

Таблиця 3. Наближені розв'язки нелінійної граничної задачі (14) на площині

N	u		$\partial u / \partial x_1$		$\partial u / \partial x_2$		$\partial u / \partial x_3$	
36	0.565	0.598	0.029	0.021	0.029	0.021	0.026	0.067
64	0.605	0.611	0.032	0.028	0.032	0.028	0.038	0.053
120	0.616	0.614	0.030	0.032	0.030	0.032	0.047	0.044

Таблиця 4. Похибки розв'язків нелінійної граничної задачі (14) на площині при різних рівнях точності

k	$\varepsilon(u)$		$\varepsilon(\partial u / \partial x_1)$		$\varepsilon(\partial u / \partial x_2)$		$\varepsilon(\partial u / \partial x_3)$		N
1	0.206	0.025	0.019	0.007	0.019	0.007	0.025	0.056	36
3	0.048	0.172	0.019	0.006	0.019	0.006	0.018	0.057	
5	0.050	0.173	0.019	0.006	0.019	0.006	0.018	0.057	
1	0.492	0.479	0.017	0.010	0.017	0.010	0.026	0.033	64
3	0.018	0.066	0.013	0.004	0.013	0.004	0.011	0.030	
1	0.647	0.613	0.013	0.013	0.013	0.013	0.026	0.023	121
2	0.028	0.027	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	
4	0.005	0.007	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	

За табл. 4 виявлено, що збільшення точності апроксимації граничних умов у вузлових точках коллокації без збільшення кількості вузлових точок (і, отже, збільшення числа функцій, що беруть участь у розкладанні) не впливає на похибку (починаючи з $k = 2$). Ці обставини виявляють нелінійну поведінку похибок чисельного розв'язання граничних задач з похідними і спонукають досліджувати похибки розв'язків кожної конкретної задачі.

Висновки. Трансформацію значень поля сили тяжіння у зовнішньому просторі можна здійснити через розв'язання граничної задачі (3) для рівняння сили тяжіння (2), конкретний вигляд якого залежить від обраної моделі Землі. У плоскому випадку ця операція зведена до розв'язання граничної задачі (4) з ітерацій (5). Точність її розв'язання істотно залежить від міри обумовленості задачі, наближень напряму шуканого градієнта, параметрів чисельного методу [5] (числа і положення фундаментальних розв'язків), та напряму зовнішньої

нормалі, уздовж якої обчислюють похідні в граничних умовах (виконання умови (12)). Попри це, її розв'язання на простих моделях за певних обмежень – успішне.

Основними джерелами неоднозначності розв'язків задачі є скінченна вертикальна роздільна здатність розв'язку, неадекватний вибір моделі задачі чи початкових наближень розв'язку.

1. Алексидзе М.А. Редукция силы тяжести. – 1965. 2. Черный А.В. Об уравнении силы тяжести // ДАН УССР. – Сер. Б. – 1970. – С. 145-149.
3. Алексидзе М.А., Гелашвили М.С., Картвелишвили К.М. Исследование некоторых вопросов трансформации потенциальных полей. – 1972;
4. Алексидзе М.А. Решение некоторых основных задач гравиметрии. – 1985;
5. Алексидзе М.А. Решение граничных задач методом разложения по неортогональным функциям. – 1978;
6. Черный А.В. Описание гравитационных аномалий // Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1982, № 4. – С. 18-21.
7. Бицадзе А.В. Краевые задачи для эллиптических уравнений второго порядка. – 1966.
8. Интерпретация гравитационных и магнитных полей: Сб. науч. тр. / Отв. ред. Старостенко В.И. К. – 1992.

Надійшла до редколегії 25.11.09

УДК 551.3:550.83

В. Онищук, асп., М. Рева, канд. фіз.-мат. наук, Д. Онищук, студ.

ЕКОГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ В РАЙОНІ СКЛАДУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, проф. С.А. Вижвою)

Розглядаються особливості методики геофізичних досліджень при вивченні техногенного забруднення геологічного середовища. Наведені геоелектричні параметри різних типів порід верхньої частини розрізу однієї із ділянок у залежності від інтенсивності забруднення.

The features of geophysical prospecting methods for studying of geological environment technogenic pollution are shown. The geoelectrical parameters of various types of rocks of profile's upper part are revealed with regarding of pollution intensity.

