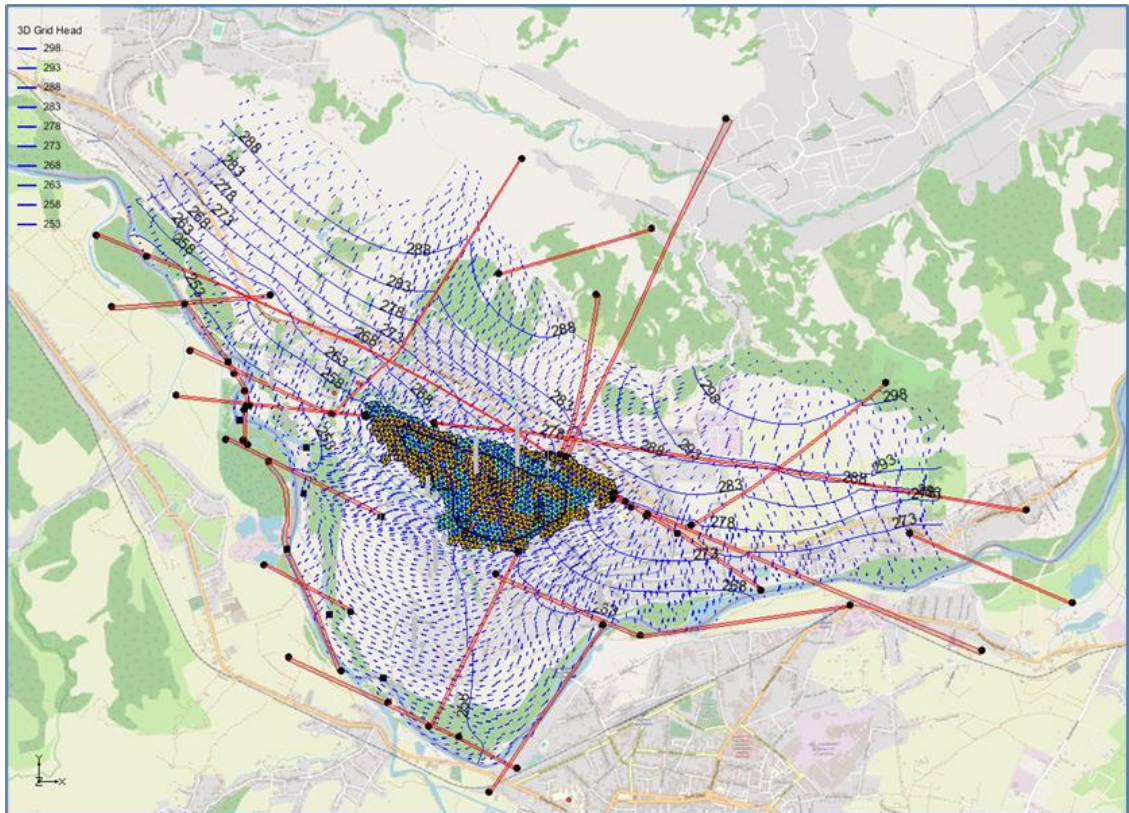


**Рис. 52.** Гідродинамічна модель Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій – вектори дійсної швидкості потоку та ізолінії рівня підземних вод четвертинного водоносного горизонту (з урахуванням тектонічних порушень різного рангу): 1 – вододіл; 2 – ізолінії рівня підземних вод; 3 – векторами дійсної швидкості потоку; 4 – контур солянокупольної структури по поверхні алювіальних відкладів; 5 – тектонічні порушення (розломи)



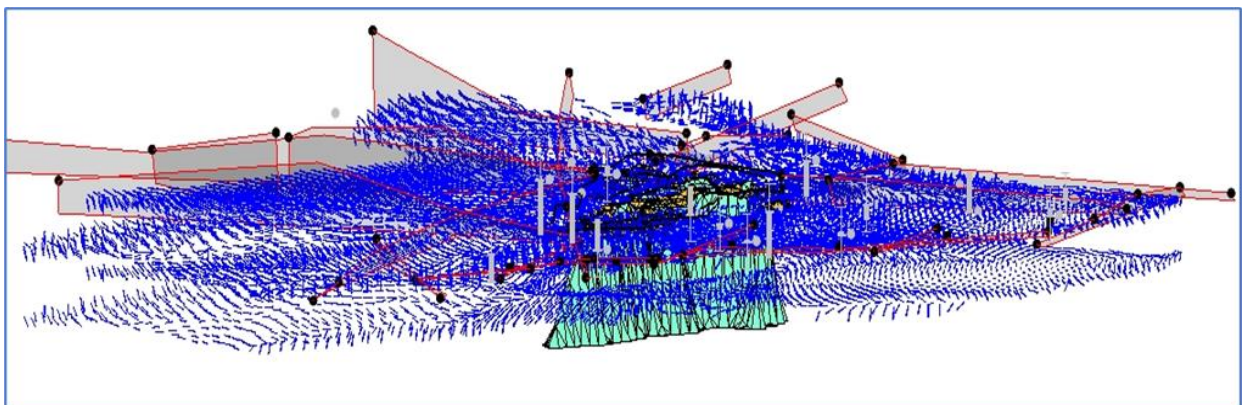


**Рис. 53.** Гідродинамічна модель Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій – вектори дійсної швидкості потоку та ізолінії рівня підземних вод торонського водоносного горизонту (див. умвні позначення на рис. 51)



**Рис. 54.** Гідродинамічна модель Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій – вектори дійсної швидкості потоку та ізолінії рівня підземних вод тортонського водоносного горизонту (з урахуванням тектонічних порушень різного рангу) (див. умовні позначення на рис. 52)

Схематична тривимірна візуалізація гідродинамічної моделі – співвідношення в просторі соляного штоку та двох водоносних горизонтів Четвертинного і Тортонського у формі векторів руху підземних вод та з відображенням тектонічних порушень досліджуваної території (Рисунок 55).



**Рис. 55.** Фрагмент гідродинамічної моделі – співвідношення в просторі соляного штоку та двох водоносних горизонтів четвертинного і тортонського у формі векторів руху підземних вод та з відображенням тектонічних порушень

## Висновки

- Розроблена модернізована гідродинамічна модель Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій, яка включає інформацію про три водоносні горизонти на основі оновленої геологічної бази даних (детальна геологічна будова поверхні соляного купола та літології надсольових відкладів) з урахуванням тектонічних порушень (розломів).
- Гідродинамічне моделювання з урахуванням тектонічних порушень (розломів) в моделі показало викривлення модельних ліній току, що свідчить про посилення водообміну на ділянках тектонічних порушень. Це може пришвидшувати та інтенсифікувати процеси розповсюдження засолених підземних вод у водоносних горизонтах.
- В результаті перевірки відповідності створеної математичної моделі природним гідрогеологічним умовам ділянки дослідження шляхом розв'язання низки обернених задач встановлено, що гідродинамічна ситуація, відтворена на моделі, з достатньою вірогідністю відображає природні умови, а отже, отримана модель може бути використана для вирішення практичних завдань.
- Головною особливістю моделі є використання розрахункового блоку LPF, завдяки якому вирішується фільтраційна задача в дійсно тривимірній постановці, а не в квазі-тривимірній, як це було реалізовано у попередніх роботах. Це обумовило максимально точно, наскільки це дозволяли наявні вихідні дані, відображення геометрії розрахункових шарів (абсолютних відміток покрівлі та підшви водоносних горизонтів та роздільних водотривких шарів). Створена модель дозволяє з достатньою ступінню вірогідності спрогнозувати напрям руху та дійсну швидкість підземних вод у часі.
- Створену модернізовану гідродинамічну модель можливо використати як основу для побудови наступних міграційних моделей масопереносу у підземних водах для більш детального вивчення проблеми засолення водоносних горизонтів та їх взаємодії із соляними відкладами Солотвинського родовища.
- Створено модернізовану гідродинамічну модель Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій, яка включає інформацію про п'ять шарів (геологічних одиниць - пластів) з картами векторів дійсної швидкості потоку, ізоліній рівня підземних вод для двох водоносних горизонтів (четвертинного і торгонського) з урахуванням і без урахування тектонічних порушень різного рангу, що дозволило визначитися з мережею

моніторингових гідрологічних постів та гідрогеологічних свердловин, оптимально необхідних для інформативного та достовірного моніторингу (див. підрозділ 3.9.3, рис. 70).

- Моніторинг змін якості води на постмайнінгових територіях є дуже важливим для захисту водних ресурсів. Комплексна система моніторингу якості води має важливе значення для екологічного менеджменту на постмайнінгових територіях. Вона дозволяє оцінювати показники якості води. Таким чином, небажані впливи можна виявити на ранній стадії та усунути.
- Постійнодіюча гідродинамічна модель як елемент рекомендованої системи комплексного моніторингу має стати інструментом управління використанням природних ресурсів смт Солотвино – рапи та покладів кам'яної солі.

#### Рекомендації

- Взяти розроблену гідродинамічну модель як основу постійно оновлюваної гідродинамічної моделі як елемента комплексної системи моніторингу Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій з метою сталого управління та використання природних ресурсів.
- Гідродинамічна модель стала основою для визначення кількості та просторового розміщення мережі моніторингових гідрологічних постів та гідрогеологічних свердловин відповідно до розробленого плану системи моніторингу та режиму спостережень (див. підрозділ 3.9.3., рис. 70).

### 3.7. Моделювання процесів розповсюдження

Щоб побудувати модель розповсюдження, ми використали попередні концептуальні та детальні гідродинамічні моделі, представлені в попередніх розділах, але моделювали її з урахуванням власного розуміння процесів насичення.

Система створена з використанням системи проєкції Universal Transverse Mercator (UTM) 34N WGS84 на основі попереднього досвіду, частково для забезпечення сумісності з попередніми моделями та частково для максимального спрощення у використанні вже наявної інформації про локацію.

П'ять шарів були включені в модель таким чином, щоб найкраще відтворити реальні умови. Модель складається з таких шарів:

Шар 1. Піщано-гравійний плейстоценовий водоносний горизонт і верхній шар міоценових утворень гори Магура на північному боці.

Шар 2. Глинистий водоносний рівень "паллаг" і середній рівень міоценових утворень гори Магура на північному боці.

Шар 3. Верхній рівень соляного купола з неглибокими порожнинами соляних шахт і навколишніми міоценовими утвореннями, включаючи поклади гори Магура на сході.

Шар 4. Середній рівень соляного купола з глибокими порожнинами соляних шахт (шахти № 8 – № 10) та навколишніми міоценовими відкладеннями, включаючи поклади гори Магура на півночі.

Шар 5. Неушкоджений глибинний шар соляного купола та ущільнені глибокі міоценові утворення довкола нього, включаючи поклади від гори Магура у північному напрямку.

Отже, модель змогла вловити форму атома соди до -200 mVf. Зважаючи на те, що гідродинамічна потужність пластів зменшується з глибиною, не враховувалися бічні й верхові припливи та потоки на великих глибинах і було висунуто припущення, що дно моделі є непроникним. Це є незначною похибкою з точки зору водного балансу системи.

Граничні поверхні шарів, використаних під час моделювання, показані на **рис. 56**.

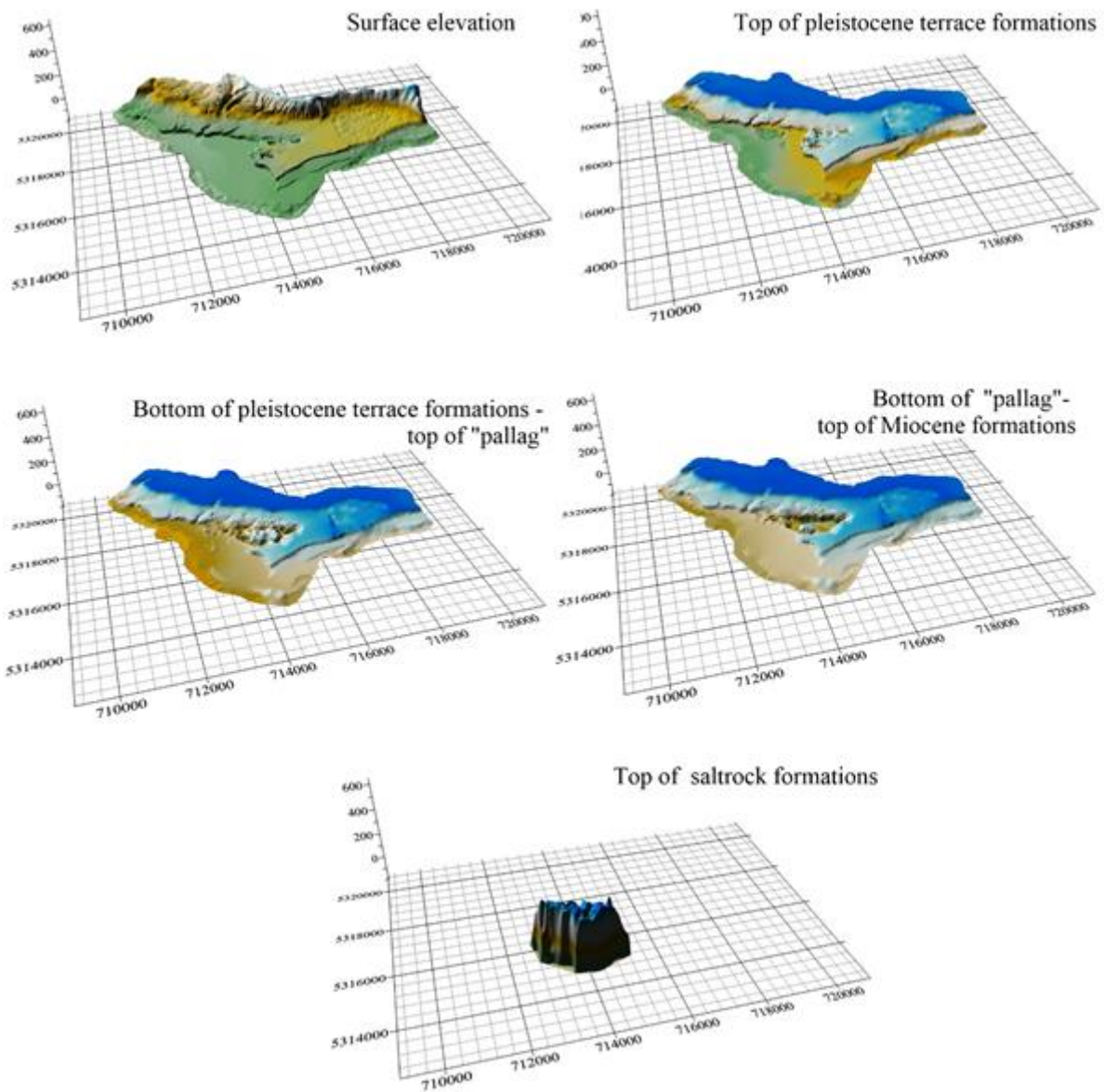
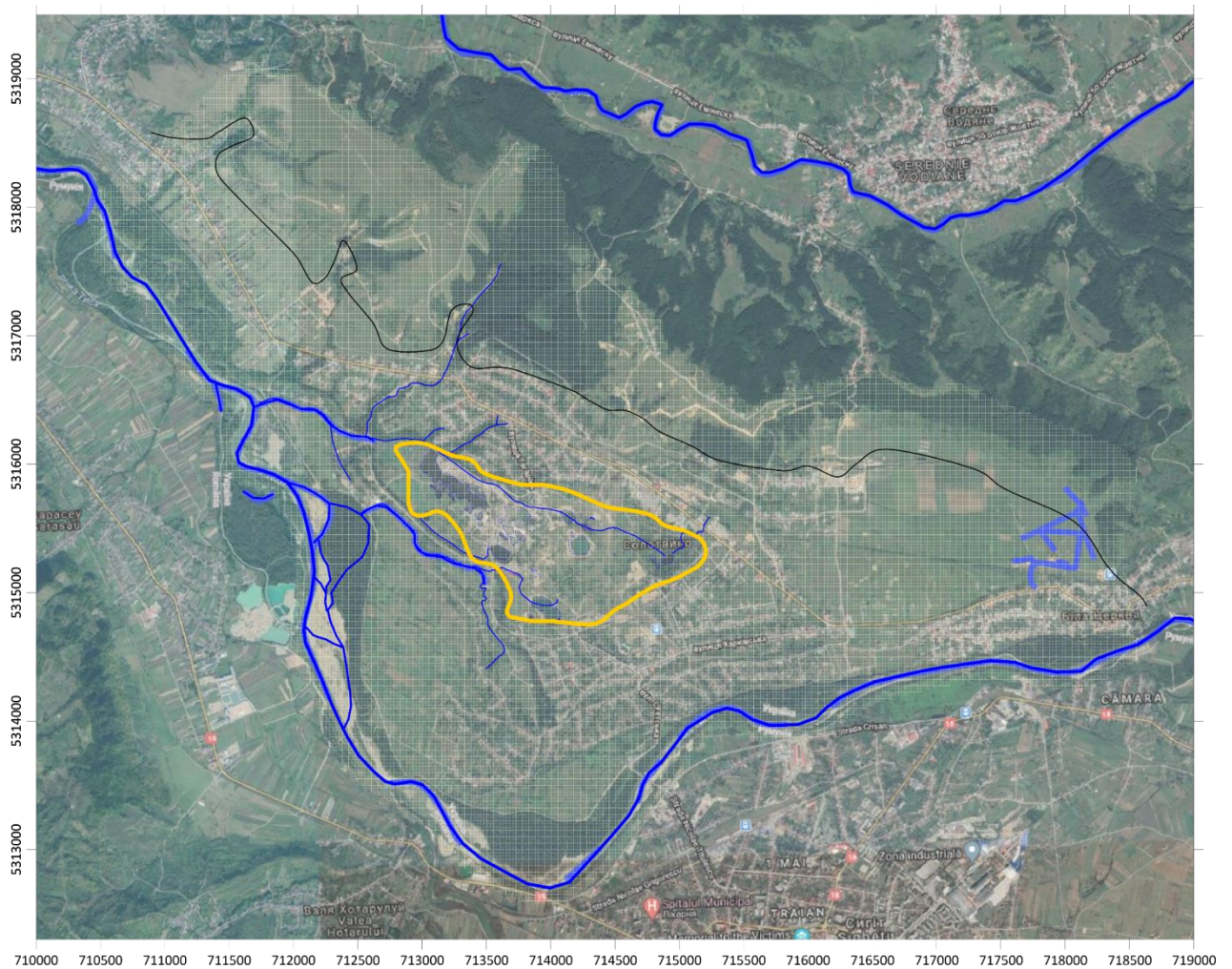


Рис. 56: Геометрія ґрунтових тіл з урахуванням моделювання переміщення солі

Для забезпечення сталих результатів розрахунків моделі розповсюдження по всій площі нанесено еквідистантну сітку 25x25 м. Площа моделювання становила 8500 x 7000 м між координатними осями  $X = 710180 - 718680$  і  $Y = 5312350 - 5319350$  вищезгаданої проєкції WGS84 UTM 34N. Таким чином, модель складалася з 340x280 елементів у кожному шарі (Рис. 57).

