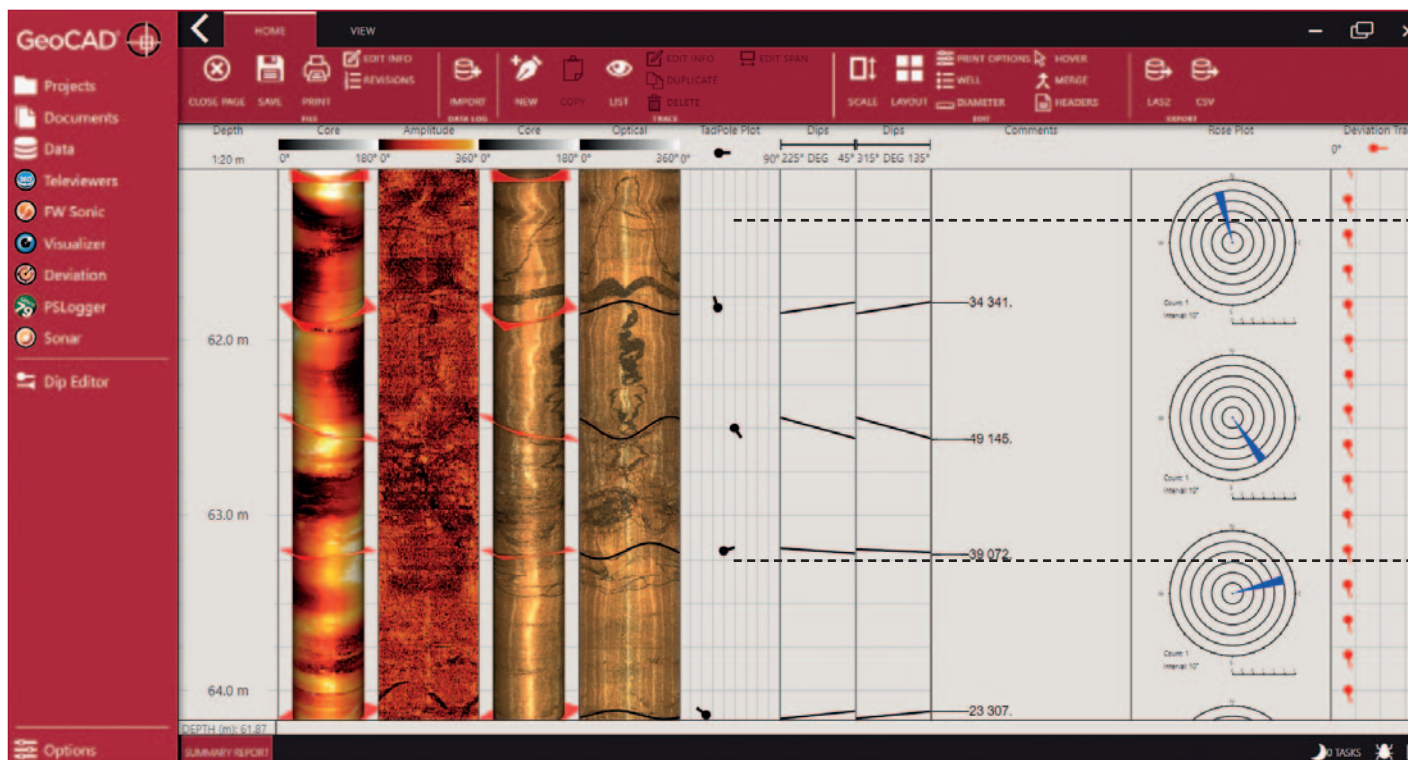




Приклад даних, отриманих свердловинним телевізором та оброблених у програмному забезпеченні GeoCAD®

Свердловинні телевізори

Чому свердловинні телевізори стали одним із основних інструментів геотехнічних досліджень і розвідки мінеральних ресурсів.

Robertson Geo є світовим лідером у виробництві обладнання для каротажу свердловин малого діаметра. Компанія має власні потужності для проєктування й виробництва та надає перевірені каротажні послуги в усьому світі. У міру розвитку ринку свердловинних телевізорів Robertson Geo постійно вдосконалює свої технології відповідно до нових вимог галузі.