Вступ. На сьогоднішній день у світовій господарській діяльності і зокрема в Україні загострюються проблеми, що пов'язані з екологічно небезпечними галузями промисловості. Найбільші підприємства були створені переважно у ХХ столітті без урахування, або з порушенням вимог охорони довкілля, що спричинило суттєвий техногенний вплив на значних територіях і, відповідно, погіршення умов життя населення. На сучасному етапі розвитку нагальною поставила задача вивчення техногенного забруднення довкілля. Оцінка і моніторинг геоекологічного стану довкілля можуть успішно вирішуватись за допомогою комплексу геофізичних методів [1]. Ефективність використання геофізичної інформації при розв'язанні геоекологічних задач визначається, насамперед, різноманітністю фізичних полів, що об'єктивно відбивають стан природного середовища [2]. Це пов'язано з тим, що зміни навколишнього природного середовища викликають досить суттєві зміни геофізичних полів. Слід відзначити універсальність геофізичної інформації, яка дає можливість визначати геометрію і властивості геологічних та техногенних тіл, а також їх

зміни з плином часу. Це дозволяє, зокрема, оцінювати ступінь напруженого стану масивів гірських порід та ґрунтових товщ, спостерігати за коливаннями вологості і мінералізації (засолення, геохімічне забруднення) та отримувати надійні геофізичні параметри для їх оцінки. Суттєве значення має також можливість безпосередньої характеристики різних складових геофізичних полів.

Техногенне речовинне (або хімічне, точніше геохімічне) забруднення навколишнього середовища, що включає геологічне середовище з підземними водами і навколоземну частину атмосфери, стосується понад 10 % земної суші. Воно утворюється за рахунок [1]:

- відвалів гірських порід поблизу шахт, копалень, де складаються супутні продукти після вилучення корисних руд;
- відходів крупних промислових і будівельних підприємств та міських агломерацій (шламонакопичувачі, відстійники, звалища, смітники);
- поховань радіоактивних відходів, а також радіоактивно забруднених матеріалів внаслідок аварій і катастроф на ядерних об'єктах;

© Онищук В., Рева М., Онищук Д., 2010

– втрат нафтопродуктів на нафтогазових промислах і нафтоперегінних заводах, з магістральних нафтопроводів, на станціях, що перекачують нафту і газ, нафтосховищах, складах паливно-мастильних матеріалів, автозаправних станціях, аеродромах [1];

– сільськогосподарської діяльності (засолення ґрунтів, внесення мінеральних добрив і отрутохімікатів, втрати хімічних речовин при зберіганні) та інших джерел.

Техногенне речовинне забруднення призводить до змін фізичних властивостей ґрунтів та порід верхньої частини геологічного розрізу.

Вибір геофізичних методів досліджень техногенного забруднення залежить від геолого-геофізичних умов об'єктів вивчення. В загальному комплекс геофізичних методів при геоекологічних дослідженнях включає дистанційні (аерокосмогеофізичні) методи, електрометричні, радіометричні, газометричні (визначення концентрації Rn, Hg, CO₂, CH₄, аерозолів тощо), термометричні, сейсмометричні, магнітометричні польові методи та каротажні дослідження. Раціональний комплекс екогеофізичних методів визначається конкретними задачами, природними умовами території досліджень, видом та інтенсивністю техногенного забруднення [0].

Результати екогеофізичних досліджень. В статті наводиться приклад успішного застосування комплексних екогеофізичних досліджень для вивчення техногенного забруднення на території складу мінеральних добрив (с. Аркадіївка Київської області).

Основний метод досліджень, що проводилися, – мікроелектрозондування, який є модифікацією метода ВЕЗ. Модифікація МЕЗ досить ефективна при вирішенні геоекологічних задач і дозволяє здійснити об'ємне, погоризонтне розчленування верхньої частини розрізу, отримати важливу інформацію про особливості геоелектричного розрізу, а також визначити геометричні параметри та питомі електричні опори шарів і об'єктів.

Склад мінеральних добрив, що розташований на північно-західній околиці с. Аркадіївка, характеризується дуже інтенсивним локальним забрудненням природного середовища, що створює аномалію високої електричної провідності.

Високе положення рівня ґрунтових вод (РГВ), що в пониженнях рельєфу місцями складає до 0,5 м, відсутність каналізації, незахищеність від багаторічної інфільтрації та міграції розмитих добрив і продуктів господарської діяльності – всі ці фактори обумовлюють техногенне забруднення та зміни геологічного середовища.

На карті (рис. 1) забруднення порід зони аерації (коєфіцієнт С визначає процентний вміст солей) оконтурені різноманітні за розмірами і конфігурацією аномалії. Фоновий вміст солей, що відповідає незмінним та незасоленим породам, складає до 0,1 – 0,12 %. Поряд із слабоінтенсивними аномаліями (С складає 0,15 – 0,20 %) виявлені і локальні аномалії з підвищеними значеннями параметру С – до 0,33 – 0,36 %. Ці аномалії співпадають з областями інтенсивного забруднення підземних вод (рис. 2).