У моделі гідравлічні параметри задані в різному режимі для кожного шару. Властивості шару тераси були апроксимовані завдяки постійному коригуванню поля параметрів і формації гори Магура, але з урахуванням зменшення гідравлічної провідності з глибиною. Властивості шару

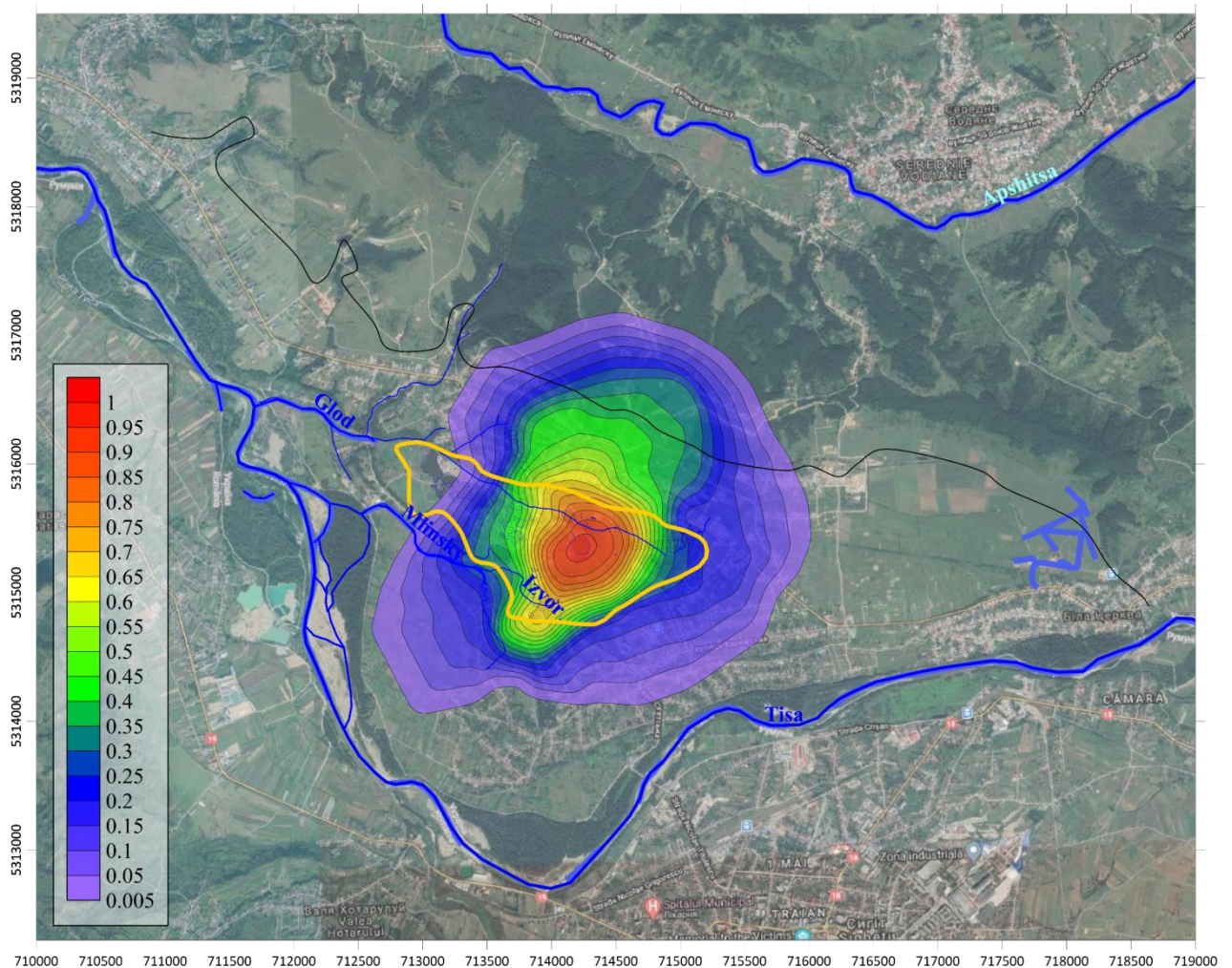
«палаг» визначаються кількома процесами. Процес його утворення найкраще відстежувати над соляними каменями в центрі купола, але, ймовірно, його також можна відстежити досліджуючи ділянки далеко від соляного купола. Також відомо, що в неглибоких шахтах (шахти 1-7) відбулося просідання ґрунту (**Рис.58**) через обвалення підземних шахтних камер, що призвело до утворення соляних шахтних озер.



**Рис. 57.:** Сітка моделі розповсюдження

У результаті обвалу соляної шахти в районі озера, стабільність «палага» була порушена, і це зумовило його послаблення. Існуючий зв'язок між підземними водами, що містяться в соляних породах, і в гравійних формаціях, що лежать вище, було змодельовано шляхом зменшення показників гідравлічної електропровідності шару «палаг» та з урахуванням даних про ступінь просідання. На основі карт зміщення ґрунту, опублікованих Трофимчуком та ін. у 2020 році, ми також змінювали

гідравлічну провідність «паллага» в області соляних куполів (рис. 58), припускаючи, що там, де процес розчинення солі вищий, опускання відбувається швидше, а зв'язок між неглибоким водоносним шаром і ґрунтовими водами, що присутні в соляному куполі, швидше і легше встановити. Крім того, слід враховувати, що солоня вода, яка просочується вертикально крізь «палаг», може призвести до флокуляції та, як наслідок, збільшення проникності структури глини. Таким чином, гідравлічна провідність «палагу» поступово збільшувалася як через вплив соляних озер, що утворилися над порожнинами шахти, так і шляхом максимально швидкого просідання ґрунту понад 10 мм/рік. У цих місцях очевидна можливість гідравлічного зв'язку між водою, що накопичується в соляних озерах, і водою гравійного комплексу.



**Рис. 58** Швидкість осідання ґрунту поблизу Солотвина розглядається як фактор зміцнення гідравлічного контакту (Трофимчук та ін. 2020)



Більшість міоценових утворень є шарами з високим ризиком просідання, які складаються з глин і алевритів, а також туфів і піщаних рівнів. Просочуванню всередині міоценових утворень перешкоджає гірша водопровідність соляних порід, але навколо соляного купола відбувається безперешкодне просочування в усіх напрямках у межах кожної формації. Звичайна анізотропія не застосовується до цих утворень через великий нахил, і в моделі ці утворення розглядалися як блоки з низькою анізотропією.

Шари Міоценового періоду, що знаходяться в напрямку на південний захід від соляного купола, насичуються солоними водами, залежно від якості глинистого покриву, та є потенційно нестабільними через відкриті тектонічні зони. Частково завдяки цим міоценовим шарам частина солоної води може просочуватися вглиб і вириватися на поверхню лише в областях, віддалених від тіла соляних порід. Тому міоценові формації відіграють складну роль у системі.

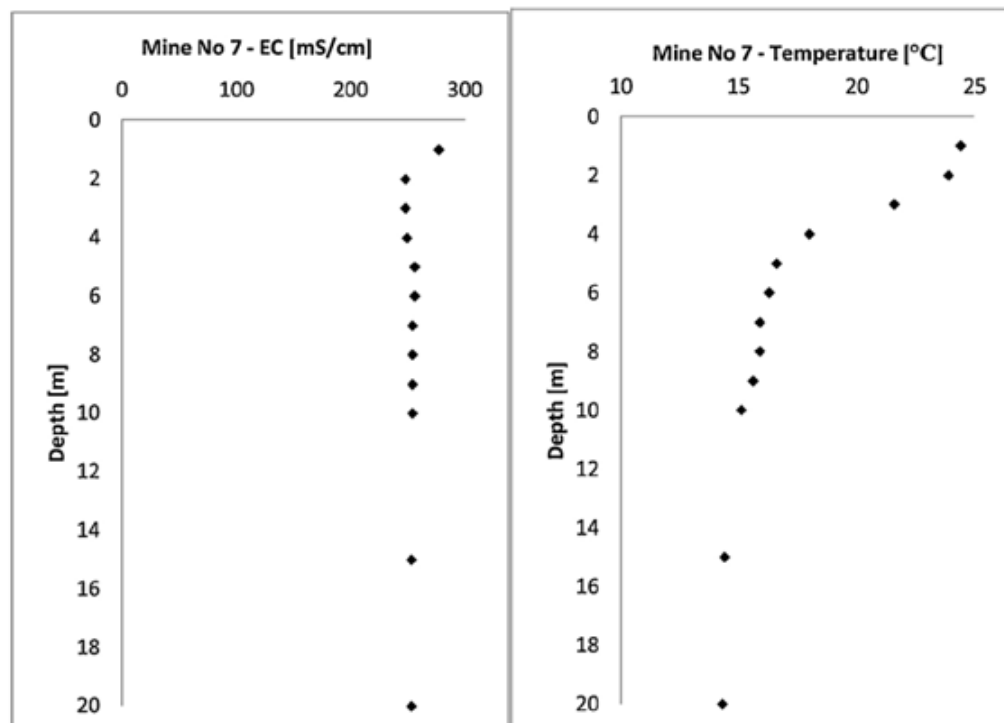
Неушкоджені соляні породи є найменш проникними в системі, але відомо, що як глибокі, так і мілкі шахти були заповнені водою, тому сіль розчиняється внаслідок проникнення прісної води. Розчинення починається поблизу розломів, і гідравлічна провідність у їх зоні поступово збільшується внаслідок безперервного розчинення сольових тіл поблизу. Таким чином, цей процес розчинення солей, здається, неможливо зупинити, якщо система поповнюватиметься прісною водою.

У моделі гідравлічна провідність неушкоджених соляних порід є однаковою незалежно від глибини, але навколо та безпосередньо в прилеглих до камер глибоких шахтах №8-№10, провідність є на порядок вищою, ніж у неушкодженій породі. Середня «пористість» навколо камер збільшується до 0,7-0,8, залежно від розміру елемента. Зміна гідравлічної провідності ще більша в неглибоких шахтах, де розчин спричинив руйнування та утворення порожнин, а потрапляння туди води майже безперешкодне, в той час як в інших шахтах, де цього не сталося (наприклад, шахти № 5 та № 6), гідравлічна провідність також збільшується.

Умови течії важко оцінити за рівнями води, оскільки щільність солоної води вища, ніж прісної, тому рівні солоної води в шахтах дещо нижчі, ніж у навколишній прісній воді, але це вказує на той самий гідравлічний потенціал.

Концентрація солі приблизно 7,5% в озері Дельфін (виміряна Geogold Kárpátia Ltd.) відповідає щільності 1,052 г/см<sup>3</sup>, тобто нижчий на 5-6% стовп солоної води може збалансувати стовп прісної води. Вимірювання електропровідності у стовбурах шахти показують значення 250 μS/см, що може вказувати на концентрацію солі до 300-350 г/л (359 г/дм<sup>3</sup> при 25 °C), тобто вода у зоні стовбура шахти повністю або майже насичена.

Крім того, якщо ми досліджуємо показники електропровідності на глибині та температуру кожної шахти, ми бачимо, що показники електропровідності для шахти № 7 мають сталі значення 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Рис. 59, верхні діаграми). Це означає, що коли озеро не має зв'язку з зоною шахти, утворюється безперервний висхідний потік насиченого розсолу, який потім переміщується або може бути переміщений далі латерально вниз по градієнту внаслідок бічного просочування. Вищий показник електропровідності біля поверхні виникає в результаті температурних коливань.



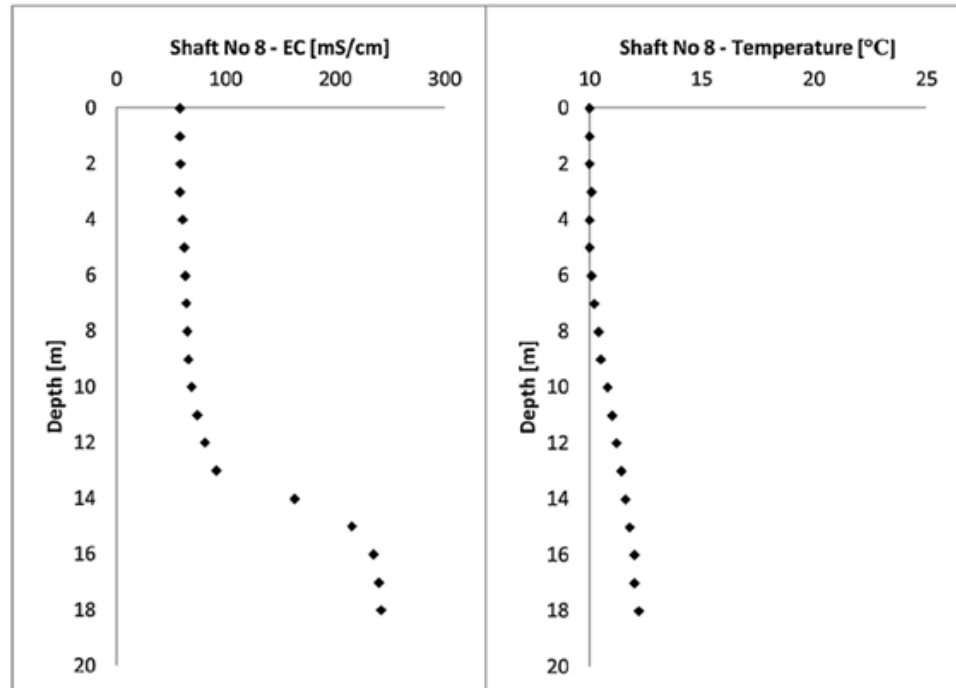


Рис. 59 : показники електропровідності та температури в шахтних стовбурах №7 та №8 (Stoeckl та ін., 2020)

Якщо порівняти це з показниками електропровідності шахти № 8 (рис. 59, нижні діаграми), то можна побачити, що рівень електропровідності нижчий у приповерхневій зоні, яка різко підвищується з глибиною. Це вказує на те, що у цей час через стовбур шахти № 8 немає викиду солоної води; вода в шахті має сталу температуру, але вона розбавляється внаслідок просочування підземних вод з країв біля поверхні. Таким чином, у цьому регіоні неглибокий потік підземних вод не зазнає значного соляного навантаження.

Отже, результати вимірювання електропровідності вказують на те, чи функціонує захисний шар "палах" і чи гідродинамічно пов'язана зазначена формація або зона шахти з неглибоким водоносним горизонтом. Усі ці відомості були використані під час моделювання.

Інфільтрацію було застосовано до моделювання за допомогою зонування (Рис. 60). На крутіших схилах гори Магура передбачався більший поверхневий стік, а отже, менша інфільтрація. Процес інфільтрації гальмується середньо-низькою провідністю утворень, але посилюється в результаті великої кількості опадів 1000-1200 мм/рік, що є типовим явищем для регіону. Остаточні значення залишкової інфільтрації були визначені під час калібрування.