Свердловинні телевізори формують безперервне орієнтоване зображення стінки свердловини високої роздільної здатності. Це дає геологам та інженерам-геотехнікам детальну інформацію про геологічну будову, структурні особливості, тріщини та орієнтацію напружень. Отримані дані також використовують для орієнтування керна та уточнення глибинної прив'язки у випадках неповного виходу керна. Об'єктивна й точна інформація реєструється безпосередньо у свердловині та передається на комп'ютер, де її можна зберігати, обробляти, аналізувати й передавати іншим користувачам.



ЯК ПРАЦЮЮТЬ СВЕРДЛОВИННІ ТЕЛЕВІЗОРИ

Оптичні й акустичні свердловинні телевізори формують розгорнуті орієнтовані зображення стінки свердловини. Площини тріщин і нашарування відображаються на них у вигляді синусоїд, за якими з високою точністю визначають азимут і кут падіння.

ОПТИЧНИЙ СВЕРДЛОВИННИЙ ТЕЛЕВІЗОР

Оптичний телевізор високої роздільної здатності (Hi-OP TV)® забезпечує максимальну деталізацію та може застосовуватися в сухих свердловинах або за наявності прозорої свердловинної рідини. Він реєструє колір і відтінок відбитого світла. Стінку свердловини освітлює кільце білих світлодіодів, розташованих на зонді. Відбите світло через об'єктив надходить на світлочутливий сенсор. Роздільна здатність дуже висока: у свердловинах діаметра HQ розмір пікселя може бути значно меншим за 1 мм.

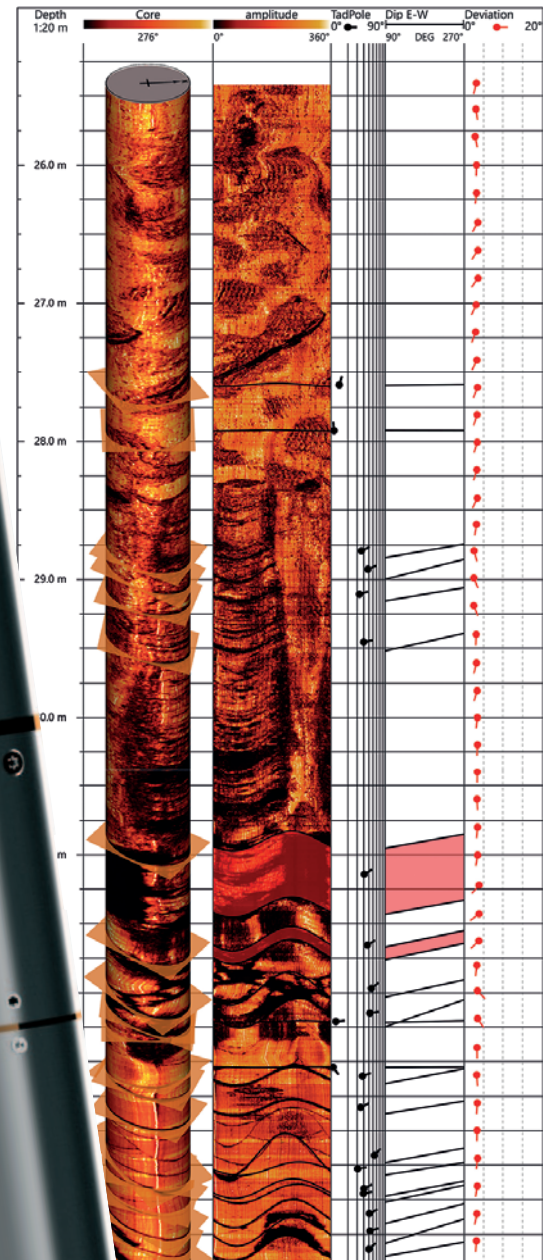
Оптичний телевізор формує орієнтоване зображення стінки свердловини дуже високої роздільної здатності без перспективних спотворень. Під час роботи нижче рівня підземних вод якість зображення залежить від прозорості свердловинної рідини, тому для отримання найкращих результатів може знадобитися попереднє промивання свердловини.

