

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІТОЛОГІЧНИХ ГРАНИЦЬ МЕТОДОМ ЗСБ В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ ГРУНТОВИХ ВОД

Розглядаються особливості інтерпретаційних основ методу зондувань становлення поля в ближній зоні в умовах забруднення геологічного середовища високомінералізованими водами. Особлива увага приділяється виділенню літологічних границь за електропровідністю середовища.

Ключові слова: зондування становлення поля в ближній зоні; мінералізація, літологічна границя

Вступ

Важливе місце при діагностуванні верхньої частин геологічного розрізу займають методи електророзвідки на постійному струмі. З винаходом методу електромагнітних (ЕМ) зондувань електророзвідка перейшла на новий рівень досліджень геологічного середовища, розширивши можливості розчленування товщі з низькоомними і високоомними горизонтами, котрі є непроникливі для постійних струмів [Сидоров, 1985]. На сьогодні електромагнітні методи набули широкого застосування при розв'язанні інженерно-геологічних, екологічних та інших задач і підтверджують їх високу геологічну інформативність та ефективність застосування. Для дослідження верхньої частини розрізу найчастіше застосовуються електромагнітні методи дослідження, зокрема, індукційні зондування становленням у ближній зоні (ЗСБ) джерела електромагнітного поля у високо-частотному варіанті. Індукційні зондування (модифікація ЗСБ) забезпечують високу роздільну здатність по вертикалі, локальність і чутливість до змін електропровідності, що є необхідною умовою при дослідженні тривимірних (3D) середовищ. Це важливо і при розв'язанні екологічних задач, оскільки екобезпечні прояви (карст, зсув, забруднення ґрунтів і водносних горизонтів і т.д.) відбуваються під дією фізико-хімічних процесів, котрі, відповідно, впливаючи на зміну електричних параметрів геологічного середовища. Навіть відносно незначні зміни об'єму порового середовища приповерхневого ґрунту на 1-5% супроводжується змінами об'єму питомої електричної провідності на 35-70%. Також, підвищення або зменшення мінералізації (М) ґрунтових вод або водонасичених порід на 0,1 г/л можуть змінювати електричний опір на десятки омметрів. Така висока чутливість методу дозволяє виявляти негативні процеси, коли вони тільки починають зароджуватись, тобто на початковій стадії їх розвитку, в свою чергу це дає можливість своєчасно ліквідувати їх наслідки [Шамотко та ін., 2006]. В свою чергу широка градація опорів (провідностей) в межах геологічного розрізу, яку ми отримуємо при трансформації сигналу в параметри середовища вимагає особливого підходу до інтерпретації даних. Особливо це стосується при виділенні літологічних границь в умовах підвищеної мінералізації вод, що насичують поровий простір геологічних шарів.

Для вирішення задач виділення літологічних границь методом ЗСБ в умовах забруднення водоносного горизонту відходами калійного виробництва в районі Калуш-Голинського родовища, було проведено ряд профільних, параметричних та періодичних спостережень. За даними буріння геологічний розріз району робіт з вежу в низ представлений малопотужними суглинковими відкладами (потужністю від перших десятка сантиметрів до 2-2,5 м), нижче залягають гравійно-галькові відклади (потужністю до 16 м), що перекривають породи гіпсо-глинистої шляпи (котра утворилась в наслідок вилугування солевміщуючих порід), а ще нижче за розрізом знаходиться соленосна товща (соленосні глини, соленосні брекчії, лінзи солей). В районі робіт виділяється два водоносних горизонти: це суглинковий-верховодка, та основний в гравійно-галькових відкладах.

Метод

Для вирішення екологічних завдань пов'язаних із забрудненням ґрунтових вод застосована швидкодіюча апаратура мікросекундного діапазону типу „Стадія” і електророзвідувальна установка з центральною симетрією типу „контур в контурі” ($Q-q$), котра порівняно з комбінованими ($AB-q$), забезпечує кращу роздільну здатність по вертикалі та латералі [Шамотко, 2006; Дешиця, 1993; Дешиця, 2002], тобто дозволяє детально досліджувати складні геосередовища з тривимірними електричними неоднорідностями. Типорозміри установок, параметри зондувань і мережа спостережень оптимізувалися на основі даних математичного та фізичного моделювання. Геометричні розміри генераторного (Q) і вимірювального (q) контурів дорівнювали, відповідно, $Q=(10 \times 10) \text{ м}^2$ і $q=(5 \times 5) \text{ м}^2$, які забезпечували необхідну глибину зондувань при наявних незначних потужностях (6-15 м) приповерхневої (суглинки, гравійно-галькові водоносні відклади) частини геологічного розрізу та насипних ґрунтів дамби (15-20 м). Часовий діапазон вимірювань нестационарного поля охоплював від 1.0 до 200 мкс зі змінним кроком дискредитації від 0.5 до 20 мкс при збільшенні часу затримки моменту виміру. Це забезпечувало достатньо високу роздільну здатність і чутливість вимірів до об'ємних змін геоелектричних параметрів середовища, зумовлених та тісно пов'язаних з розвитком процесу засолення, а також необхідну глибину досліджуваного

геологічного розрізу. Реєструвались нормовані на струм (I_0) сигнали вимірювального контура, пропорційні вертикальній компоненті індукованого поля $\partial B_z / \partial I_0$ у пунктах зондування.