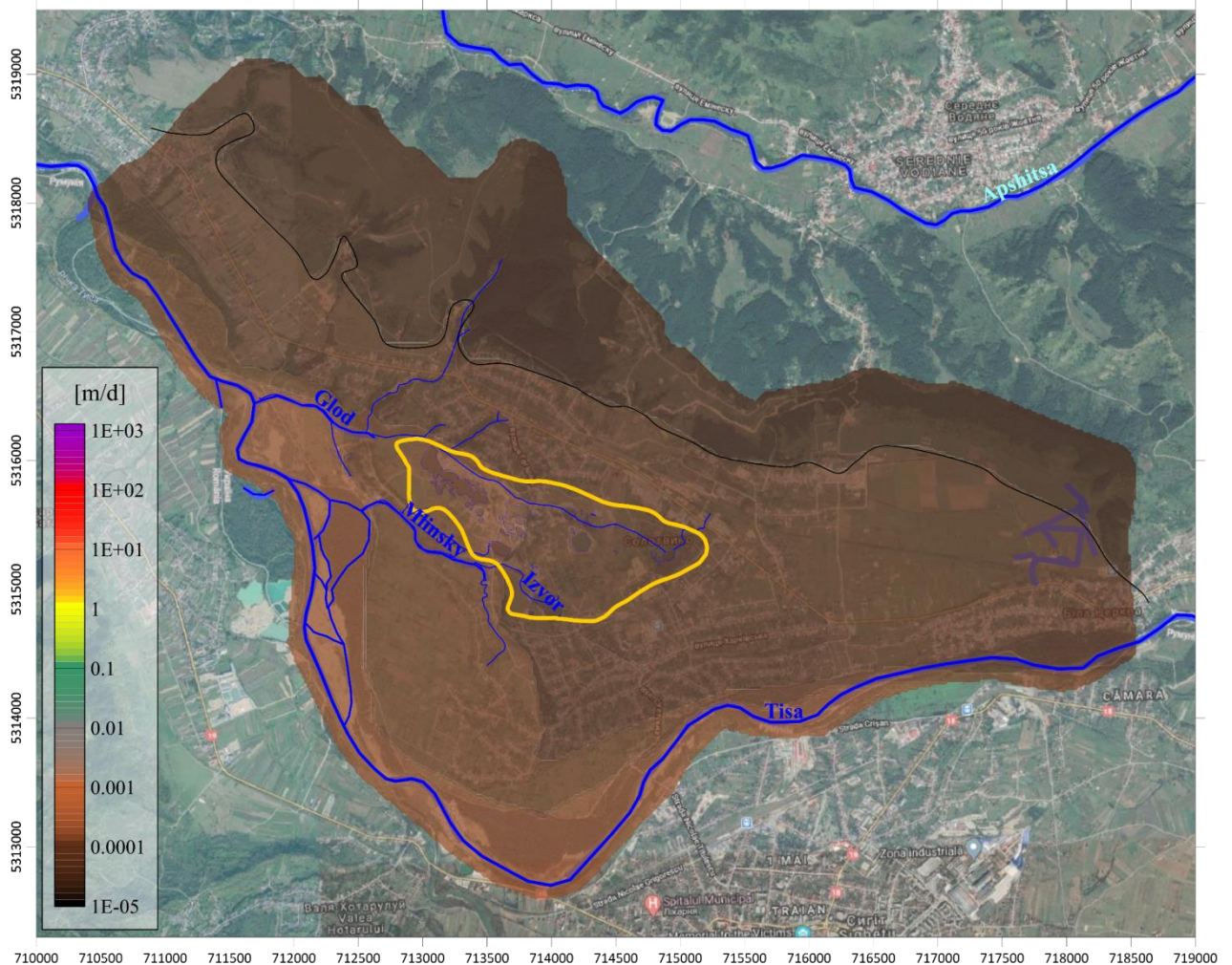


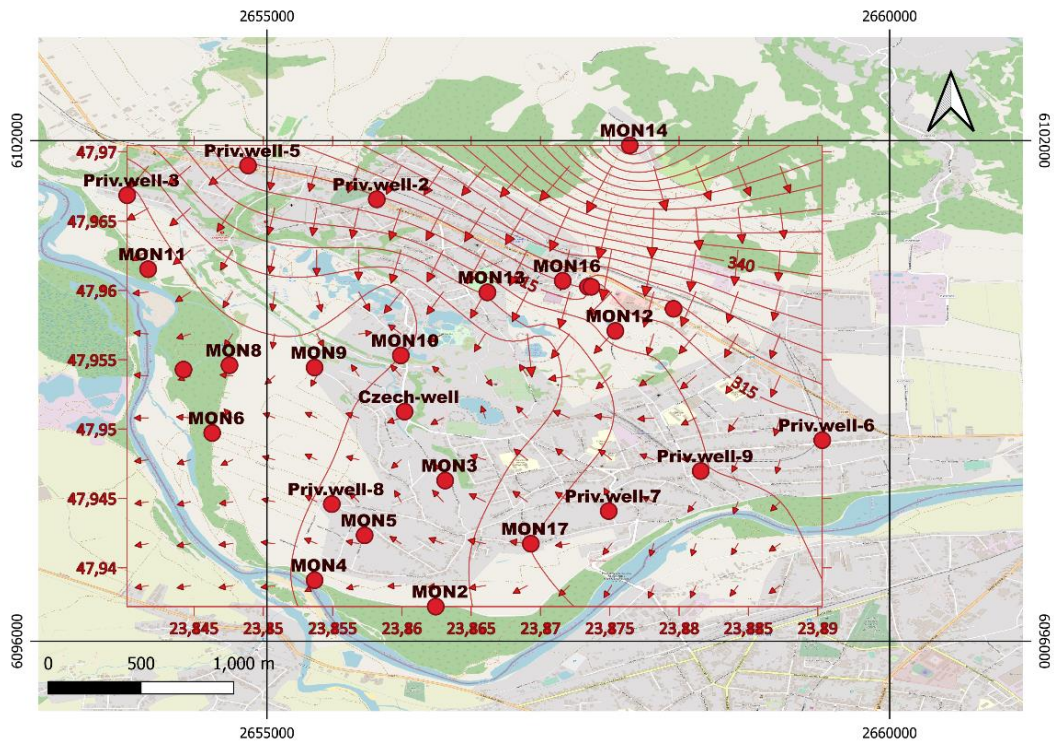
Рис. 60 Швидкість потрапляння у ґрунтові води

Найбільша річка регіону Тиса була адаптована до моделі з річковим пакетом із середньою шириною 45-50 м і рівнями води 280 м н.р.м. (на вході) та 249 м н.р.м. (на виході). Середній рівень води в річці – 2 м. Інформація про річку взята з даних співробітників ІГН НАНУ.

Як і у попередніх моделях, інші водотоки та струмки були змодельовані як дренажі. На досліджуваній території струмки протікають по невеликих заглибинах у корінних породах, таким чином стікаючи у верхні ґрунтові шари, поповнюючи ґрунтові води. При низькому рівні ґрунтових вод, земля поглинає струмки, тому всі вони, а не лише Глод і Млинський, були відображені у системи.

Розподіл рівнів ґрунтових вод на території базувався на вимірюваннях рівня води Geogold Kárpátia Ltd. (Рис. 61) та попередніх моделях ІГН НАНУ.

Ми виявили 4 експлуатаційні свердловини у плейстоценовому водоносному горизонті. Потенціал кожної свердловини становить 375 м<sup>3</sup>/добу. Щодо розташування та потенціалу свердловин використовувалися дані ІГН НАНУ.

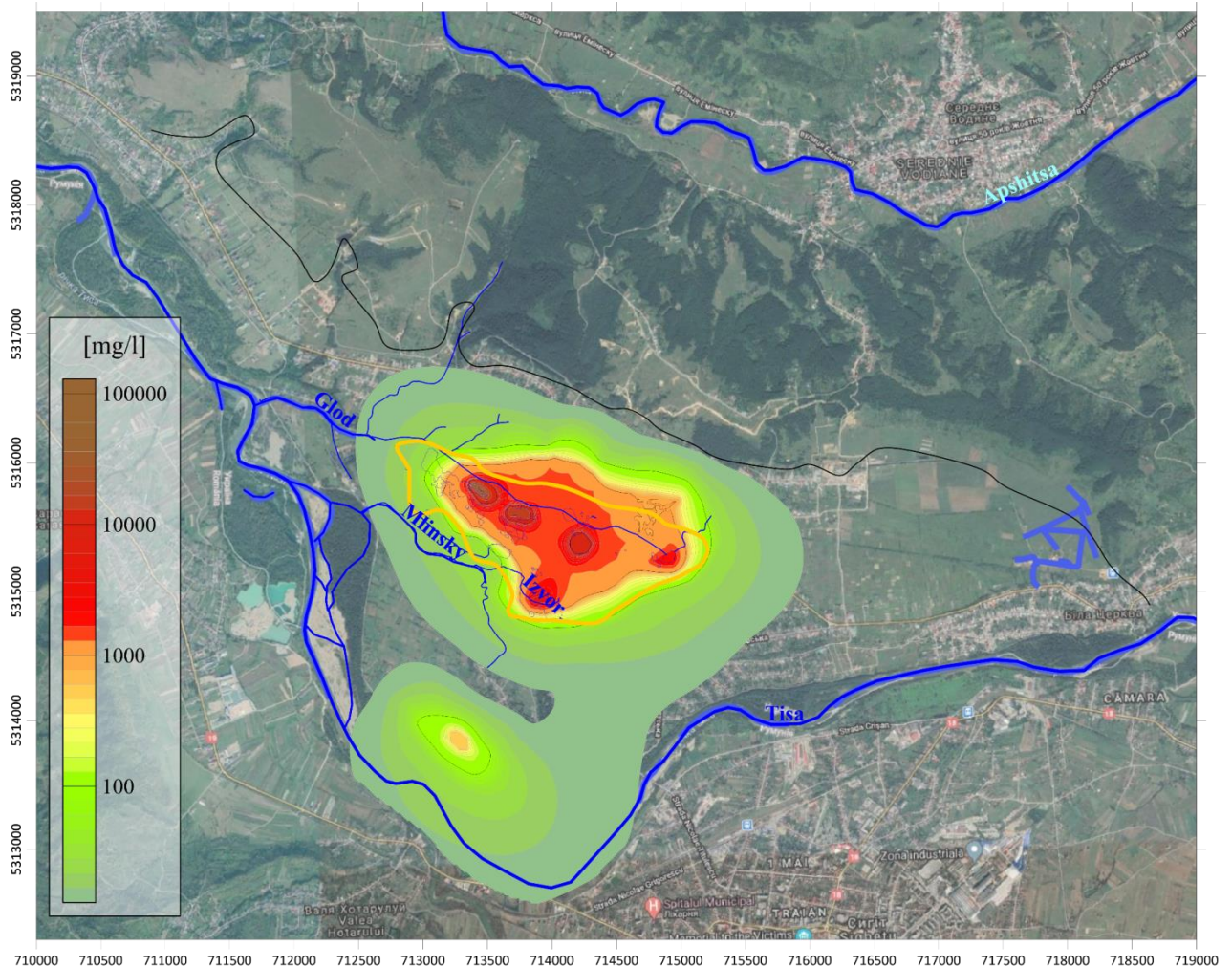


**Рис. 61.** Карта потенціалу стоку підземних вод на основі вимірювань у період з липня 2020 року по жовтень 2021 року (Geogold Kárpátia Ltd, 2021)

Модель розповсюдження солоних розчинів була побудована з використанням коду SEAWAT, розробленого USGS. Код був використаний для дослідження розповсюдження іонів хлориду, враховуючи обмеженість інформації про розподіл концентрацій різних компонентів, параметри окремих гірських утворень і багато факторів, які впливають на процеси поширення. Таким чином, створена модель розповсюдження солоних розчинів потребує подальшого доповнення, удосконалення за допомогою нових даних, калібрування та перевірки в майбутньому. Модель розповсюдження солоних розчинів у її існуючому вигляді є приблизною; результати моделювання слід сприймати з належною обережністю.

Первинні концентрації в системі визначаються концентрацією насиченого соляного розчину в розгалуженнях шахти, тоді як розподіл концентрації в неглибокому водоносному горизонті береться з концентрацій, виміряних у моніторингових колодязях і озерах. Первинний розподіл концентрації

базується на певних припущеннях і гіпотезах. Щоб намалювати точну карту, потрібно більше рівномірно розподілених точок моніторингу з охопленням більших територій (**Рис. 62**).



**Рис. 62** Гіпотетичний останній розподіл концентрації хлоридів у підземних водах на основі даних вимірювання їх концентрації та показників електропровідності в озерах, шахтах і моніторингових колодязях

На підставі цього рішення було зроблено припущення, що солоні озера пов'язані з водою шару тераси через інфільтрацію, тоді як для прісноводних озер припускався баланс між поверхневими та підземними водами. Розподіл точок відображає місцеві умови і, очевидно, не є повним відображенням фактичного розподілу концентрації, тому при створенні карти в деяких місцях рівень концепції базується на припущеннях.

Передбачалося, що концентрація хлоридів є низькою на горі Магура і в глибших шарах міоцену. Під час розрахунків враховувалося лише адвективне та дисперсійне розповсюдження, оскільки іони хлоридів не є адсорбуючими і нерозчинними компонентами, тому процеси сорбції та деградації в

системі незначні або взагалі не відбуваються.

Адвективне розповсюдження забруднюючих речовин розраховували за допомогою гібридного потокового методу (Гібридний метод характеристик, НМОС). Метод характеризується тим, що у випадку значних коливань концентрації, використовують звичайний розчин МОС з великою кількістю частинок, тоді як у місцях з меншою змінною концентрацією, застосовують модифікований метод характеристик (ММОС), таким чином поєднуючи переваги обох методів.

Розв'язок системи рівнянь, згенерованої методом НМОС, проводився за допомогою гібридного алгоритму Ейлера першого порядку та Рунге-Кутта четвертого порядку, як функції локальних градієнтів концентрації. Число Куранта дорівнювало 0,75, що означає запобігання переміщенню забруднюючої частинки на відстань більшу, ніж одна клітина протягом заданого часового проміжку, тобто пропускну здатність елементів у моделі.

Виникнення фіктивних потоків забруднюючих речовин (під час водостоку) на моделі через числові помилки, що з'являються в результаті необхідності дотримання умови збереження маси, може спричинити нестабільність, яка урівноважується за допомогою елементів фіксованої концентрації (постійна нульова концентрація) на межах моделі (наприклад, район річки Тиса) (рідина не перешкоджає руху забруднюючих речовин до межі, а навпаки, в принципі, прискорює процеси розповсюдження за рахунок можливого збільшення градієнтів концентрації).

Використання гібридного методу характеристик, заснованого на лінеаризації рівняння переносу, було здійснено з метою зменшення чисельних похибок у системі результатів та використання фіксованих (постійних) елементів концентрації. Це зменшило абсолютне значення числових похибок, забезпечуючи подвійний захист.

Щоб зменшити чисельні похибки, ми вже використовували рівномірну сітку (розміри комірки 25x25 м) у гідродинамічному моделюванні. Це полегшило роботу з оптимізації моніторингу переміщення часток у часі та зменшення числових похибок внаслідок зменшення кількості ітерацій, а також для прискорення обчислень.

Дисперсія досліджуваних забруднюючих речовин в основному визначається феноменом розсіювання, ефект дифузії має набагато менше значення. Параметром, що характеризує дифузію, є ефективна константа молекулярної дифузії. Характеристикою, що описує гідродинамічну дисперсію, є дисперсія [м], яка, помножена на швидкість витoku [м/д], що в результаті дозволяє визначити константу гідродинамічної дисперсії [м<sup>2</sup>/д].

При визначенні дисперсійних властивостей ми враховували вимірювання зроблені компанією

Altair Inc., яка досліджувала властивості розповсюдження у зразках «паллах» (Рис. 63).

Оскільки дифузійні потоки переміщення є підпорядкованими, значення точної ефективної константи дифузії не впливає на результат, тому для всієї системи було розраховано ефективну константу дифузії  $5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{д}$ . Для визначення дисперсності була задана дисперсія 0,35 м для більш грубих плейстоценових утворень, 1 м – для дрібнозернистих глинистих ("паллах") утворень і 0,5 м – для міоценових утворень. Горизонтальна поперечна дисперсія була встановлена на одну десяту поздовжньої дисперсії, а вертикальна поперечна дисперсія – на одну двадцяту поздовжньої дисперсії. Змінювані елементи річки Тиса були адаптовані до моделі за допомогою підвищених значень дисперсії на березі річки. Оскільки напрямок і швидкість потоку в кожній комірці незмінні за часовими параметрами (постійний потік), але природно змінюються від комірці до комірці, в розрахунках, які ми робили, використовувався сталий часовий параметр, але просторове поле параметра дисперсії в кожному елементі моделі змінне.

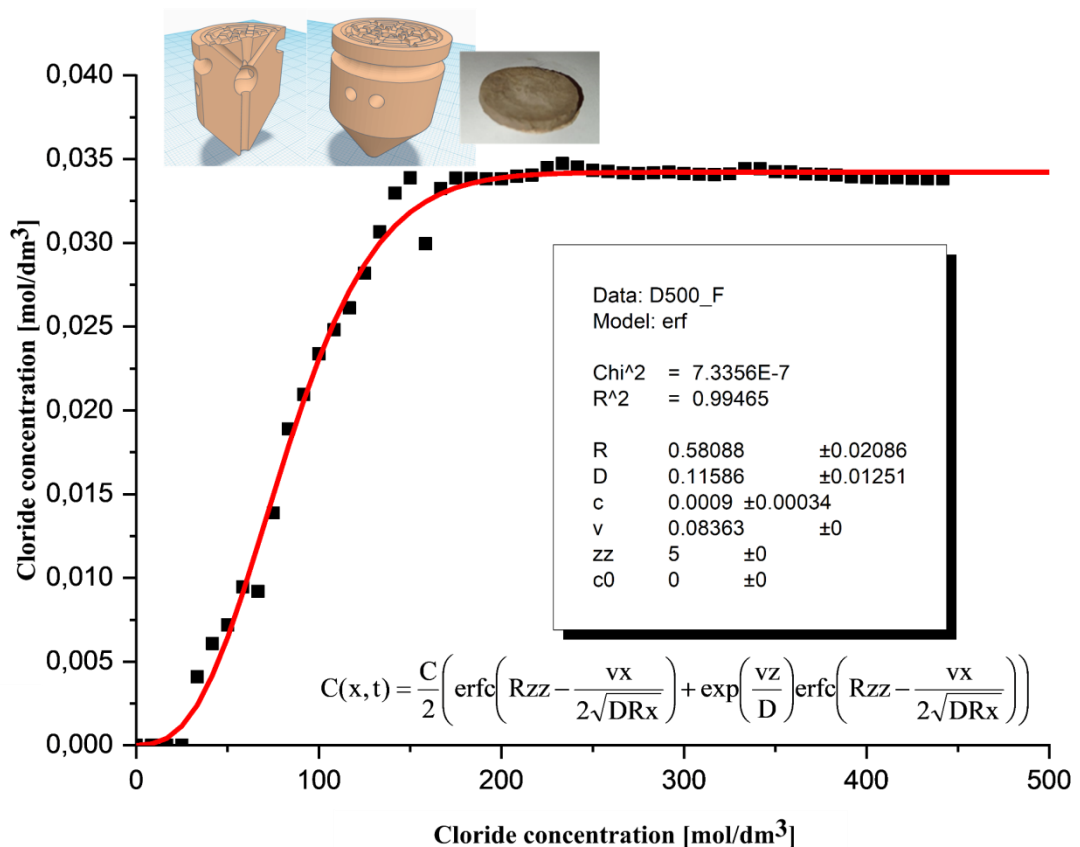
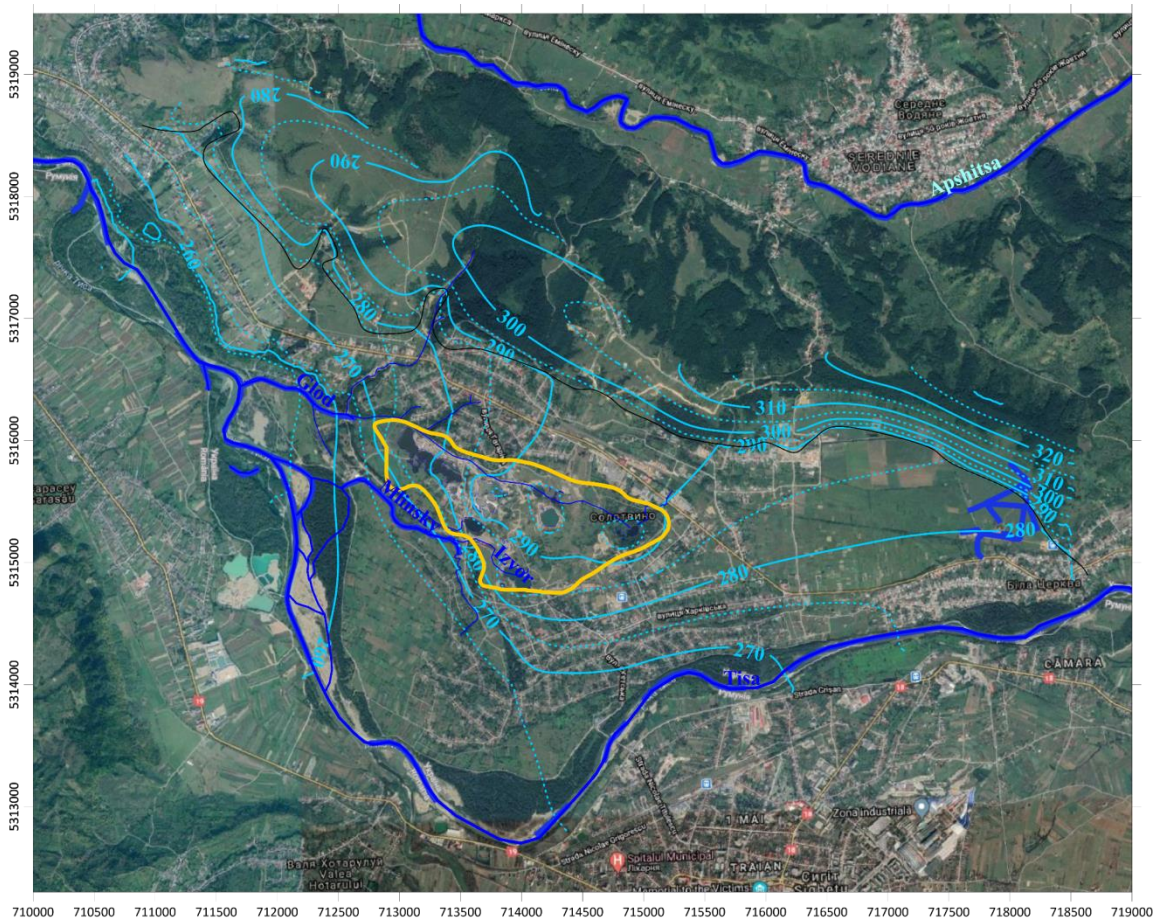