АКУСТИЧНИЙ СВЕРДЛОВИННИЙ ТЕЛЕВІЗОР

Для роботи акустичного телевізора високої роздільної здатності (HRAT)® свердловина має бути заповнена рідиною. Зонд досліджує її стінку, вимірюючи амплітуду та час проходження відбитого ультразвукового сигналу. Сигнал генерується нерухомим перетворювачем і спрямовується на стінку свердловини за допомогою акустичного дзеркала, що безперервно обертається. Амплітуда відбитого сигналу характеризує твердість стінки свердловини. Час його проходження надає додаткову інформацію про тріщини та дає змогу формувати діаграми вивалів стінки. Найбільш деталізованими зазвичай є амплітудні зображення: тверді породи відбивають сигнали високої амплітуди, тоді як м'які породи й тріщини формують сигнали низької амплітуди. У результаті створюється карта стінки свердловини з роздільною здатністю близько 2 мм за сприятливих умов. У свердловинах великого діаметра або за наявності бурового розчину роздільна здатність може знижуватися через розсіювання сигналу.

На прикладі праворуч показано оброблення даних акустичного телевізора в GeoCAD® за амплітудним каналом. Лівий край зображення орієнтовано на північ, зазвичай на магнітну північ.

Правильне центрування зонда має важливе значення для всіх свердловинних телевізорів, оскільки забезпечує стабільну якість даних у всіх напрямках. В акустичних телевізорах воно сприяє рівномірності часу проходження й амплітуди сигналу, а в оптичних зменшує смугастість зображення. Свердловинні телевізори дають змогу точно визначати орієнтацію та розкриття тріщин і площин нашарування — характеристики, які можуть втрачатися під час відбору керн. Крім того, вони забезпечують значно швидше й економічніше отримання даних порівняно з традиційними методами орієнтування керн. Нині ці системи широко застосовують як важливий геотехнічний інструмент в осадових і твердих породах.



Акустичний телевізор високої роздільної здатності (HRAT)® та приклад каротажних даних

HRAT®
TELEVIEWER

ТЕХНОЛОГІЯ, ПЕРЕВІРЕНА В НАЙСКЛАДНІШИХ УМОВАХ

Robertson Geo постачає свердловинні телевізори та надає каротажні послуги в усьому світі, зокрема в надзвичайно складних умовах. На морських вітроелектростанціях, льодовиках Антарктиди, у підземних шахтах і звичайних геотехнічних проєктах ця технологія зарекомендувала себе як надійний і незамінний інструмент.

Велика Британія є світовим лідером у розвитку морської вітроенергетики. Літологічна інформація має ключове значення для інженерів, які проєктують фундаменти великих споруд, що підтримують сучасні вітрові турбіни. Обладнання, стійке до впливу морського середовища, дає змогу застосовувати свердловинні телевізори під час робіт із самопідіймальних платформ і бурових суден. Вони входять до комплексу геотехнічних засобів для збирання підповерхневих даних, необхідних у процесі проєктування.

Акустичні телевізори застосовували на морській вітроелектростанції Dudgeon у Великій Британії та біля північно-західного узбережжя Франції. Інші морські застосування включають прибережні й наземні дослідження на майданчиках атомних об'єктів Wylfa та Sizewell B.

