

В.Р. Клос¹, Е.Я.Жовинський², Г.О.Акінфієв¹, В.А. Єнтін¹, Ю.А.Амашукелі¹

1. Український науково-виробничий центр геохімічних досліджень, ДП "Українська геологічна компанія"

02088, пров. Геофізиків, 10, Київ, Україна

2. Інститут геохімії мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, просп. Палладіна, 34, Київ-143, Україна

Еколого-геохімічні дослідження впливу мулових полів стічних вод на довкілля прилягаючих територій (на прикладі геохімічних, гідрохімічних та геофізичних досліджень ділянки "Гнідин")

Вступ. Дослідження питань екологічного впливу мулових полів стічних вод (місце зберігання рідких промислових відходів) на навколишнє природне середовище в районі їх розміщення та наслідки використання мулів в сільському господарстві, геологами України розпочаті ще в 80-х роках минулого сторіччя та тривають і досі. В якості об'єкту для аналізу згаданих питань вибрано ділянку „Гнідин”, на якій виконано моніторингові геохімічні, гідрохімічні та геофізичні дослідження ґрунтів, порід зони аерації і ґрунтових вод (Рис. 1).

Ділянка досліджень розташована поблизу великого промислового центру України. Головним джерелом забруднення навколишнього середовища ділянки є мулові поля, які межують із землями природних ландшафтів та сільськогосподарського використання. Мулові поля використовуються для обезводнення та утилізації мулового осаду, який утворюється в технологічному процесі очистки міських каналізаційних стоків. Головними способами надходження забруднюючих речовин від мулових полів в навколишнє природне середовище може бути сам мул при його сільськогосподарському використанні в якості органічних добрив (забруднення прямої екологічної дії) та мулові води, які в процесі просочування з мулових полів можуть спричинити забруднення порід зони аерації та ґрунтових вод (забруднення прямої екологічної дії).

До 80-х років минулого сторіччя мули каналізаційних стічних вод із-за своєї високої поживності для рослин (велика концентрація біологічно доступного азоту, фосфору, калію) інтенсивно використовувались в якості органічних добрив при вирощуванні сільськогосподарської продукції. Така практика успішно поєднувала підвищення урожайності та утилізацію відходів і в минулому була широко розповсюджена не тільки в СРСР, але і за кордоном. Геохімічні дослідження мулів стічних вод (особливо від великих промислових агломерацій) показали, що ці відходи забруднені важкими металами, а їх використання в якості сільськогосподарських добрив, може призвести до забруднення сільськогосподарських земель токсичними хімічними елементами і, як наслідок, - сільськогосподарської продукції. В зв'язку з цим, в 1979 році на території минулого СРСР, а також і в Україні, було припинено використання мулів стічних вод для

сільськогосподарських потреб. В деяких країнах світу, мули стічних вод використовуються в сільському господарстві і сьогодні, за умови не перевищення в них встановлених лімітів вмісту за деякими токсичними елементами (табл. 1).

Таблиця 1 – Норми деяких країн світу на вміст важких металів в осадах стічних вод призначених для сільськогосподарського використання в якості добрив

Країни світу	Допустимий валовий вміст важких металів в мг/кг сухого осаду								
	Zn	Cu	Cr	Pb	Ni	Cd	Hg	Co	Mo
США	1500	750	500	500	150	50	-	-	-
Франція	3000	1500	200	300	100	15	8	20	-
Німеччина	3000	1200	1200	1200	200	20	20	-	-
Австрія	2000	500	500	500	200	10	10	100	-
Нідерланди	2000	500	500	500	50	10	10	-	-
Швейцарія	3000	1000	1000	1000	200	30	10	20	20
Росія, мули I кат	1750	750	500	250	200	15	7,5	-	-
Росія, мули II кат	3500	1500	1000	500	400	30	15	-	-
Дослідні мули (середнє значення)	577	357	886	152	93	24	1,5	13	2,2
ГДК для с/г ґрунтів України	110	32	100	32	110	4	2,1	50	5

Методика та обсяги робіт. Головною метою виконаних робіт було визначення еколого-геохімічного впливу мулових полів на ґрунти, породи зони аерації і ґрунтові води в районах їх розміщення та оцінка рівню забруднення ґрунтів сільськогосподарських та природних ландшафтів ділянки хімічними елементами в просторі та часі.