Рис. 63. Визначення параметрів поширення (за Altair Inc., 2021)



Ми використали цю модель для розрахунку як значень гідравлічного, так і хімічного потенціалу (тобто гідравлічного напору (**Рис. 64-65.**) і концентрацій (**Рис. 67-68.**) у постійному виотоці з урахуванням просторових параметрів.



**Рис. 64:** Розраховані гідравлічні напори в 1-му модельному шарі (переважно плейстоцен)

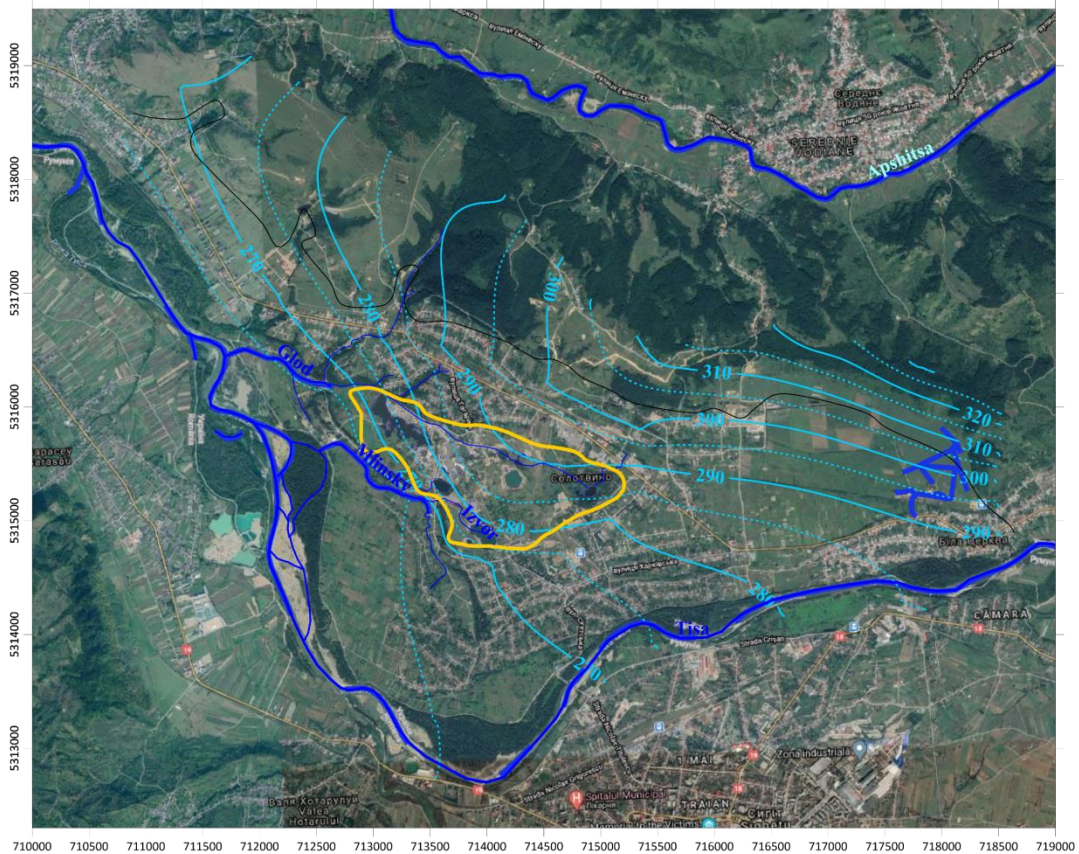


Рис. 65: Розраховані гідравлічні напори в 5-му модельному шарі (міоцен і дно соляних порід)

Розподіл потенціалу показано на рисунках 64-65. На них рівні просторового потенціалу Тиси визначаються за показниками середнього рівня води в річці та тим, що Тиса розмиває алювіальні утворення басейну на всій досліджуваній території. Підземні води, що просочуються з гори Магура, продовжують просочуватися в алювій долини Тиси, із сильно зменшуваними гідравлічними градієнтами, до витіснення гравійним субстратом Тиси. Таким чином, річка Тиса явно отримує сольове навантаження, яке поширюється до шару тераси через релікти шару над соляним куполом Солотвина (Акнаслатина).

Чотири видобувні свердловини, у водоносному горизонті плейстоценового берега річки, суттєво не впливають на рух ґрунтових вод у шарі, а лише спричиняють локальні осідання у зоні свердловин. Ділянка живлення свердловин лежить навколо Солотвинського (Акнаслатинського) соляного ставу (рис. 66). Мета експлуатації свердловин невідома, але у будь-якому випадку розраховано, що вони не зменшують вплив соляних розчинів з нижньої сторони соляного озера на Тису та на берегові шари річки, а лише збільшують потоки соляного розчину над солоним озером та

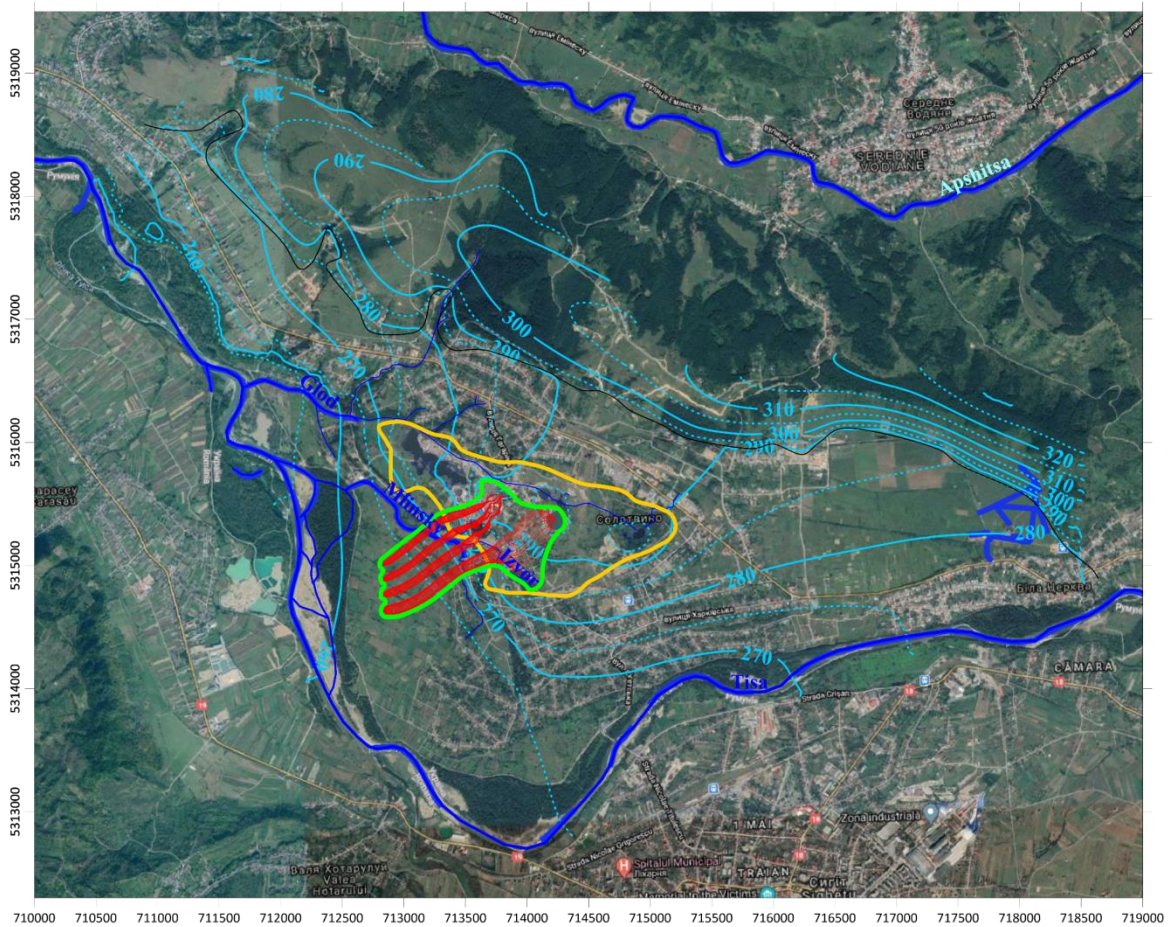
об'єм розсолу, що витікає із ставків через райони видобутку, на  $1500 \text{ м}^3/\text{день}$ , тому їх вплив буде більш шкідливим для системи, ніж корисним. Ефект від свердловин полягає у зменшенні сольового навантаження лише на невеликій території нижче за течією, у бік Тиси.

Відповідно до розрахунків водного балансу, які потребують уточнення в майбутньому,  $13\text{-}15 \text{ м}^3/\text{день}$  насиченого розсолу надходить безпосередньо з соляних шахт, тоді як приблизно  $15\text{-}16000 \text{ м}^3/\text{день}$  підземних вод просочуються через площу поверхні соляного купола, коли працюють чотири свердловини.

Без урахування впливу свердловин, виток із соляного купола становить  $10\text{-}12 \text{ м}^3/\text{добу}$ , а об'єм води, що просочується в плейстоценовому водоносному горизонті в районі соляного купола, становить  $14000\text{-}14500 \text{ м}^3/\text{добу}$ .

Таким чином, нинішнє навантаження соляного розчину на берегові шари річки походить з двох джерел:  $13\text{-}15 \text{ м}^3$  насиченого розчину, що просочується з шахт, і вода, що потрапляє у річку зі ставків у зруйнованих шахтних порожнинах.

Враховуючи, що насичена концентрація солі становить  $360 \text{ г/л} = 360 \text{ кг/м}^3$ , приблизне навантаження солі з соляних шахт становить  $4,7$  метричних тон на добу. Якщо цю масу розділити на  $15\ 000 \text{ м}^3$  щоденного потоку підземних вод, що просочуються через зону солоного озера, отримаємо концентрацію солі  $310 \text{ мг/л}$  ( $= 190 \text{ мг/л}$  концентрації хлориду), до якої додається солоне навантаження з води, із соляних ставків.



**Рис. 66.** Траншеї від видобувних свердловин, їх зони впливу

Розрахунки водного балансу дають такі показники: для озера Дельфін водообмін між плейстоценовим водоносним горизонтом і озером становить близько  $600 \text{ м}^3/\text{добу}$ , для шахти Ференца –  $600 \text{ м}^3/\text{добу}$ , для шахти №8 –  $300 \text{ м}^3/\text{день}$ , для озера Кунігунда –  $450 \text{ м}^3/\text{день}$ , що загалом становить близько  $2000 \text{ м}^3/\text{день}$ . Якщо ми припустимо, що, хоча концентрації в моніторингових свердловинах радикально змінюються, концентрації хлориду в свердловинах, найближчих до озер, не перевищують  $2000 \text{ мг/л}$ , тоді  $2000 \text{ м}^3/\text{день}$  водообміну між соляними ставками та підземними водами додало б приблизно 4 метричні тони хлориду на день до плейстоценового шару, що могло б спричинити додаткове збільшення концентрації хлориду на  $270 \text{ мг/л}$ .

Загалом, розподілене навантаження хлоридів становить близько  $460 \text{ мг/л}$  з двох джерел і, припускаючи масове співвідношення  $\text{Na/Cl} = 23 \text{ г}/35,5 \text{ г}$ , можна припустити максимальне навантаження натрію приблизно  $300 \text{ мг/л}$ .

Оцінка у багатьох відношеннях є приблизною і характеризує найгірший сценарій розвитку ситуації. Цей теоретичний розрахунок не враховує вплив розповсюдження солі у залежності від

щільності. Це означає, що насичений солоний розчин вивільняється з шахти лише у випадку відносно сильного просочування вгору, а у випадку незначного просочування через більшу щільність поверхні, насичений солоний розчин залишається у шахті і просто розливається в ставки, тому сольове навантаження в 4,6 т/добу в будь-якому випадку є перебільшеним. Розрахунок навантаження на озера також є завищеним, враховуючи, що концентрації в шарі тераси сильно коливаються, а для розрахунків взято максимальні показники. Концентрації в озерах не враховувалися через безперешкодне просочування між поверхневими та ґрунтовими водами внаслідок кольмації дна озера. У будь-якому випадку рівень концентрації є вищим через випаровування. Тому малоймовірно, що концентрації, які спостерігаються у ставку, зберігатимуть таке саме значення при потраплянні у плейстоценовий водоносний горизонт.

**Таким чином, можна сказати, що у разі збереження поточних умов, максимум NaCl (4600 кг/добу) викидається з шахт і з солоних озер (6600 кг/добу), тобто загалом у річку Тиса потрапляє 11 200 кг кам'яної солі. Якщо припустити, що щільність кам'яної солі становить 2100 кг/м<sup>3</sup>, то це призведе до щоденного вимивання 5-5,5 м<sup>3</sup> кам'яної солі на день, що означатиме максимум майже 2000 м<sup>3</sup> кавітації під поверхнею на рік.**

Якщо ми прискоримо витік води з районів шахт, цей показник можна збільшити. Однак, на жаль, рівень негативного впливу на навколишнє середовище можна суттєво знизити лише за рахунок зменшення витоку. Таким чином, метою регіонального управління водними ресурсами з екологічної точки зору є запобігання подальшому обвалу порожнин, зменшення витоків шахтної води та зменшення просочення солі з шахти на поверхню.

Приблизна оцінка результатів розрахунків є такою: 11,2 метричних тон кам'яної солі на добу надходить у водний потік 15000 м<sup>3</sup>/добу, що дає загальну концентрацію солей = 750 мг/л. Цей показник розрахований за допомогою співвідношення мас та показує концентрацію хлориду = 455 мг/л і концентрацію натрію = 295 мг/л. Якщо ми подивимося на спостережувані концентрації, то побачимо, що вони поступово зменшуються від 1500 до 2000 мг/л у зоні соляного купола подалі від соляного тіла, що призводить до загальних середніх концентрацій приблизно від 300 до 500 мг/л, що є нормою.

Звичайно, модель поширення також була використана для розрахунку зміни концентрацій, що дозволило нам отримати очікуваний розмір шлейфу та зміни концентрацій (**Рис. 67-68**). Площа шлейфу кальцинованої соди становить близько 1 км<sup>2</sup> (98 га) та охоплює практично весь водозбір струмків Глод і Млинський аж до Тиси.