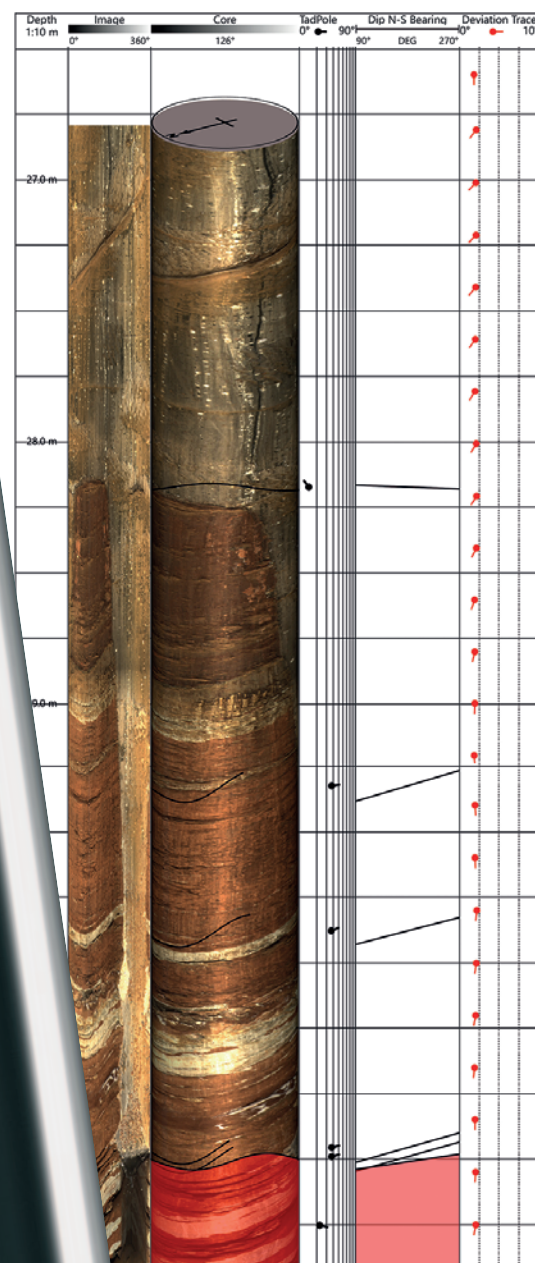
Акустичні телевізори також широко використовують для розвідки мінеральних ресурсів у різних країнах світу. Один із нещодавніх прикладів - проєкт підземного золотого рудника Dalradian у Північній Ірландії, де точне оконтурювання систем підземних розломів мало вирішальне значення.

Свердловинні телевізори регулярно застосовували на найбільших інфраструктурних проєктах Великої Британії, зокрема Canary Wharf, HS2, Queensferry Crossing і Lower Thames Crossing, а також на багатьох інших лінійних інфраструктурних об'єктах. Водночас простота використання та економічна ефективність роблять цю технологію доступною навіть для невеликих проєктів. У всьому світі її широко застосовують у геотехнічних дослідженнях, зокрема для оцінювання стійкості схилів.

У межах сезонного проєкту в Антарктиді переносні системи з оптичними телевізорами використовували для дослідження льодових прошарків у свердловинах, пробурених гарячою водою.

БУРІННЯ МАЄ ЗНАЧЕННЯ

Якість зображення залежить від стану свердловини, який, своєю чергою, визначається технологією буріння. Свердловини, пробурені обертальним способом, зазвичай забезпечують найкращі зображення завдяки низькій шорсткості стінок. Якісні результати можна отримувати у свердловинах діаметром 60-300 мм, а оптимальний діапазон становить 75-150 мм.



Оптичний телевізор високої роздільної здатності (Hi-OPTV)® та приклад каротажних даних

Hi-OPTV®
TELEVIEWER



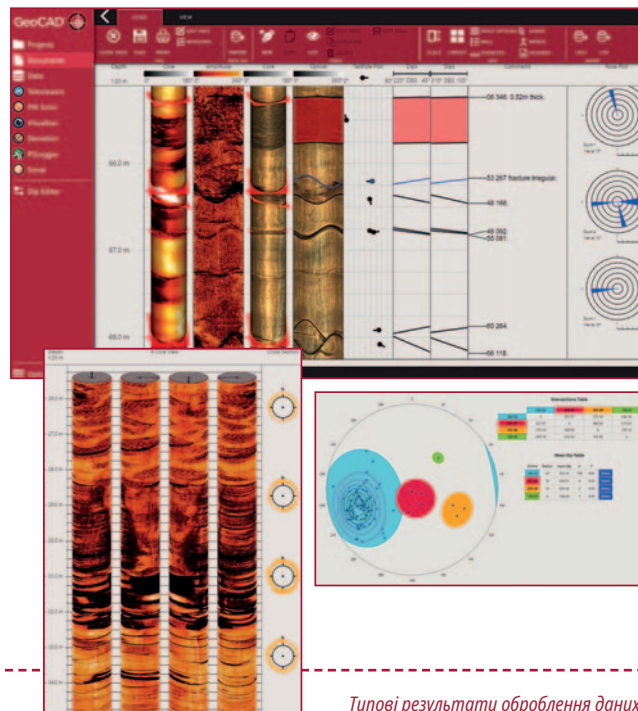
Свердловину необхідно підготувати так, щоб забезпечити найкращі умови для обраного методу дослідження. Для оптичного телевізора це, де можливо, передбачає промивання й очищення свердловини. Залежно від властивостей порід може знадобитися час для осідання завислих частинок у рідині: від повної відсутності очікування у твердих породах до кількох днів у м'яких породах і незцементованих осадових відкладах.