Методика та обсяги еколого-геохімічних досліджень визначались метою та технічними умовами виконання робіт і були направлені на дослідження джерела забруднення (мулові поля) та ґрунтів, порід зони аерації і ґрунтових вод в районі розташування мулових полів. В свою чергу, польові роботи включали: відбір проб мулів (48 проб) та мулових вод (27 проб) із мулових полів, буріння та обладнання мережі спостережних свердловин за станом ґрунтових вод біля мулових полів (6 св.), відбір проб порід зони аерації в процесі буріння спостережних свердловин (50 проб – інтервал випробування 3-4 м), відбір проб ґрунтових вод із спостережних свердловин та колодязів (30 проб), відбір проб ґрунтів в межах сільськогосподарських угідь та природних ландшафтів району досліджень за мережею 0,5x0,5 - 1x1 км методом „конверту” із стороною квадрату 10 м (144 проби).

Лабораторні роботи включали підготовку літохімічних проб (мули, породи зони аерації, ґрунти) до аналітичних досліджень та напівкількісний спектральний їх аналіз на 38 елементів, рентген-радіометричний аналіз (10% літохімічних проб на Cr, Cu, Pb, Zn) і атомно-абсорбційний аналіз на Hg, Cd. Проби мулових та ґрунтових вод проаналізовані повним хімічним аналізом на визначення аніонно-катіонного складу, флуоресцентним аналізом на визначення фенолів, нафтопродуктів і поверхнево активних речовин та атомно-абсорбційним аналізом на Hg, Pb, Zn, Cr.

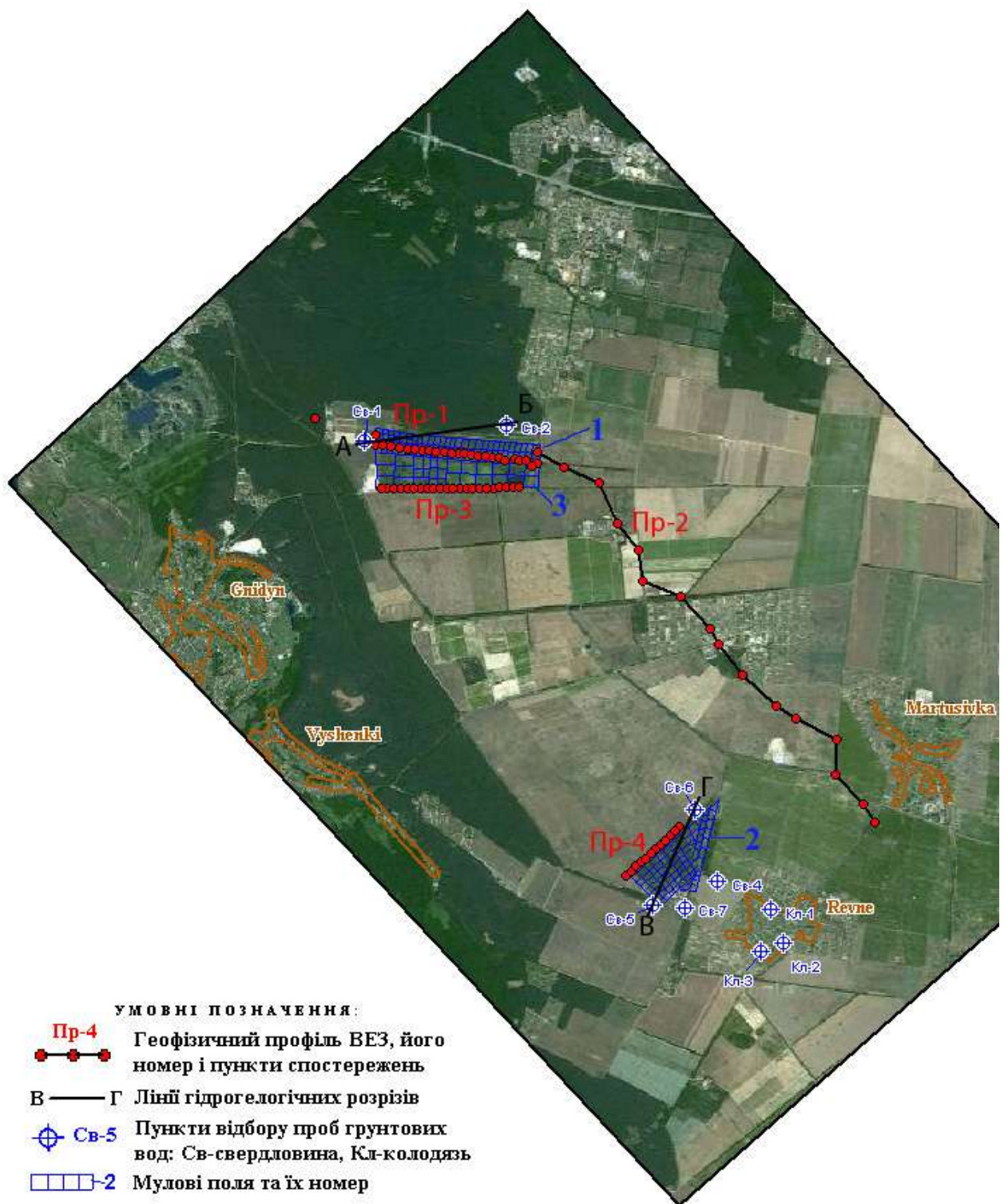


Рисунок 1 – Оглядова карта еколого-геохімічних, геофізичних та гідрохімічних досліджень ділянки „Гнідин”

Результати та обговорення.