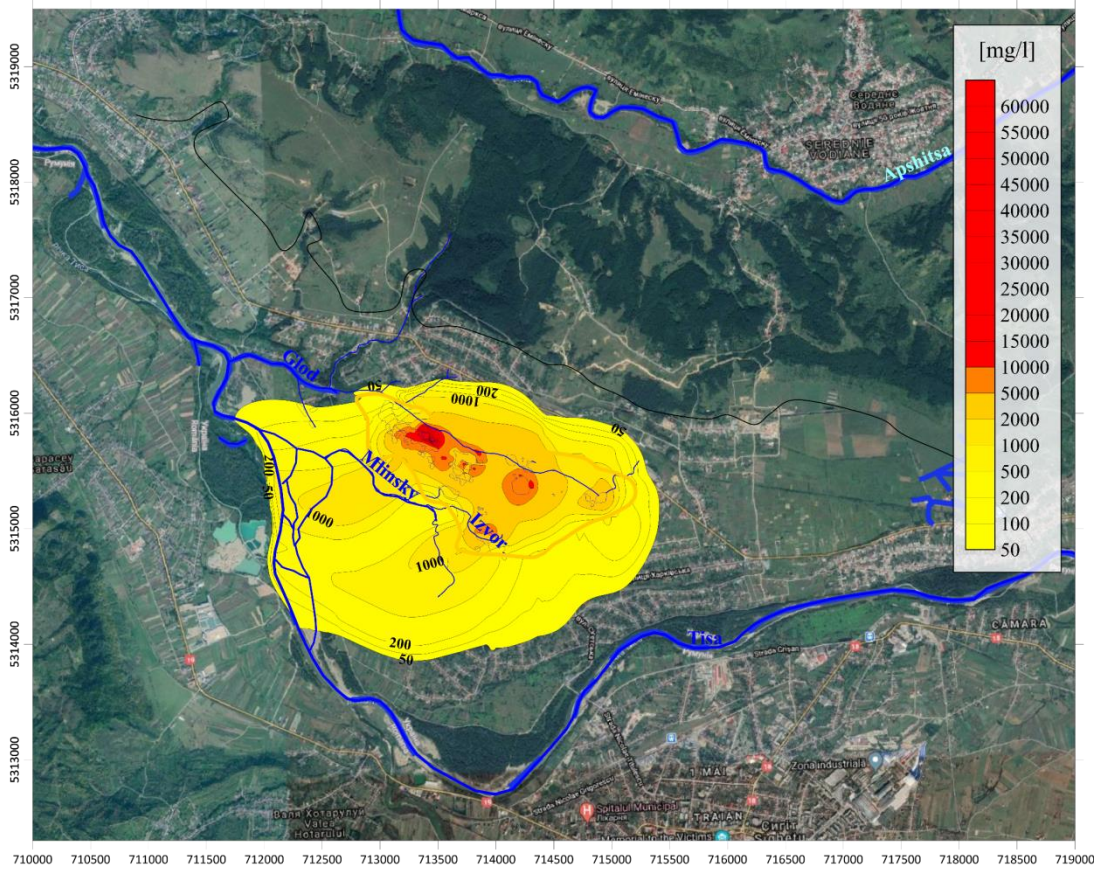


Рис. 67 Розрахунки концентрації хлориду у короткостроковій перспективі (через 10-20 років)

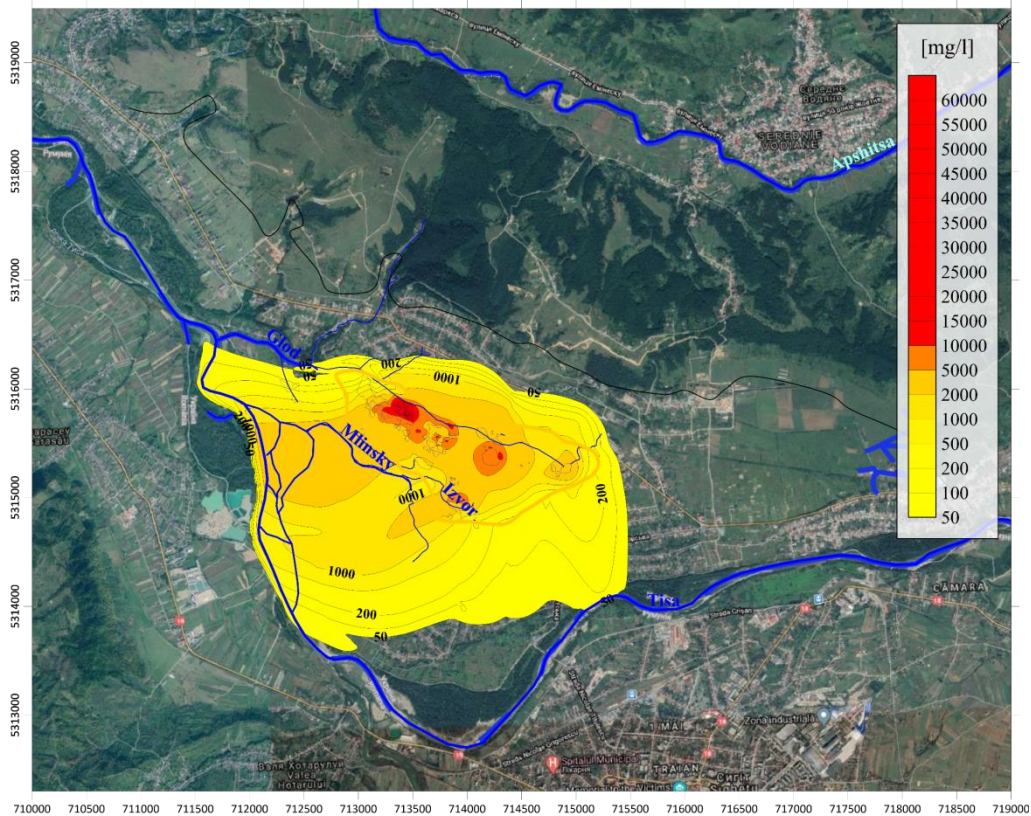


Рис. 68. Розрахунки концентрації хлориду у довгостроковій перспективі

Зона впливу не може бути обмежена свердловинами, хіба що шляхом штучного зменшення витрат води через дно озер, утворених внаслідок обвалення існуючих соляних шахт і безперервного формування, шляхом звуження або блокування виходів ям і шахт, навіть нижче підземних водних об'єктів. Солоня вода в затоплених шахтах повністю урівноважується шляхом насичення сіллю, і таким чином подальше опріснення викликане лише проникненням води через тектонічні розломи. Це зовсім не перешкоджатиме використанню соляних ставків у туристичних цілях, а лише зменшить солоне навантаження на плейстоценовий береговий шар річки та потоки Глод і Млинський, які його скидають. Отже, концентрація солі в кратерних озерах (над зруйнованими шахтними камерами) буде трохи зменшена, а рівень ґрунтових вод буде суттєво знижений. У зоні впливу соляного купола видобуток колодязної води має бути припинений або заборонений.

Розчинення солі у глибоких шарах має бути обмежено, інакше це призведе до явища, коли все більша кількість солі розчинятиметься вздовж все більших поверхонь, викликаючи утворення більших підземних порожнин та прискорюючи просідання. Зупинити процес можна

лише радикальним зменшенням глибинного стоку підземних вод, що можливо завдяки створенню належних геологічних і гідрогеологічних умов. Розумні рішення можуть уповільнити процес, а значні штучні втручання можуть його повністю зменшити, але починати це потрібно якомога швидше, поки це можливо, доки екологічна шкода не псує умови життя населення у регіоні.

### **3.9 Комплексна схема об'єктового моніторингу**

#### **3.9.1. Геомоніторинг стану навколишнього середовища смт Солотвино: Цілі, нормативна база, функції**

У всьому світі наслідки видобутку корисних копалин торкнулися багатьох регіонів; деякі з них мали місце століття тому. У багатьох випадках видобуток і переробка сировини несуть в собі невід'ємний ризик для людей і навколишнього середовища, насамперед для надр як основного депоцентру" техногенних наслідків.

Важливим аспектом досліджень видобутку корисних копалин є безперервний моніторинг території для отримання повного розуміння процесу. Завдяки такому знанню процесу можна визначити важливі аспекти та наслідки гірничодобувної діяльності.

За даним напрямом вченими розроблені спеціальні системи моніторингу діяльності гірничодобувних підприємств з метою поєднання методів дистанційного зондування Землі, геофізичних досліджень, геодезичної зйомки, моделювання та/або імітації ризиків та об'єднання їх в інтегровані системи управління ризиками. Таким чином, у майбутньому можна буде ефективно контролювати всі важливі процеси, що мають місце після видобутку корисних копалин і вживати превентивних заходів. Застосування супутникових даних дозволяє виявити зміщення земної поверхні і, таким чином, потенційно спрогнозувати виникнення осідання землі та утворення карстових воронок. Інтегруючи результати дистанційного зондування з результатами дослідження власне стану геологічного середовища / надр, можна досягти значно ефективнішої інтерпретації та прогнозування, що також важливо для прогнозування, оцінки та управління ризиками.

Моніторинг геологічного середовища – система спостережень, збору, обробки, передавання, зберігання та аналізу інформації про стан геологічного середовища, прогнозування його змін, розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття відповідних рішень.

Моніторинг стану геологічного середовища здійснюється щодо: екзогенних та ендегенних



геодинамічних процесів (включаючи визначення їх просторових характеристик, активності проявів); підземних вод (включаючи оцінку ресурсів, їх гідрогеологічних та гідрохімічних показників і властивостей); геохімічних показників; геофізичних параметрів тощо.

Важливим елементом аналізу геологічного стану навколишнього природного середовища Солотвина є моніторинг розвитку природних і техногенних небезпечних геологічних процесів, які є потенційно небезпечними для населення: карст і суфозія (осідання, карстові воронки, провали), повінь і паводки, підтоплення, рух схилів мас (ерозія, зсуви).

**Правові засади здійснення моніторингу довкілля регулюються Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища"** (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>), основні принципи функціонування ДСМД визначені Постановою Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 № 391 "Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля" (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/391-98-%D0%BF/conv>).

Правове визначення та підтримка організації і здійснення державної системи моніторингу довкілля в частині Державного моніторингу вод визначається наступними правовими актами:

- Водний кодекс України (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>)
- Закон України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4836-17#Text>)
- Постанова Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 р. № 758 «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>)

Закон України «Про державну геологічну службу України» містить поняття «моніторингу геологічного середовища» і «моніторингу мінерально-сировинної бази» та, серед інших основних завдань, покладає на державну геологічну службу України завдання з моніторингу мінерально-сировинної бази, геологічного середовища та підземних вод (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1216-14#Text>).

Важливим аспектом національного законодавства є положення статті 22 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#n351>), що передбачають проведення спостереження за станом навколишнього природного середовища та рівнем його забруднення підприємствами, установами та організаціями, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану навколишнього природного середовища. Окрім того,

передбачено, що зазначені підприємства, установи та організації зобов'язані безоплатно передавати відповідним державним органам аналітичні матеріали своїх спостережень.

Глава 6 Водного кодексу України передбачає ведення державного обліку вод та Державного водного кадастру (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80>). Завданням державного обліку вод є встановлення відомостей про кількість і якість вод, а також даних про водокористування, на основі яких здійснюється розподіл води між водокористувачами та розробляються заходи щодо раціонального використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів. Відповідно до Порядку ведення державного обліку водокористування<sup>11</sup> організація ведення державного обліку водокористування здійснюється Держводагентством та покладається на Держводагентство і ДСНС (у частині поверхневих вод) та Держгеонадра (у частині підземних вод).

**Закон України Про оцінку впливу на довкілля від 23.05.2017 № 2059-VIII** встановлює правові та організаційні засади оцінки впливу на довкілля, спрямованої на запобігання шкоді довкіллю, забезпечення екологічної безпеки, охорони довкілля, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, у процесі прийняття рішень про провадження господарської діяльності, яка може мати значний вплив на довкілля, з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів.  
([https://kodeksy.com.ua/pro\\_otsinku\\_vplivu\\_na\\_dovkillya.htm?utm\\_source=this&utm\\_medium=refs&utm\\_campaign=recommended](https://kodeksy.com.ua/pro_otsinku_vplivu_na_dovkillya.htm?utm_source=this&utm_medium=refs&utm_campaign=recommended))

#### До списку стандартів ЄС:

- Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2000 року про встановлення засад діяльності Співтовариства у сфері водної політики (Водна рамкова директива);
- Директива 2004/35/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 квітня 2004 року про екологічну відповідальність щодо запобігання та усунення екологічної шкоди;
- Директива 2006/118/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 12 грудня 2006 року про захист підземних вод від забруднення та погіршення якості;
- Директива 2006/21/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 15 березня 2006 року про управління відходами видобувних галузей та внесення змін до Директиви 2004/35/ЄС - Заява Європейського Парламенту, Ради та Комісії;
- Директива Комісії 2009/90/ЄС від 31 липня 2009 року, що встановлює, відповідно до

- Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради, технічні специфікації для хімічного аналізу та моніторингу стану води (Текст має відношення до ЄЕЗ);
- Директива (ЄС) 2020/2184 Європейського Парламенту та Ради від 16 грудня 2020 року про якість води, призначеної для водопостачання (нова редакція) (Текст має значення для Європейського Союзу);
  - -Протокол про стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище в транскордонному контексті (2008);
  - ISO. 2009. ISO 31000: Управління ризиками – принципи та настанови щодо впровадження. Міжнародна організація зі стандартизації. 26 р.;
  - Аналіз актуальних політик і директив, пов'язаних з екологічними проблемами на територіях після видобутку корисних копалин в ЄС, є наступним (проект DEMINE);
  - Кілька адміністрацій та галузевих департаментів мають компетенцію щодо стічних вод із закритих шахт. У багатьох випадках адміністрація, яка повинна займатися очищенням шахтних стоків, чітко не визначена. Нормативно-правові акти повинні чітко визначати адміністрацію, відповідальну за очищення стічних вод.
  - Критерії, що використовуються державами-членами для декларування "Національного реєстру небезпечних для здоров'я та довкілля видобувних галузей", не є чіткими. Адміністрації, відповідальні за управління водними ресурсами, повинні періодично відбирати проби з тих шахтних стоків із закритих шахт, які вважаються найбільш небезпечними, з подальшим аналізом ризику для річки, до якої потрапляють ці стоки.
  - Європейське законодавство не встановлює порогових значень для більшості забруднюючих металів, незважаючи на їхню визнану токсичність для довкілля. Кожна країна-член ЄС визначає свої власні обмеження. Це створює велику різницю в порогових нормах по всій Європі, які повинні бути уніфіковані.
  - У європейському законодавстві засолення прісних вод не вважається важливою проблемою, і не існує законодавчо встановлених стандартів якості навколишнього середовища для солі. Для захисту прісних вод слід розробити стандарти засоленості для конкретних іонів та сумішей іонів, а не лише для загальної засоленості.

**Геологічний контроль за вивченням та використанням надр** регулюється відповідно до Положення про Державну службу геології та надр України, затвердженого Постановою Кабінету

Міністрів України № 1174 від 30.12.2015 (зі змінами), Держгеонадра реалізує державну політику у сфері геологічного вивчення та раціонального використання надр.

Стосовно території Солотвино до основних функцій системи моніторингу відносяться спостереження:

- за станом споруд і природних об'єктів у зоні впливу шахтного поля;
- за станом масиву гірських порід у зоні впливу гірничих робіт;
- за станом гідротехнічних споруд в організаціях, підконтрольних органам державного гірничого нагляду;
- за витратою, рівнем і складом поверхневих і підземних вод;
- за забрудненням, яке виникло у результаті користування надрами, поверхневих вод і геологічного середовища, включаючи підземні води;
- за дотриманням установленого режиму в зонах і округах санітарної й гірничо-санітарної охорони родовищ підземних вод, а також корисних копалин, віднесених до категорії лікувальних;
- за забудовою площ залягання корисних копалин;
- за зсувонебезпечними ділянками;
- за обліком руху запасів корисних копалин (у разі легалізації використання розсолів вони будуть розглядатися як корисні копалини);
- експертними оцінками й прогнозуванням шкідливого впливу гірничих робіт на навколишнє середовище, рівнем раціонального й комплексного використання запасів корисних копалин та забезпеченням охорони надр.

На досліджуваній території відбувається формування нерівноважної складної природно-техногенної геосистеми в межах зони техногенного впливу соляних шахт, з якою пов'язано формування екологічних загроз безпеці життєдіяльності на території смт Солотвино.

Наразі вкрай необхідна сучасна система моніторингу даної природно-техногенної геосистеми, яка б надала можливість своєчасного виявлення та оцінки небезпечних змін стану геологічного середовища та факторів загроз безпеці життєдіяльності на локальному та транскордонному рівні.

Для оцінки ризиків та прогнозування розвитку небезпечних геологічних процесів необхідно здійснювати моніторинг розвитку карсту, осідань (деформацій земної поверхні), кількості та якості поверхневих і підземних вод (рівень та хімічний склад).

Моніторинг якості підземних вод є одним з найважливіших аспектів захисту ресурсів підземних вод. Найкраще це досягається шляхом створення мережі спостережних свердловин. Таким чином, небажаний вплив на навколишнє середовище можна виявити на ранній стадії та ефективно усунути. Частота моніторингу повинна бути достатньою для отримання репрезентативних даних для параметру, що контролюється. Свердловини потрібні вище і нижче за течією, у напрямку потоку підземних вод для моніторингу змін рівня і якості води на території, а також для моніторингу продуктивності і стабільності параметрів. Також свердловини повинні бути розташовані у водовміщуючих породах та/або зонах перетікання (вздовж ліній розломів).

### **3.9.2. Загальне бачення моніторингу вод Солотвина**

Моніторинг якості та кількості поверхневих і підземних вод

Оцінка водних питань та впровадження управлінських рішень мають здійснюватися на основі гідрогеологічних даних. Метою моніторингу якості води є спостереження за просторовими та часовими змінами солоності, дослідження причин змін стану, класифікація вод, класифікація стану якості води, порівняння з граничними значеннями якості води та оцінка річної і середньої сезонної, а також критичні концентрації. Моніторинг кількості води необхідний для виявлення потенційних змін потоку ґрунтових вод і відстеження зміни глибини гідравлічного напору.

**Період спостереження тривав з червня 2020 року по травень 2022 року.** Протягом цього часу була визначена та досліджена мережа моніторингу, що складається з 49 моніторингових точок. **З них 13 локацій стосуються моніторингу змін якості та кількості поверхневих вод (6 точок – на Тисі, 6 – у шахтних озерах, 1 – у прісноводному озері), а 36 точок локалізовано в існуючих свердловинах та моніторингових свердловинах, поглиблених у ході проєкту.**

Що стосується 36 локацій, то 7 п'єзометричних свердловин (із середньою глибиною 10 м, дозволяє реєструвати рівень води/схему потоку вод, що рухається в алювії, а також тестувати хімічний склад води) були встановлені безпосередньо біля річки Тиса, паралельно та перпендикулярно напрямку течії, 8 фонових – всередині поселення.