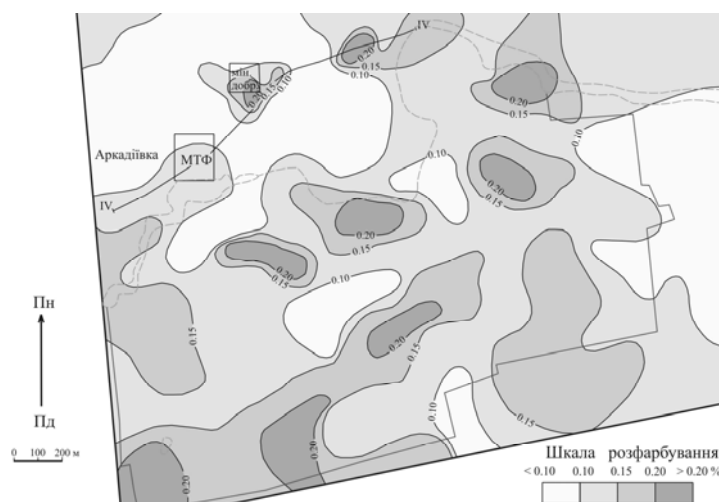


Рис. 1. Карта техногенного забруднення (С, %) порід зони аерації. Аркадіївська ділянка

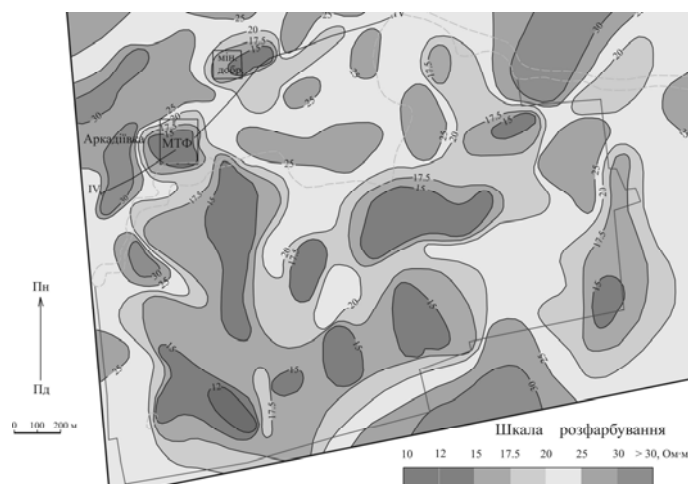


Рис. 2. Карта питомого електричного опору (техногенного забруднення) горизонту ґрунтових вод. Аркадіївська ділянка

Дані хімічних водних проб, відібраних з криниць, показали, що ґрунтова вода відрізняється підвищеною і високою мінералізацією (1 – 2,52 г/л і більше), що перевищує фонову в декілька раз; підвищеною жорсткістю (7 – 20 мг-екв/л); великими вмістами кальцію і натрію. У водних пробах встановлені також органічні сполуки (в мг/л), вміст яких вище фонових:

– хлорорганічних пестицидів (сума ДДТ і його метаболітів) – 0,0020 – 0,0027 в чотирьох криницях і 0,083 в одній криниці (№164) при ГДК 0,002;

– фенолів 0,0018 – 0,0088;

– нафтопродуктів 0,6 – 5,0 в чотирьох криницях, при ГДК 0,3;

На складеній за комплексними геолого-геофізичними даними карті питомого електричного опору (техногенного забруднення) горизонту ґрунтових вод (рис.2) виділені і охарактеризовані різновиди водонасичених моренних суглинків та відповідні їм геоелектричні поля (аномалії). Найбільш розповсюджені на ділянці водонасичені моренні суглинки забруднені і сильно забруднені, мінералізація ґрунтових вод в яких відповідно 1,69 – 0,95 г/л і 2,64 – 1,69 г/л (місцями і більше). Вони фіксуються мінімумами питомого електричного опору

(15 – 20 Ом·м), місцями – 12 – 15 Ом·м та менше. Локальне розповсюдження мають ґрунти перезволожені, змінені і сильно засолені (забруднені), внаслідок розмиву складу хімдобив, значення питомого електричного опору яких становить 0,4 – 2,2 Ом·м. Для порівняння, фонові значення мінералізації ґрунтових вод в даному районі складають 0,3-0,5 г/л, фонові значення питомого електричного опору для Аркадійської ділянки – 30 – 40 Ом.

На рис. 3 зображена карта техногенного забруднення водоносного горизонту в інтервалі глибин 10 – 20 м, де чітко видно, що у районі аномалії "хімсклад" спостерігається інтенсивне забруднення на зазначеній глибині.