Обробка та інтерпретація даних зондування ґрунтується на застосуванні програмних засобів препроцесингу та трансформації вимірюваних сигналів в параметри середовища, а також методиках візуалізації та геологічної інтерпретації даних зондування. За основу інтерпретації зондувань обрані відомі диференційні способи трансформації індукованого поля з представленням кривих залежностей поздовжньої провідності $S_{\tau}=f(H)$ і опору $\rho=f(H)$ від глибини, за кожними визначались геоелектричні параметри (опір, потужність та їх зміни) середовища

Результати

Результатом першого етапу проведених робіт є побудова геоелектричних розрізів, та карт площинного розподілу аномалій електропровідності. На другому етапі проводились параметричні спостереження над свердловинами методом ЗСБ з котрих паралельно брався відбір вод для проведення хімічного аналізу за мінералізацією та концентрацією вмісту в них солей. Така методика дозволяє робити побудови геологічних розрізів із виділенням літологічних границь. Відомо, що при мінералізації $M < 10$ г/л за питомим електричним опором різних водонасичених порід і відомою мінералізацією можна оцінити літологію порід [Матвеев, 1985], рис. 1.

Методика за якою проводяться дослідження на другому етапі польових спостережень дозволяє не тільки відслідковувати літологічну границю шарів, але й проводити аналіз стану окремо взятого горизонту. Підтвердженням того є проведені спостереження методом ЗСБ над свердловиною № 62, де загальна мінералізація менше 1,5 г/л ($M < 1,5$ г/л). На рисунку 3а показано співставлення геологічного та геоелектричного розрізів які добре корелюють, за результатами геофізичних інтерпретацій та побудов виділяються не тільки геологічні горизонти але можна говорити про їх стан. Так в межах другого гравійно-галькового водоносного горизонту виділяються дві геоелектричні границі, які вказують на рівень вод в водоносному горизонті (150 – без води, 30 Ом·м – з водою) в інтервалом глибин 2-5,8 м та 5,8-12 м відповідно. В гіпсо-глинистих відкладах також виділяється дві геоелектричні границі, що вказують на межу зволоження горизонту (1,5 Ом·м) в інтервалі глибин 12-15 м, та сухі глини (8,6 Ом·м) інтервал глибин 15-20,3 м. Чітке співпадіння геологічного розрізу з геоелектричним не завжди має місце особливо коли діагностується стан забруднення середовища високомінералізованими розчинами, що насичують не один літологічний шар, а декілька.

Результати режимних дослідженнях (третій етап) в районі зон аномальної провідності з періоду 2005 по 2007 роки при виділенні літологічних границь

показали, що границі в часі можуть зміщуватись, при чому як на нижчі гіпсометричні рівні так і на вищі. Таке зміщення не перевищує 1 м і коливається в межах 0,1-0,9 м, рис. 2. Залежність питомого електричного опору осадових гірських порід від степені мінералізації насичених їх розчинів не однакова при збільшенні розчиненого вмісту солей опір буде наближуватись до опору природних вод з цією ж мінералізацією, рис. 1. В наслідок цього геоелектричні границі при інтерпретаційних побудовах будуть зміщуватись відносно реальних (геологічних), визначених за даними буріння.

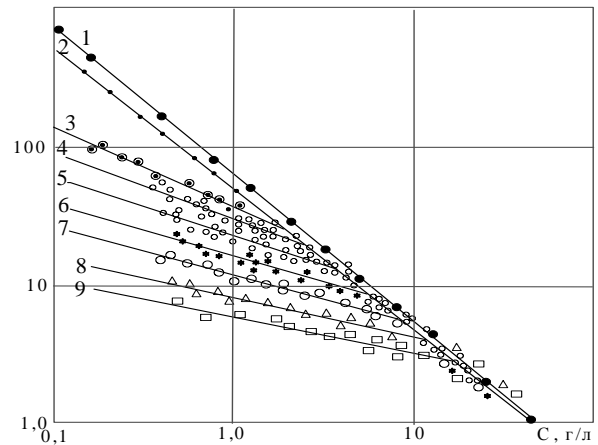


Рис. 1. Залежність питомого електричного опору (ρ_p) водонасичених порід від мінералізації (M)

1 – природні води; 2 – гравійно-галькові відклади; пісок: 3 – крупно зернистий; 4 – середньо зернистий; 5 – мілко зернистий; суглинок: 6 – легкий; 7 – середній; 8 – важкий; 9 – глина

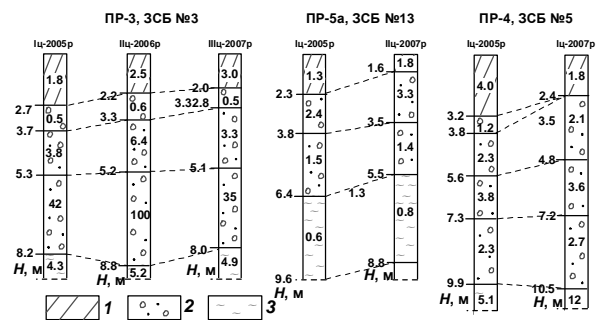


Рис. 2. Динаміка змін геоелектричних параметрів розрізів в зонах забруднення геологічного середовища високо мінералізованими водами з виділенням літологічних границь