**Річний моніторинг включав регулярний збір, аналіз та зберігання ряду даних, відповідно до конкретних обставин і цілей.**

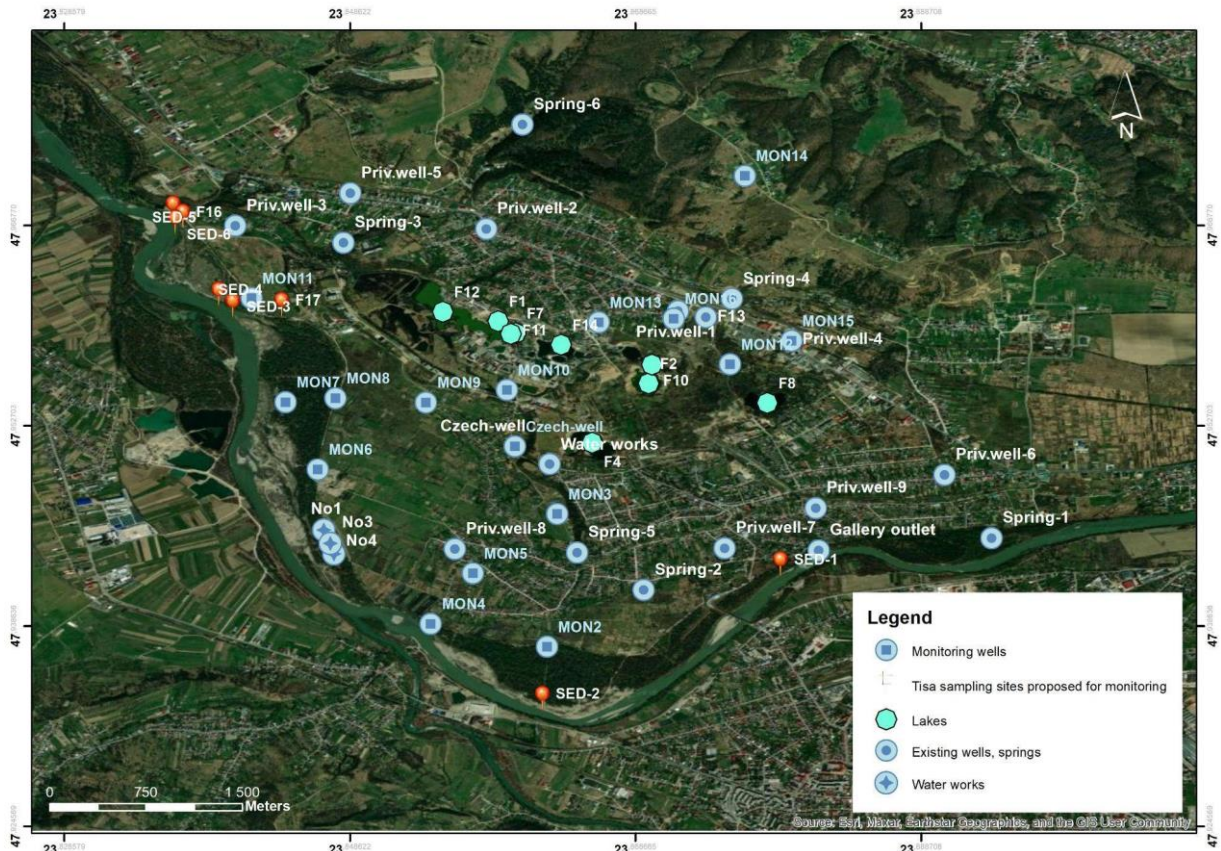


Рис. 69. Житлові та водопровідні колодязі, джерела, стоки, місця відбору проб з озер тощо, які складають основу запланованої мережі моніторингу, частково створені під час проекту, як п'єзометри MON, а частково використані дані інших проведених річних вимірювань. (Geogold Ltd)

### 3.9.3. Комплексна схема об'єктового моніторингу території Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій

На основі отриманих результатів досліджень (польових спостережень, аналізу даних супутникового радіолокаційного моніторингу, геологічного та гідродинамічного моделювання) розроблено план комплексної системи моніторингу, яка вписується в більш широку регіональну структуру для відстеження якісних і кількісних змін поверхневих і підземних вод та деформацій земної поверхні в районі Солотвина (Рисунок 70, Таблиця 3).

## **Комплексна схема об'єктового моніторингу включає:**

### ***I. Гідрологічний та гідрогеологічний моніторинг***

Кількісні параметри (рівні та витрата потоку для точок гідрологічних спостережень (річки, джерела) та якісні (температура, рН, електропровідність, TDS (мінералізація), лужність, кислотність, твердість, макрокомпоненти - натрій, хлор, сульфати; мікрокомпоненти - Br, I та ін.).

Запропонована мережа гідрологічного та гідрогеологічного моніторингу містить 9 гідрологічних пунктів спостережень (4 - р. Тиса; 3 - озера, 2 - затоплені провалля над шахтами №7, 8); 24 гідрогеологічні пункти спостережень / свердловини (з них 5 комбінованих пунктів, які складаються з двох свердловин: на четвертинний безнапірний та тортонський тріщинуватий водоносні горизонти).

Для пунктів гідрогеологічних спостережень для четвертинного безнапірного та тортонського тріщинуватого водоносних горизонтів розроблено проекти спостережних свердловин на умовних ділянках з комбінованими літологічними розрізами (Рисунок 71). Опис умовної ділянки з комбінованим літологічним розрізом (пункти гідрогеологічних спостережень для четвертинного безнапірного водоносного горизонту) представлено в Таблиці 4.

### ***II. Польові обстеження***

Вивчення та оцінка поточного стану навколишнього середовища території; збір та аналіз даних щодо розвитку карсту (карстові воронки: геометричні розміри та частота виникнення, просідання ґрунту тощо) ділянок об'єктів критичної інфраструктури та великих житлових комплексів (постійного проживання); на ділянках що примикають до провалів (над шахтами) та гірничих споруд (водовідливних шахт, дренажно-штольневих систем та ін.; а також покинутого військового об'єкту зберігання паливно-мастильних матеріалів).

***III. Дистанційні аерокосмічні методи зйомки Землі*** (супутниковий радіолокаційний моніторинг деформацій земної поверхні за допомогою DInSAR з кутовими відбивачами).

Оцінка зміщень та деформацій земної поверхні з використанням інтерферометричної обробки даних супутникового радіолокаційного моніторингу методами PS та SBAS.

### ***IV. Геодезична зйомка***

Верифікація даних дистанційних досліджень деформацій земної поверхні (інтерферометрична обробка даних супутникового радіолокаційного моніторингу).

Геопросторовий розвиток деформацій земної поверхні за межами зони гірничовидобувних робіт вимагає організації систематичного геодезичного моніторингу ділянок об'єктів критичної

інфраструктури; території великих житлових комплексів (постійного проживання); на ділянках, що примикають до провалів (над шахтами) та гірничих споруд (водовідливних шахт, дренажно-штольневих систем та ін.); а також покинутого військового об'єкту зберігання паливно-мастильних матеріалів.

#### ***V. Геофізичні дослідження***

Геофізична зйомка, що включає мікрогравітаційні, геоелектричні та сейсмічні дослідження в межах зони ризику (зони техногенного впливу соляних шахт та появу небезпечних екзогенних геологічних процесів). Оцінка стану (стабільності) геологічного середовища. Оцінка геофізичних аномалій. Отримання нових даних про зміни структури поверхні соляного штоку та перекриваючих порід (мікрогравіка).

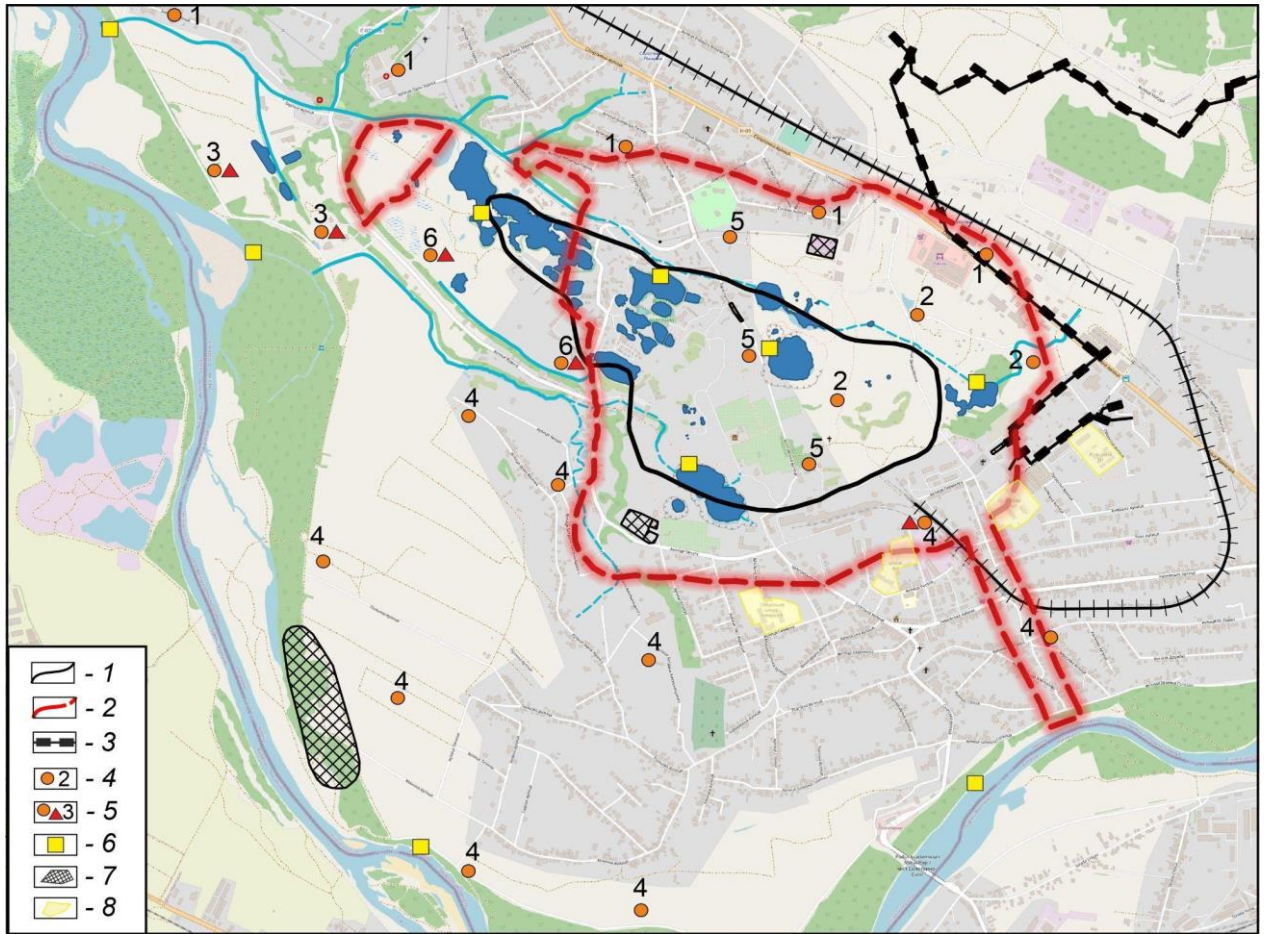
#### ***VI. Моделювання***

Удосконалення гідродинамічної моделі, актуалізація за даними гідрологічного та гідрогеологічного моніторингу.

#### ***VII. Оцінка ризиків***

Аналіз розвитку небезпечних геологічних процесів; актуалізацію контрів зони підвищеного ризику техногенного впливу соляних шахт та розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів (оновлювана/щорічно).





**Рис. 70.** Схема системи комплексного моніторингу Солотвинського родовища кам'яної солі та прилеглих територій: 1 – контур солянокупольної структури на поверхні алювіальних відкладів; 2 – зона техногенного впливу шахт з видобутку кам'яної солі та появу небезпечних екзогенних геологічних процесів; 3 – газопровід; 4 – проектний моніторинговий гідрогеологічний пункт спостереження (свердловина) та номер типу зведеного геологічного розрізу за літологічними даними; 5 – проектний моніторинговий гідрогеологічний пункт спостереження (шахтний колодязь, який складається з двох свердловин: на четвертинний ґрунтовий та тортонський тріщинний водоносні горизонти) та номер типу зведеного геологічного розрізу за літологічними даними; 6 – проектний моніторинговий гідрогеологічний пункт спостереження; 7 – об'єкти критичної інфраструктури; 8 – дошкільні та шкільні заклади освіти.

Таблиця 3. План комплексної системи моніторингу

| №   | Методи<br>геомоніторингу  | Мета<br>(отримані дані)   | Деталі   | Частота  |
|-----|---|---|--|--|
| I   | <i>Гідрологічний та гідрогеологічний моніторинг</i>   | Кількісні параметри (рівні та витрата потоку для точок гідрологічних спостережень (річки, джерела)<br>сні параметри температура, рН, електропровідність, TDS (декалькалація), лужність, щільність, твердість, іонні компоненти - натрій, кальцій, магній, сульфати; іонні компоненти - Br, I та | Містить:<br>- 9 гідрологічних пунктів спостережень (4 - р. Тиса; 3 - озера, 2 - затоплені провалля над шахтами №7, 8);<br>гідрогеологічні пункти спостережень / свердловини з яких 5 комбінованих пунктів, які складаються з двох свердловин: на вертикальний безнапірний та горизонтальний тріщинуватий (іонні горизонти)   | Щомісяця (кількісні параметри)<br>Щомісяця (якісні параметри - автоматично вимірювані)<br>Щоквартально (відбір проб для лабораторних аналізів) |
| II  | <i>Польові обстеження</i> (візуальні моніторингові спостереження) розвитку небезпечних геологічних процесів   | Вивчення та оцінка поточного стану навколишнього середовища території; збір та аналіз даних щодо розвитку карсту (карстові воронки: геометричні розміри та частота виникнення, просідання ґрунту тощо)  | Візуальні моніторингові спостереження розвитку небезпечних геологічних процесів в межах ділянок об'єктів критичної інфраструктури та великих житлових комплексів (постійного проживання); на ділянках що примикають до провалів (над шахтами) та гірничих споруд (водовідливних шахт, дренажно-штольневих систем та ін.; а також покинутого військового об'єкту зберігання паливно-мастильних матеріалів). | Двічі на рік   |
| III | <i>Дистанційні аерокосмічні методи зйомки Землі</i> (супутниковий радіолокаційний моніторинг деформацій земної поверхні за допомогою DInSAR з кутовими відбивачами) | Оцінка зміщень та деформацій земної поверхні з використанням інтерферометричної обробки даних супутникового радіолокаційного моніторингу  | Із застосуванням з кутових відбивачів на досліджуваній території DInSAR (PS та SBAS методи)  | Двічі на рік (квітень та листопад)   |

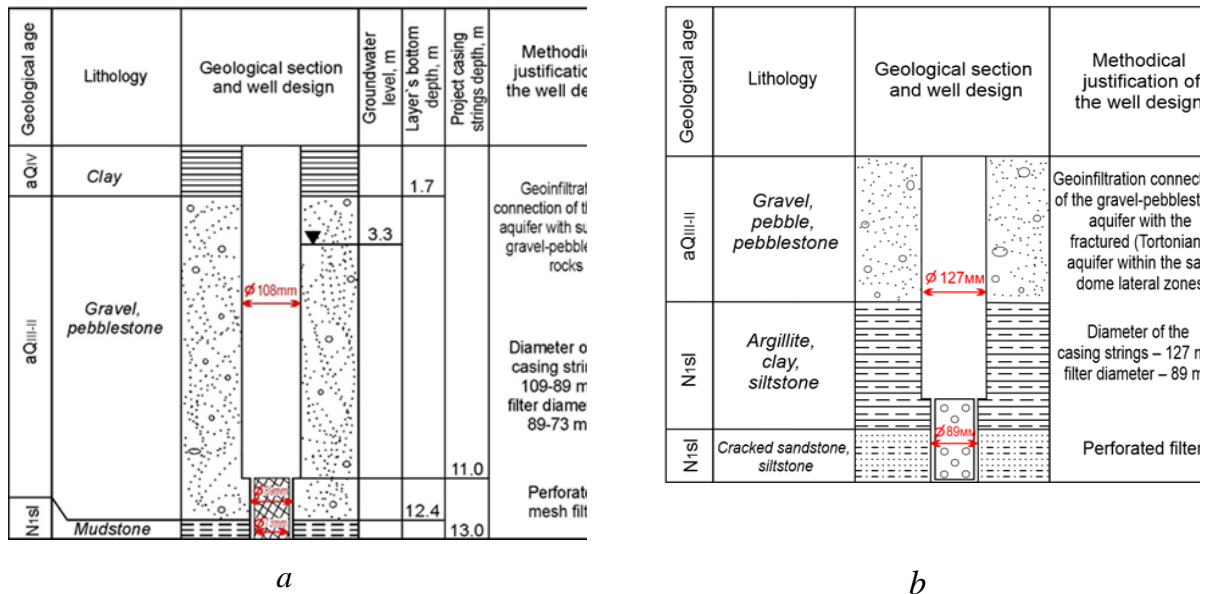
|    |  |   |  |  |
|----|--|---|--|--|
| IV | <b>Геодезична зйомка</b>   | Верифікація даних дистанційних досліджень деформацій земної поверхні (інтерферометрична обробка даних супутникового радіолокаційного моніторингу)   | За межами зони гірничовидобувних робіт вимагає організації систематичного геодезичного моніторингу ділянок об'єктів критичної інфраструктури; територій великих житлових комплексів (постійного проживання); на ділянках, що примикають до провалів (над шахтами) та гірничих споруд (водовідливних шахт, дренажно-штольневих систем та ін.); а також покинутого військового об'єкту зберігання паливно-мастильних матеріалів. | Щорічно (в період низького рівня ґрунтових вод)  |
| V  | <b>Геофізичні дослідження</b> в межах зони ризику (зони техногенного впливу соляних шахт та появу небезпечних екзогенних геологічних процесів) | Оцінка стану (стабільності) геологічного середовища. Оцінка геофізичних аномалій. Отримання нових даних про зміни структури поверхні соляного штоку та перекриваючих порід (мікрогравіка) | Включає мікрогравітаційні, геоелектричні та сейсмічні дослідження  | Щорічно (в період низького рівня ґрунтових вод)  |
| VI | <b>Моделювання</b>   | Удосконалення гідродинамічної моделі, актуалізація за даними гідрологічного та гідрогеологічного моніторингу  |  | Актуалізація відповідно до надходження даних гідрологічного та гідрогеологічного моніторингу |

|     |                       |   |         |
|-----|-----------------------|---|---------|
| VII | <b>Оцінка ризиків</b> | Аналіз розвитку небезпечних геологічних процесів; актуалізацію контрів зони підвищеного ризику техногенного впливу соляних шахт та розвитку небезпечних екзогенних геологічних процесів | Щорічно |
|-----|-----------------------|---|---------|

**Таблиця 4.** Опис умовної ділянки з комбінованим літологічним розрізом (точки спостереження)

| № умовної території зі зведеним літологічним розрізом (пункт спостереження) | № свердловин, що входять до умовної території | Покрівля, м                   | Підошва, м                      | Рівень води, м | Літологічна характеристика   |
|---|---|-------------------------------|---------------------------------|----------------|--|
| 1   | MON-16, g-40/1957, g-17/1957                  | 0,0<br>1,7<br>12,4            | 1,7<br>12,4<br>20,5             | 3,3            | Глина<br>Галька, галечник<br>Аргіліт   |
| 2   | MON-12, 14/1957, 15/1957                      | 0,0<br>26,2<br>106,8<br>127,9 | 26,2<br>106,8<br>127,9<br>433,0 | 12,0           | Галечник<br>Перешарування алевроліту та аргіліту<br>Аргіліт<br>Кам'яна сіль                    |
| 3   | MON-8, MON-9, g-42/1957, g-48/1957            | 0,0<br>4,4                    | 4,4<br>9,2                      | 3,2            | Галечник<br>Аргіліт  |
| 4   | MON-4, MON-5                                  | 0,0<br>8,1                    | 7,2<br>12,0                     | 5,4            | Галечник<br>Глина, аргіліт   |
| 5   | MON-13, 25/1957, g-61/1957                    | 0,0<br>13,7<br>46,1<br>70,7   | 13,7<br>46,1<br>70,2<br>184,5   | 10,2           | Галечник<br>Аргіліт, глина<br>Перешарування пісковіку та алевроліту<br>Кам'яна сіль            |
| 6   | MON-10, 60/1970                               | 0,0<br>4,0<br>8,0<br>216,7    | 4,0<br>8,0<br>216,7<br>543,0    | 3,4            | Галечник<br>Глина<br>Перешарування аргіліту та пісковіку<br>Кам'яна сіль (свердловина 60/1970) |

Схема розташування моніторингових свердловин для умовних ділянок з комбінованими літологічними розрізами (на прикладі гідрогеологічних спостережних пунктів для безнапірних водоносних горизонтів четвертинного віку та тріщинуватих водоносних горизонтів тортону) показана на Рисунку 71.