Для роботи акустичного телевізора свердловина має бути заповнена рідиною. Водночас він досить стабільно працює і в умовах бурового розчину. Якщо стійкість стінок свердловини викликає занепокоєння, каротаж часто виконують окремими проходками з поетапним підніманням бурильної колони. Щоб мінімізувати можливу втрату даних, необхідна тісна взаємодія між буровиками, геологами та інженерами-геотехніками для визначення проблемних інтервалів, наприклад гравійних пластів. Після цього складають план поетапного каротажу. Бурильну колону піднімають частинами, відкриваючи окремі ділянки необсадженого стовбура та водночас захищаючи нестійкі зони. За можливості суміжні інтервали каротажу слід виконувати з перекриттям, щоб забезпечити безперервність глибинної прив'язки по всій свердловині.

Такий метод вимагає, щоб телевізор проходив крізь бурильну колону й бурове долото до необсадженої частини свердловини. Оскільки зонд необхідно центрувати, виникає технічна складність: центратор має вільно проходити крізь долото меншого діаметра й водночас забезпечувати належне центрування у свердловині більшого діаметра. Використання бурового інструменту з відносно великим внутрішнім діаметром порівняно з діаметром свердловини, наприклад Geobor S, допомагає зменшити цю проблему.

ОПЕРАТИВНЕ ОТРИМАННЯ ДАНИХ

Під час каротажу зображення можна переглядати в реальному часі, а після завершення запису одразу детально аналізувати, якщо потрібні оперативні результати. Перегляд каротажних матеріалів корисний і для буровиків. Він забезпечує цінний зворотний зв'язок і часто підтверджує їхні спостереження щодо стану свердловини під час буріння. Швидке отримання зображень безпосередньо в польових умовах стало звичною вимогою для інженерів-геотехніків і геологів. Ці дані допомагають визначати глибини подальших випробувань, планувати встановлення тимчасових або постійних систем моніторингу та за потреби коригувати програму буріння.



Типові результати оброблення даних.

ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ

Усі дані, отримані свердловинними телевізорами, мають просторову орієнтацію, зазвичай відносно магнітної півночі. Нахил і азимут свердловини реєструються під час кожного каротажного проходу. Це дає змогу перераховувати глибину в істинну вертикальну та автоматично коригувати орієнтацію виявлених структурних елементів.

Акустичні й оптичні зображення зазвичай обробляють за однаковим принципом. На зображення накладають порожню каротажну доріжку, яку заповнюють вручну визначеними структурними елементами. Для вибраних тріщин, розломів, площин нашарування та інших об'єктів підбирають відповідні синусоїди. Після того як геолог виділяє та класифікує структурні елементи, зокрема тріщини, розломи, пласти осадових порід і жили, структурну діаграму орієнтують відносно горизонталі та істинної півночі й відображають у вигляді діаграми типу tadpole. Падіння структурних елементів можна відображати з різних кутів огляду. Дані також можна узагальнювати у вигляді гістограм, діаграм Вульфа та діаграм роз для вибраних інтервалів глибини із групуванням за кутами падіння або азимутами.

За даними часу проходження сигналу акустичний телевізор також дає змогу формувати діаграму вивалів і зон розширення стовбура свердловини. Це особливо корисно для розрахунку необхідного об'єму тампонажного розчину перед установленням обсадної колони.

Грем Комбер

Радник з геотехнічних питань, Robertson Geo