Натурні спостереження, проведені над параметричними свердловинами, рис. 3, представлені у вигляді трансформацій нестационарного поля (залежностей сумарної поздовжньої провідності (S) від глибини (H), проводились для співставлення геоелектричного і геологічного розрізів. Дослідження показали, що границя між водоносним гравійно гальковим горизонтом та зволоже-

ними глинистими відкладами найкраще відбиваються коли мінералізація не перевищує 3-5 г/л, що відповідає прісним та слабо мінералізованим водам (рис. 3, а, б). Зміщення інтерпретованої літологічної границі за даними ЗСБ вже буде відбуватися при мінералізації більше 6-8 г/л (сильно мінералізовані води, рис. 3, в). Причому величина зміщення буде залежати не тільки від ступеня мінералізації, але й від глибини проникнення мінеральних вод в другий горизонт (в нашому випадку гіпсо-глинисті відклади). Коли мінералізація досягає, так званого, критичного значення, більше 20 г/л, літологічні границі розділити за даними електромагнітних методів і для даного типу розрізу неможливо, рисунок 3, г.

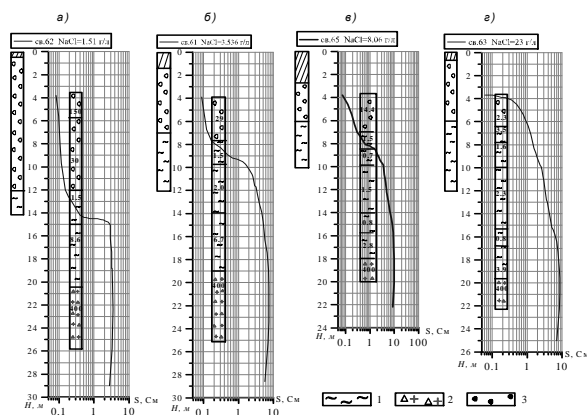


Рис. 3. Результати зондувань над параметричними свердловинами з різним ступенем мінералізації підземних вод
1 – суглинок, 2 – гравійно-галькові відклади, 3 – глина, 4 – соляні відклади.

Висновки

В результаті виконання робіт в районі забруднення геологічного середовища високо мінералізованими водами показали, що розділення шарів за їх літологічним складом залежить від ступеня мінералізації вод що їх насичують. При мінералізації вище 5-6 г/л границя розділу між літологічними границями буде зміщуватись на нижчі гіпсометричні рівні. Основним є те, що при мінералізації вище критичної $M > 20$ г/л розділення геоелектричного розрізу за літологічними шарами не можливе і буде залежати від глибини зволоження (проникнення мінералізованих вод) нижнього горизонту.

Література

Сидоров В.А. Импульсная индуктивная электро-разведка. – М. 1985 – 185с.
 Шамотко В.І, Дешиця С.А., Романюк О.І. та ін. Електромагнітне діагностування забруднення геологічного середовища відходами калійного виробництва (на прикладі Калуш-Голинського родовища Передкарпаття)./Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2006, №1 С.75
 Дешиця С.А. Модельні засоби синтезу електромагнітних образів неоднорідних геосередовищ (препр./АН України. ІППММ, №16). – Львів, 1993. – 36 с.
 Дешиця С.А., Шамотко В.І., Неганова О.А. Комплексні засоби дослідження геосередовищ нестационарними електромагнітними полями // Праці НТШ. Геофізика. – Львів. – 2002. – Т. XVII. – С. 18-24.
 Матвеев В.С. и др. Методы геофизики в гидрогеологии и инженерной геологии. – М.: Недра, 1985. – 109 с.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ГРАНИЦ МЕТОДОМ ЗСБ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

О.И. Романюк, Ю.В. Садовый

Рассматриваются особенности интерпретационных основ метода зондирования становления поля в ближней зоне в условиях загрязнения геологической среды высокоминерализованными водами. Особенное внимание уделено определению литологических границ за параметрами электропроводности среды.

Ключевые слова: зондирование становлением поля в ближней зоне; минерализация, литологическая граница

ON USING THE TIME DOMAIN ELECTROMAGNETIC SOUNDING FOR DETERMINATION OF LITHOLOGICAL BOUNDARIES IN THE PRESENCE OF HIGHLY MINERALIZED SUBSURFACE WATERS

O.I. Romanyuk, Y.V. Sadovyi

Features of time domain electromagnetic sounding method's interpretation for polluted, by high mineralized water, geological medium have been examined. The special attention has been dedicated to distinct the lithological boundary by the electrical one.

Key words: time domain electromagnetic sounding method in near zone, mineralization, lithological boundary.

¹Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, м. Львів

²ДП Науково-дослідний інститут галургії, м. Калуш