**Рис. 71.** Зведена конструкція свердловини моніторингового гідрогеологічного пункту спостереження: а - для четвертинного безнапірного водоносного горизонту (умовна ділянка № 1); б - конструкція свердловини пункту спостереження для тріщинного (тортонського) водоносного горизонту.

## Висновки

- Функціонування системи моніторингу необхідно для сталого використання природних ресурсів (рапи та кам'яної солі) та унеможливлення від транскордонного поширення забруднення поверхневих і підземних вод.
- На основі отриманих результатів досліджень (польових спостережень, аналізу даних супутникового радіолокаційного моніторингу, геологічного та гідродинамічного моделювання) розроблено план комплексної системи моніторингу, яка вписується в більш широку регіональну структуру для відстеження якісних і кількісних змін поверхневих і підземних вод та деформацій земної поверхні в районі Солотвина.
- План комплексної системи моніторингу включає: - гідрологічний та гідрогеологічний моніторинг (кількість та якість вод першого та другого водоносних горизонтів); -

польові обстеження розвитку небезпечних геологічних процесів; - моніторинг деформацій земної поверхні за допомогою DInSAR; - геодезичну зйомку; - геофізичну зйомку, що включає мікрогравіку, геоелектричні та сейсмічні дослідження; - моделювання (актуалізація гідрогеологічної моделі); - оцінка ризиків.

## Рекомендації

- Впровадження системи моніторингу з інтегрованою постійно діючою гідродинамічною моделлю має стати інструментом управління використанням природних ресурсів смт Солотвино – рапи та покладів кам'яної солі – як основного фактор сталого економічного та соціального розвитку селища.

## 4. Підбиття підсумків та висновки

### 4.1. Правильне та стале управління соляними ресурсами

Дослідження та попередній аналіз зібраних даних (геологічної, гідрогеологічної якості та кількості води) у районі Солотвинської соляної шахти показали, що ситуація з підземними водами у цьому районі погіршилася. Результати моделювання продемонстрували, що напрямок течії йде до річки Тиса, несучи солону воду з району видобутку в річку. Для правильного управління ресурсами солоної води, в регіоні необхідно прийняти рішення, спрямовані на захист території та річки Тиса від забруднення, опираючись на результати гідрологічної моделі. Як було запропоновано в попередніх дослідженнях, відновлення видобутку солі у цьому районі, з урахуванням нових обмежень, може допомогти у вирішенні проблеми, але якщо це неможливо, то можна запропонувати інші варіанти та оцінити їх за допомогою моделювання й подальших досліджень. Рішення залежать від різних чинників, включаючи: напрямок потоку, кількість води, типи солей і концентрації, а також вид діяльності в регіоні.

**Для управління ресурсами солоної води в районі дослідження ми пропонуємо три різні способи, розроблені на основі наявних даних і досліджень:**

- 1) Проектування та будівництво водовідвідної системи, що оточує територію видобутку, для захисту території та річки Тиса від забруднення. Система свердловин збирає забруднену воду та перекачує її на невелику очисну станцію. Осушення могло б допомогти знизити рівень ґрунтових вод на території

дослідження та запобігти потраплянню забрудненої води до річки Тиса. Зібрана вода може бути оброблена на очисних спорудах відповідно до типу забруднюючих речовин і концентрацій, а потім використана для різних цілей, таких як сільське господарство, зрошення сільськогосподарських дерев і зелених насаджень тощо.

- 2) Проектування та будівництво вертикальних бар'єрів з водонепроникних матеріалів, що оточують територію видобутку, з метою перешкодження руху потоку ґрунтових вод у бік річки Тиса. Штучний бар'єр може перетнути потік та спрямовувати його в інші напрямки, з урахуванням топографії та землекористування.
- 3) Проектування та будівництво французької траншеї, що оточує оброблену гірничу ділянку, яка складається з вертикальної траншеї, заповненої проникним матеріалом, що направляє потік у трубу з отворами, закладеними біля основи траншеї з ухилом, який спрямовує воду до відстійників. Потім зібрану воду можна накопичувати, обробляти та використовувати для різних цілей, таких як сільське господарство, зрошення сільськогосподарських дерев і зелених зон тощо.

**Впровадження будь-якого із трьох вищевказаних проєктів може запобігти подальшому розповсюдженню забрудненої води на досліджувану територію та до річки Тиса. Застосування методів слід моделювати за допомогою гідрологічної моделі та вибрати найкращу альтернативу, а потім втілити її на основі результатів гідрологічної моделі, як показано нижче:**

- 1) Перший спосіб передбачає необхідність вибору місць розташування свердловин, які перетинатимуть напрямок потоку в бік річки, визначення кількості свердловин, діаметра, глибини, відстані між свердловинами та швидкості водозабору. Проєкт очисних споруд повинен бути розроблений з урахуванням потужності станції, а використання води може бути обрано на основі діяльності в регіоні.
- 2) Другий спосіб передбачає необхідність вибору місць встановлення бар'єрів, які перетинають напрямок потоку до місцевості та річки, визначення ширини та глибини бар'єрів, а також вибору матеріалу, який буде використовуватися.

- 3) Третій спосіб передбачає необхідність вибору місць для траншей, які перетинають напрям течії до річки, визначення ширини та глибини траншей, а потім проектування труби й відстійника, які будуть використовуватися для збору води. Зібрану воду після очищення можна використовувати для різних цілей.

Усі вищевказані способи потребують створення системи моніторингу, яка складається з п'єзометричних свердловин для моніторингу змін рівня ґрунтових вод та відбору проб для оцінки якості води.

Крім того, слід оцінити затоплення, що спричинені сильними дощами, а напрямок паводку можна змінити або контролювати за допомогою споруд, таких як дамби, щоб запобігти потраплянню в Тису потоку води, навантаженому солями, який спричиняє забруднення.

**Як підсумок, перший етап проєкту було виконано з метою моніторингу та дослідження проблеми й виявлення її причин, а також поширення забруднюючих речовин у цьому районі.**

**Як другий етап проєкту, ми пропонуємо провести оцінку різних методів управління ресурсами солоної води у районі дослідження та в річці Тиса. Потім необхідно вибрати і розробити найкращий спосіб, який можна застосувати для захисту території від забруднення на основі соціальних, економічних та екологічних аспектів.**

## **4.2. Рухи поверхні землі та захист активів (будівель, інфраструктури)**

Оскільки ситуація все ще досить невизначена, особливо щодо руху підземних і ґрунтових вод та руху землі в більш глибоких шарах, дуже важливо переглянути порядок землекористування й містобудування з урахуванням небезпечних зон.

Соціально-економічні збитки та негативні економічні наслідки будуть набагато більшими, якщо просідання та зсуви поширяться до місць розташування громадських установ чи комунальних підприємств, проте, відносно невелика кількість домогосподарств перебуває під прямою загрозою. У Солотвині можливими є обидва варіанти. Випадкове пошкодження газопроводу, водопроводу чи системи електричних мереж призвело б до величезних збитків для населеного пункту, не кажучи вже про транспортну систему, оскільки головна дорога та залізниця, що забезпечують транспортування продуктів і ресурсів, також знаходяться у зоні потенційного впливу. Без цієї інфраструктури місцеві



заводи та підприємства не працювали б. Крім того, школа, дитячий садок і дві комунальні установи також перебувають у небезпечній зоні, де постраждали соціальні групи є надзвичайно вразливими.

## Рекомендації

- Переосмислити планування землекористування та політику урбанізації шляхом суворого дотримання зонування й видачі дозволів на будівництво, що дозволить зосередити нові забудови у районах із низьким рівнем небезпеки.
- Заохочувати створення мобільних конструкцій та будівництво з високоякісних матеріалів, які можуть бути більш стійкими до зсувів, тріщин та інших рухів.
- Адаптувати систему моніторингу та час від часу оглядати стан будівель.
- Переселення та будь-яке розширення території забудови повинно враховувати соціально-економічні відносини, міську структуру та внутрішні зв'язки громади, а також необхідно підтримувати територіально інтегрований підхід, який має бути глибшим за просте вирішення питань знесення та будівництва окремих будівель.

## 4.3. Охорона навколишнього середовища

### 4.3.1. Поводження з твердими побутовими відходами

Одним із найважливіших заходів для посилення захисту навколишнього середовища є підтримка комплексної системи управління відходами. Частка переробки дуже низька. Розміщення відходів на полігонах є загальноприйнятим способом поводження з ними; частка цього методу в Тячівському районі становила 97,9% (5 894,8 тон) у 2020 році. Офіційне сміттєзвалище розташоване поруч зі свердловиною 7, що негативно впливає на місцеві води та ґрунти. Оскільки більше немає куди звозити відходи, це єдине сміттєзвалище у районі.

Реформа та розвиток системи ефективного поводження з відходами має вирішальне значення, оскільки неочищена каналізаційна вода, використання звалищ і нерегульована утилізація відходів становлять великий ризик для здоров'я та навколишнього середовища. Крім того, це не лише погіршує якість соляних ресурсів, питної та прісної води Тиси, але й позбавляє регіон потенційних можливостей розвитку (туризм тощо).

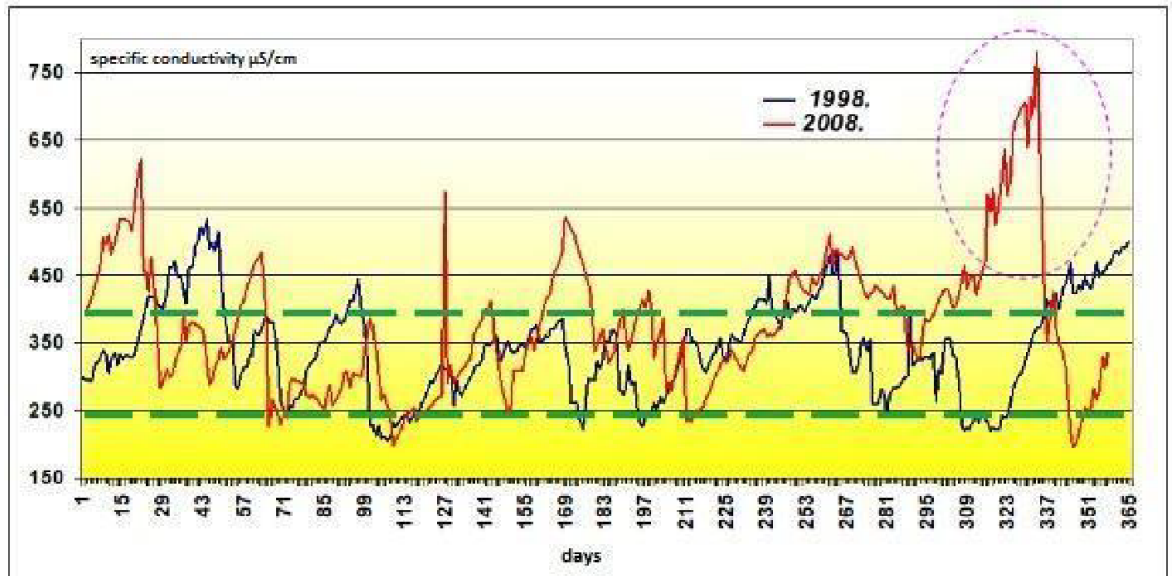
## Рекомендації

- Існують можливості для створення, підтримки та розвитку систем управління відходами шляхом створення можливостей для обміну знаннями, а також передачі технологій, обміну ноу-хау з угорськими організаціями, відповідальними за водопостачання та очищення стічних вод.
- Необхідно заохочувати розвиток економіки замкнутого циклу, насамперед шляхом поліпшення переробки відходів, що також може забезпечити додаткові робочі місця та прибуток.
- Треба ліквідувати незаконні стихійні сміттєзвалища та засипані воронки вздовж заплави Тиси у Солотвині і навколо населеного пункту. Варто спробувати повторно використати або переробити видалені матеріали та відходи.
- Створити нове сучасне сміттєзвалище за стандартами ЄС далі від річки та соляних шахт, щоб захистити поверхневі й ґрунтові води від забруднення та трансмісії.

### 4.3.2 Охорона річки Тиса

Потрапляння солі в Тису триває вже довгий час, ймовірно, кілька десятиліть, але цей факт приховувався через відсутність станцій моніторингу, контролю та більш значні аварії на шахтах.

Приблизно з кінця 2006 року почали утворюватися вражаючі котловини та кратери, які можна побачити й сьогодні, а з часом вони збільшуються. Через ці явища на угорській ділянці Тиси та на угорсько-українському кордоні вже у 2008 році було зафіксовано надзвичайно високі показники електропровідності (ЕС) та вмісту хлоридів, що перевищували ліміт (Рис. 72).



**Рис. 72** Значення питомої провідності, виміряні в 1998 році (середньорічні показники) і 2008 році над містом Сольнок у Центральній Тисі, Угорщина ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Регіональна водна дирекція Середньої Тиси, Угорщина, 2008)

Для захисту Тиси та збереження водного життя надзвичайно важливо з біологічної точки зору знати неорганічні хімічні елементи (галобіотичні елементи/компоненти), такі як склад органічних іонів, загальна концентрація солей, рН, електропровідність тощо.

Отже, в рамках проєкту, в напрямку – вниз за течією були відібрані проби для дослідження води та осаду в річці Тиса. Розташування точок забору води та підсумовані результати наведені нижче (Рис. 73).

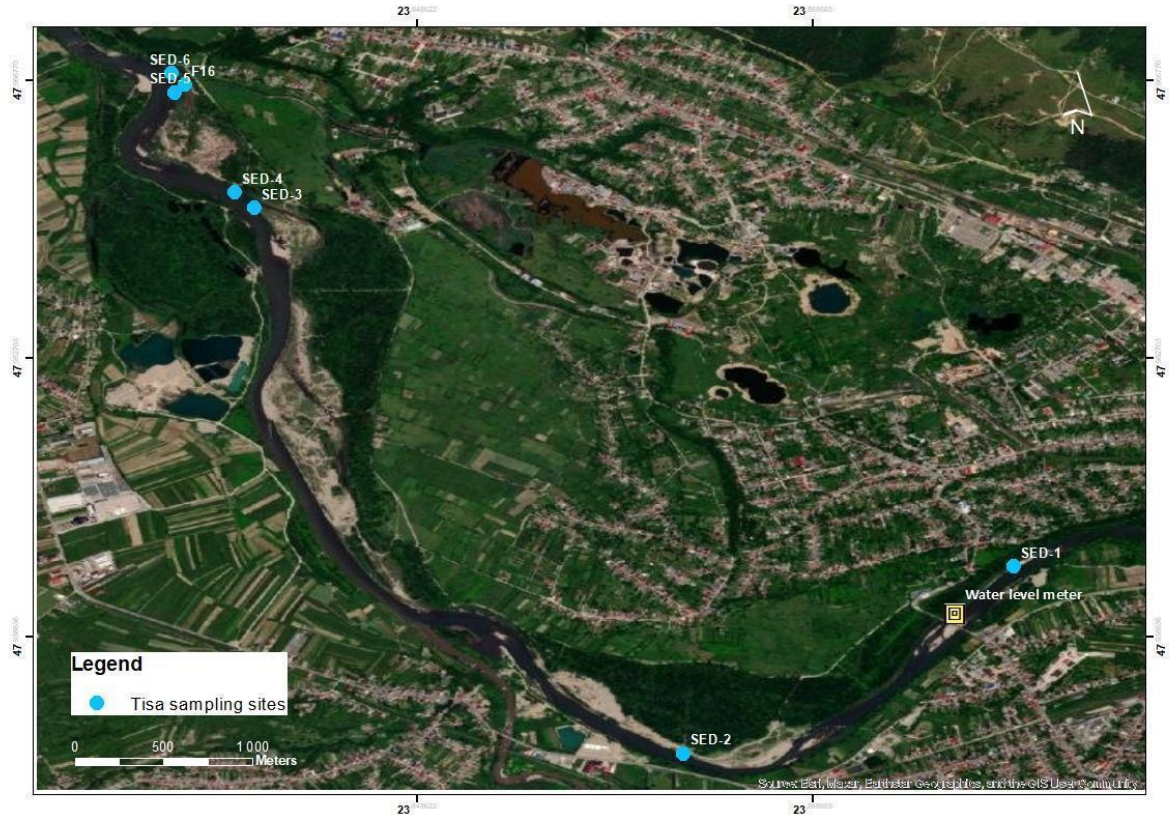


Рис. 73 Розташування точок забору проб води та осаду вздовж річки Тиса для визначення їх хімічного складу (Geogold Ltd)

Згідно з результатами хімічного аналізу води, значення електропровідності води Тиси, виміряні нижче за течією в Солотвині, поступово зростають від  $EC = 231 \mu S/cm$  до  $EC = 1740 \mu S/cm$ .