Крім комплексу погоризонтних геофізичних карт, за комплексними даними складаються геолого-геофізичні моделі, де відображаються особливості техногенного забруднення ділянки по вертикалі. У сукупності з приведеними картами, які можуть розглядатися як своєрідні геоелектричні зрізи, вони дають об'ємне уявлення про характер забруднення території. У цілому, воно достатньо глибоке та інтенсивне. Причому інфільтрація і міграція забруднених розчинів простежується на глибинах до 20 – 30 м (місцями і більше, див. рис. 3), загальна мінералізація ґрунтових вод складає тут більше 2 г/л.

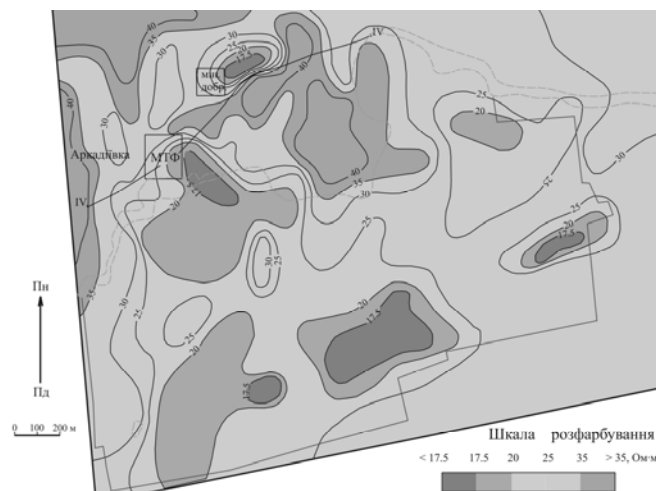


Рис. 3. Карта питомого електричного опору (техногенного забруднення) водоносного горизонту в інтервалі глибин 10 – 20 м. Аркадійська ділянка

Висновки. Результати гідрохімічних досліджень, свідчать про високий вміст в ґрунтових водах нітратів. Це підтверджує те, що найголовнішу роль у формуванні техногенного забруднення середовища на Аркадійській ділянці відіграють біохімічні процеси, які називаються амоніфікацією. У результаті розкладу азотвміщуючих органічних речовин, які, головним чином, виділяються з сечовини тварин, а також добрив утворюється аміак (амоній-іони), відбуваються обмінні реакції із забрудненням води нітратами. Забруднення ґрунтових вод, переважно нітратами, іонами натрію і хлору, досить характерне для сільських населених пунктів, де відсутні промислові підприємства. При цьому породи зони аерації, а також ґрунти найчастіше слабо забруднені.

В районі хімскаду в с. Аркадійка зафіксована дуже висока електрична провідність верхніх шарів та значний вміст в них сульфат-іону, хлор-іону і підвищений вміст нітратів.

Зміни складу та властивостей порід зони аерації і горизонту ґрунтових вод, викликані дією техногенних факторів, призводять до значної зміни фізичних параметрів порід. Внаслідок цього електричний опір порід і ґрунтів, що складають верхню частину розрізу, залежить не тільки від первинного складу, скільки від їх стану – зволоженості (водопроникності), ступеню перетворення, засолення (забруднення), мінералізації вод

(забруднення). Причому встановлені парні кореляційні зв'язки між питомим електричним опором і відповідно засоленням (забрудненням) порід, мінералізацією (забрудненням) вод, сумарним вмістом у воді хімічних компонентів. Існують, відповідно, передумови для успішного використання електророзвідки (в модифікації МЕЗ) з метою вивчення і картування техногенного забруднення геологічного середовища, у тому числі "неявного" забруднення, що не проявляється у верхніх шарах.

Таким чином, дані екогеофізичних досліджень можуть використовуватися для оцінки і прогнозу техногенного забруднення. Одержана за допомогою екогеофізичних досліджень інформація може служити матеріалом для контролю техногенного забруднення довкілля, зберігатися в банках даних та бути основою для прийняття управлінських рішень.

1. Вахромеев Г.С. Экологическая геофизика. - Иркутск, - 1995. 2. Вижва С.А. Геофизический мониторинг небезопасных геологических процессов. - К., 2004. 3. Онищук І.І. Комплексні екогеофізичні дослідження для вивчення забруднень довкілля нафтопродуктами // Нафтові та газові ресурси України: проблеми їх пошуку, видобутку, транспорту, переробки та використання: 36. мат. - Ів.-Франківськ. - 1997. 4. Онищук І.І., Рева М.В., Нікіташ О.П., Онищук В.І. Дослідження техногенного забруднення довкілля геофізичними методами // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. - 2006. - № 38-39. - С. 93-96.

Надійшла до редколегії 01.12.09