Точка вимірювання F 16 у гирлі Глоду показує пряме потрапляння солі у річку Тиса з притоки Глод.

Результати вимірювань у період, що тривав до липня 2020 року та вересня 2021 року, довели, що водотік Глод накопичував солоні води, відкачані раніше функціонуючою системою Північної мережі водовідведення та шахтою. У цей час у Глод потрапляють води з солоних озер і солоних басейнів Солотвина.

Таким чином, природним джерелом сольового навантаження є витік води, що надходить з боку Солотвинського соляного купола, а також дренаж антропогенних водозаборів (використаних вод відкритих купалень) у річку Тиса.



**Рис. 74** Глод – водотік (точка вимірювання F 16), який сьогодні накопичує воду з солоних озер, що використовуються для купання, і несе її у Тису (на задньому плані) (*Googol Ltd*)

Рекомендовано встановити стаціонарну станцію вимірювання якості води нижче вимірювальної точки SED 6 та нижче за течією від місця впадання водотоку Глод (рис. 27). Далі встановити опорну станцію для вимірювання якості води Тиси вище за течією від вимірювальної точки SED 1 та вимірювальну станцію (тобто всього три станції) для визначення впливу все ще частково працюючої Південної гілки водовідвідної мережі. Вона має бути розташована на ділянці українсько-румунського автомобільного мосту на кордоні, або трохи нижче за течією від нього.

Таким чином, одна з трьох станцій вимірювання якості води в Тисі може бути підключена до станції вимірювання якості води, яка була раніше створена у Тячеві та знаходиться за 35 кілометрів вниз за течією річки від Солотвина, як частина Транснаціональної системи моніторингу Тиси.

**6. Бачення та пропозиції щодо відновлення Солотвина – подальші дії щодо процесу відновлення**

**6.1 Управління земельними ресурсами, з урахуванням зон ризику (котловини,**

**кратери), картографуванням ризиків (прогнози на майбутнє, можливість повторного використання кратерів для будь-яких цілей)**

- Деякі з колишніх об'єктів видобутку корисних копалин і технічні приміщення можуть використовуватися як інноваційні спортивні та рекреаційні об'єкти, наприклад, для екстремальних видів спорту, міських ігор, квест-кімнат, театрів тощо, а також для проведення інтерактивних виставок просто неба та під землею. Перед прийняттям будь-яких рішень і перед початком будь-якої діяльності необхідно провести ретельну та належну оцінку Ризиків.

## **6.2 Управління ресурсами солоної води та озерами (управління водними ресурсами, охороною здоров'я та туризмом)**

Слід підкреслити, що розвиток туристичної галузі сильно пов'язаний з оздоровчим туризмом, а саме з озерами і лікарнями. Використання солі (та солоних озер) у туристичних цілях як розробка корисних копалин у Солотвині почалося в 1970-х роках, але поширилося, в основному, лише у 2000-х роках, коли видобуток не міг забезпечити працевлаштування такої кількості людей, як раніше. Туристи купаються в озерах, що утворилися на території колишньої шахтарської зони, крім того, у будівлях для розміщення відпочивальників, як послуги, з'являється все більше басейнів з прісною та морською водою. Туризм став основною галуззю для усієї громади, і спостерігається тенденція розвитку рекреаційного та лікувального туризму. Медичний туризм розширився за рахунок спа-послуг.

Важливо підкреслити, що простого існування солі недостатньо для сталого економічного та соціального розвитку, має бути досягнутий високий рівень якості надання послуг, розміщення відвідувачів, дозвілля, лікування та розвинена інфраструктура, які можуть забезпечити основу для якісного туризму.

Незважаючи на те, що більшість будинків у Солотвині підключені до каналізації, очисні споруди, побудовані у 1970-х роках, не працюють належним чином, і стічні води витікають майже прямо в річку Тиса. В останні десятиліття оновлення каналізаційної системи було менш пріоритетним, ніж поліпшення питного водопостачання (Європейська Команда цивільного захисту населення, 2016). Крім того, з інших частин населеного пункту стічні води без фільтрації стікають безпосередньо у кратери, що, у свою чергу, більше посилює виникнення зсувів та просідань. Водночас, через просідання ґрунту багато каналізаційних трубопроводів, можливо, були зламані та засипані землею, забруднюючи ґрунтові води.

Після закриття соляних шахт індустрія туризму стала головним сектором, який забезпечує робочими місцями місцевих жителів і дає змогу подолати місцеву економічну рецесію. В основному забруднення солоної води та велика кількість незаконних звалищ відходів погіршує туристичний потенціал Солотвина. Тому важливо зменшити забруднення води та ґрунту, шляхом обмеження витоку забруднених ґрунтових вод і поширення сміття, застосовуючи підвищення рівня очищення та проведення робіт з центральним сміттєзвалищем.

Зростання туристичного сектору неможливо досягти без запобігання поширенню забруднення. Місцеві соляні ресурси є найважливішою цінністю району, і на цей час вони створюють бренд Солотвина. Однак, якщо такий геологічний ресурс будуть і надалі забруднювати, Солотвино більше не зможе використовувати цей спеціальний фонд.

### Рекомендації

- Необхідно підтримувати місцевих жителів, щоб вони були частиною туристичного сектора, заохочуючи розвиток сфери послуг, наприклад, розміщення відвідувачів, а також продаж місцевих продуктів і сувенірів.
- Налагодити контакти з курортними містами Європи.
- Заохочувати ті види інвестиційних проєктів, які можливо втілити далі від зон ризику та які сприятимуть переходу до якісного туризму, а також забезпечать запровадження нових комплексних послуг у сфері охорони здоров'я та лікування.

### **6.3 Планування території та забудови для відновлення рекреаційних прісноводних озер**

Зростання кількості гостей спонукало до розвитку туристичної інфраструктури, а саме закладів для розміщення та харчування. Солотвино стало справжнім центром відпочинку з готелями, барами та іншими закладами. Інфраструктура була побудована хаотично і зосереджена головним чином на солоному озері Кунікунда, яке було розділене невеликими дамбами, щоб забезпечити належний рівень води для тих, хто купається (Stoeckl та ін., 2020). Якщо говорити про заклади розміщення відпочивальників, то під час основного літнього сезону іноді у районі одночасно перебувають навіть понад 2000 туристів (інтерв'ю з паном Кочергою, 2022). Як відносно нове явище, будуються більші та якісніші готелі. Всього працює понад 60 одиниць для розміщення відпочивальників; деякі з них приймають кілька десятків туристів, а інші є більшими об'єктами. Крім того, багато інших приватних

домогосподарств (сімейні будинки, квартири) пропонують додатково послуги з розміщення туристів. Це також забезпечує додатковий дохід для мешканців, оскільки вони можуть здавати свої вільні кімнати чи будинки для відвідувачів. Однак, незважаючи на цей позитивний процес розвитку туризму, зростає потреба у плануванні використання територій та землекористування, яке слугуватиме як подальшому розвитку туристичного сектору, так і принципам сталого розвитку для кращого захисту й використання територій навколо прісноводних озер.

Постійна небезпека зсувів та просідання ґрунтів відлякує нових інвесторів та компанії, оскільки вони не хочуть вкладати інвестиції у зону ризику. Крім того, навколо рекреаційної зони Солотвина також відбуваються менш масштабні зміщення поверхні землі. Місцевий бізнес намагається пом'якшити ефект від цих процесів та реагувати на них, однак, за інформацією місцевих джерел, серйозних зрушень останнім часом не відбувалося.

- Щоб уникнути розповсюдження забруднення, його джерела та можливість поширення повинні бути локалізовані. У іншому випадку це унеможливить туризм або принаймні зменшить його привабливість.
- Туризм має розвиватися з дотриманням балансу між подальшим розвитком сектору та якістю навколишнього середовища.
- Слід дозволити лише ті нові розробки, які враховують небезпеку та ризик для навколишнього середовища (наприклад, забруднення водою або обвалення будівель).

#### **6.4**      **Можливості для відкриття нових шахт**

Беручи до уваги нещодавні зміни в ширшому розумінні та локальну ситуацію, існує потенціал для відновлення видобутку солі в більших масштабах (інтерв'ю з паном Кочерхою, 2022). Внаслідок виникнення загальнодержавних проблем, пов'язаних з війною, таких як припинення роботи найбільшої соляної шахти України – Соледарської соляної шахти у Донецькій області, з якої постачалась сіль для багатьох регіонів Східної Європи, роль ресурсів Солотвина набула більшого значення. Сіль стала затребуваним продуктом і на решті території України. Повторне відкриття шахт також дасть поштовх для розвитку нового індустріального парку, де можна буде розмістити переробний завод. Тим не менше, попередні та поточні рекомендації повинні бути враховані у випадку, якщо видобуток планується збільшити.

Видобуток солі в Солотвині має давню традицію, оскільки розвиток сучасного Солотвина базувався, насамперед, на видобутку корисних копалин. Це також означає, що ситуація з видобутком



солі визначає сьогодення та майбутнє місцевої економіки, і така роль не є другорядною стосовно того, що станеться з цим сектором.

### **Рекомендації**

- Темою подальшого дослідження є необхідність з'ясувати екологічну та економічну доцільність підтримування реконструкції сектору видобутку солі. У разі позитивних відповідей, слід розгорнути суворий і вдосконалений моніторинг.
- Необхідно більше підтримувати діяльність з переробки солі та створення продуктів, заснованих на її видобутку (порівняно з попереднім періодом), тобто сіль можна вважати не просто сировиною для видобутку у великих кількостях.

### **6.5 Можливість повторного відкриття медичного центру/лікарні**

У Солотвині працюють дві лікарні, які є важливим соціально-економічним активом населеного пункту. Лікарня, що утримується Закарпатською обласною радою, лікує 100 хворих на бронхіальну астму та захворювання органів дихання. У національній лікарні лікується 350 пацієнтів. У двох лікарнях працювало понад 500 осіб, що підкреслює їх важливість для місцевого населення. Це вплинуло б на всю громаду, якби лікарні припинили свою роботу, враховуючи, що багато інтелектуалів, лікарів та іншої важливої місцевої робочої сили й людського капіталу можна зберегти за допомогою цих закладів охорони здоров'я. Оскільки оздоровча користь підземних камер є великою, були створені підземні алергологічні лікарні, куди приймали пацієнтів не лише із Закарпаття, а й з інших куточків материкової України. Після закриття шахт, лікарні більше не могли використовувати підземні палати. Все ще існує великий попит на стаціонарне лікування з використанням соляних ресурсів, що є величезним потенціалом для Солотвина, за умов належного забезпечення управління і контролю за ситуацією.

### **6.6 Розвиток оздоровчого та культурного туризму у співпраці з Сігету Мармаціей**

Потенціал полягає у підвищенні функціональної інтеграції з Сігету Мармаціей, Румунія. Сігету Мармаціей був колишнім центром транскордонного басейну Мармарош, історичним центром ширшої території Сігету Мармаціей, що населяють понад 30 000 жителів і який надає послуги регіонального значення частково також для румунів, які проживають в Україні. Незважаючи на

етнічну неоднорідність Солотвина, що є осередком людей румунського походження, які проживають на Закарпатті, у суспільстві зберігається взаєморозуміння, мирне мультикультурне та транскордонне співробітництво, крім того, знання мови сприяє налагодженню ділових, трудових і туристичних зв'язків, взаємодії з румунською стороною. Була поліпшена інфраструктура перетину кордону (2007 рік: побудовано новий міст через Тису, 2024 рік: буде побудовано чотирисмуговий міст у Білій Церкві). Оскільки зона впливу Сігету Мармаціей стає менш спотвореною та обмеженою кордоном завдяки новим транспортним сполученням, а євроінтеграційний процес України отримує новий поштовх, то у певних сферах можна будувати транскордонні стосунки з найбільшим містом в околицях Солотвина - Сігету Мармаціей.

### **Рекомендації**

- Треба спробувати краще використати потенціал транскордонної зони впливу Сігету Мармаціей, особливо у сфері обігу робочої сили та обміну студентами, а також торгівлі, започаткувавши більш інституціалізовані форми транскордонної співпраці та створивши відповідні управлінські структури (наприклад, міська платформа).
- Необхідно зосередитися на містобудівних функціях, установах та послугах регіонального значення (туристичні об'єкти, лікарні тощо) й привабливості для підтримки та зміцнення міського розвитку.
- Краще започатковувати будь-які міжнародні відносини, включаючи торгівлю, туризм і культуру, на основі багатомовного та багатокультурного середовища, доступного в Солотвині.
- Національним та місцевим учасникам міського та регіонального управління, запровадити політику зацікавлення Угорщини й Румунії в інвестуванні збереження спільної спадщини трьох країн (наприклад, шляхом підтримки транскордонних тематичних культурних маршрутів, реконструкції історичних пам'яток).

### **6.7. Підвищення обізнаності громадськості**

Мешканці викидають побутові відходи у котловини, оскільки система вивезення сміття не відповідає потребам громади. Стихійні сміттєзвалища забруднюють ґрунтові води, Тису та озера, а також котловини.



## Рекомендації

- Підтримувати проведення заходів із підвищення обізнаності громадськості (наприклад, конкурси зі збору та переробки сміття).

### **6.8. Консервація колишніх шахт для збереження промислової спадщини**

Багато об'єктів на території гірничодобувного підприємства зруйновані та майже повністю зникли (наприклад, столярна майстерня, лісопилка, шахтна вишка). З усіх споруд залишилася лише адмінбудівля колишньої дирекції.

Також важливо зберегти гірничу спадщину, оскільки обладнання та інфраструктура все ще існують і вони належать до культурної спадщини регіону. Оздоровчий і рекреаційний туризм, можуть бути доповнені культурним туризмом з унікальними пам'ятками, заснованими на промисловому минулому регіону.

## Рекомендації

- Видобуток корисних копалин також можна розглядати як спільну культурну спадщину населення та регіону, включаючи громаду Солотвина, яка може забезпечити підтримку розвитку міжнародного туризму.
- Можна поліпшити співпрацю з іншими шахтарськими містами в ширшому регіоні, а також з іншими міжнародними партнерами вздовж річки Тиса.
- Щоб Солотвино стало інтегрованим об'єктом на туристичному ринку, громада має створити єдиний бренд, який сприятиме розбудові партнерства між суб'єктами місцевого туристичного сектора. Наприклад, обов'язково треба узгоджувати основні локації та розвивати навколо них сферу послуг, що сприятиме створенню якісного туризму в регіоні. Завдяки цим заходам Солотвино зможе представити себе і на міжнародному рівні.

## ПОСИЛАННЯ

Дослідження BGS (2016): Реагування на небезпеку: вивчення випадку Солотвинських котловин. Британська геологічна служба <https://www.bgs.ac.uk/geology-projects/sinkholes-research/solotvyno/>

Команда цивільного захисту Європейського Союзу (2016): Консультативна місія в Україні «Район Солотвинських соляних шахт». ЗВІТ ПРО ОЦІНКУ РИЗИКУ.

Оненкан А. М. – Містерс К. – Ван де Валле Б. (2018): [Methodology for Participatory GIS Risk Mapping and Citizen Science for Solotvyno Salt Mines](#). Дистанційне зондування. том. 10., № 11. DOI: 10.3390/rs10111828 (Оненкан та ін., 2018)

Оненкан, А. М. та інші (2018): проект ImProDiReT. D 3.1 Аналіз сучасного стану.

Штокль Л. – Бенкс В. – Шехунова С. – Яковлев Ю. (2020): [The hydrogeological situation after salt-mine collapses at Solotvyno, Ukraine](#). Журнал з гідрології: регіональні дослідження. том. 30. DOI: 10.1016/j.ejrh.2020.100701 (Штокль та ін., 2020)

Шехунова С.Б., Алексеєнкова М.В., Стадніченко С.М., Сюмар Н.П. Інтегральна геологічна модель Солотвинської структури як інструмент оцінки геоecологічного стану Солотвинського родовища кам'яної солі. Зб. наук. пр. ІГН НАН України. 2015, Т. 8, 233-250. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2015.146791> (Українською)

Шехунова С.Б., Алексеєнкова М.В., Стадніченко С.М., Сюмар Н.П. Літологічна модель надсолевого комплексу Солотвинської солянокупольної структури. Зб. наук. пр. ІГН НАН України, 2021, №. 14 (2) DOI:10.30836/igs.2522-9753.2021.245822 (Українською)

Шехунова С.Б., Пакшин М.Ю., Стадніченко С.М., Ляська І.І., Алексеєнкова М.В. (2021) Супутниковий радіолокаційний моніторинг територій після видобутку (Солотвино, Україна). Матеріали XV Міжнародної наукової конференції EAGE «Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану навколишнього середовища», 17–19 листопада 2021 р., Київ, Україна. Пн-21-075, <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215K2075>

Шехунова Алексеєнкова М.В., Яковлев Є.О., Стадніченко С.М. (2020) Геологічні небезпеки: Карти ризиків для Солотвина DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3763374>

Стеценко Б.Д., Шехунова С.Б., Стадніченко С.М., Шестопалов В.М., Руденко Ю.Ф. Гідрогеологічні проблеми Солотвинського родовища кам'яної солі і їх аналіз з використанням моделювання (Україна). Зб. наук. пр. ІГН НАН України, 2021, №. 14 (2). DOI:10.30836/igs.2522-9753.2021.245937 (Українською)

Пакшин, М., Шехунова, С., Стадніченко, С., Ляська, І., 2021, Супутниковий радіолокаційний моніторинг для картографування антропогенних та природних геологічних небезпек у межах Солотвинського гірничопромислового району (Закарпаття, Україна). Європейський союз геонаук «vEGU21». EGU21-8417. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-8417>