Геохімічні та гідрохімічні дослідження мулових полів. За речовим складом, забруднення від мулових полів, можна розділити на геохімічне та гідрохімічне. За шляхом надходження в навколишнє середовище, забруднення може здійснюватись механічно та під впливом процесів природної міграції і його можна віднести до змішаної екологічної дії, в залежності від середовища забруднення. Забруднення ґрунтів агро-ландшафтів та ґрунтових вод відноситься до прямої екологічної дії, забруднення ґрунтів природних ландшафтів та порід зони аерації - віддаленої.

За результатами досліджень встановлено, що мули мулових полів забруднені Ag, Cd, Hg, Sn, Cr, Cu, Pb, Zn, Ba та іншими елементами, більшість із яких відносяться до I (Cd, Hg, Pb, Zn) та II (Cr, Cu) класів небезпеки. Розподіл цих елементів в мулах надзвичайно нерівномірний. Найбільші концентрації створює Ag, вміст якого в мулах змінюється від 0,17 до 55 мг/кг при середньому значенні 9,04 мг/кг, що в 301 раз перевищує його фон в ґрунтах району робіт (0,03 мг/кг). Вміст Cd в мулах змінюється від 0,3 до 100 мг/кг при середньому значенні 24 мг/кг, що в 80 разів перевищує його фоновий вміст (0,3 мг/кг). Вміст Hg змінюється від 0,1 до 4 мг/кг при середньому значенні 1,5 мг/кг, що в 42 рази перевищує фоновий вміст ртуті в ґрунтах району робіт (0,035 мг/кг). Вміст Sn змінюється від 1 до 350 мг/кг при середньому значенні 38,5 мг/кг, що в 19 разів перевищує його фоновий вміст (2,0 мг/кг). Вміст Cr в мулах мулових полів змінюється від 101 до 12430 мг/кг при середньому значенні 886 мг/кг, що в 18 разів перевищує фоновий вміст в ґрунтах району робіт (50 мг/кг). Вміст Cu змінюється від 18 до 7400 мг/кг при середньому значенні 357 мг/кг, що в 18 разів перевищує фоновий вміст в ґрунтах району робіт (20 мг/кг). Вміст Pb в мулах змінюється від 11 до 1750 мг/кг при середньому значенні 152 мг/кг, що в 10 разів перевищує фоновий вміст в ґрунтах району робіт (15 мг/кг). Вміст Zn в мулах змінюється від 20 до 6800 мг/кг при середньому значенні 577 мг/кг, що в 10 разів перевищує фоновий вміст в ґрунтах району робіт (60 мг/кг)

В цілому, геохімічний спектр забруднення мулів мулових полів можна відобразити у вигляді наступного ряду хімічних елементів упорядкованих в порядку зменшення їх середньої концентрації в мулі:

Ag₃₀₁ – Cd₈₀ – Hg₄₂ – Sn₁₉ – Cr₁₈ – Cu₁₈ – Pb₁₀ – Zn₁₀ – Ba₁₀ – Sr₁₀ – Mn₅ – P₅ – Ni₅ – Zr_{2,4},

де знизу від символу елемента, його коефіцієнт концентрації відносно фонового вмісту у ґрунтах району робіт.

Як видно із формули, забруднення мулів є поліелементним та надзвичайно інтенсивним. За сумарним показником забруднення (Саєт Ю.Є., 1990) його середнє значення в мулах складає 523 од., що значно перевищує надзвичайно небезпечний рівень забруднення для ґрунтів – 128 од. Тобто мул, який знаходиться в межах мулових полів при попаданні в

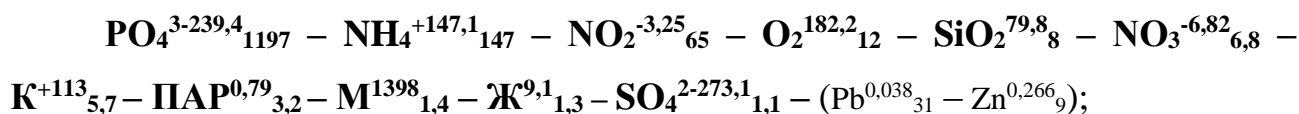
грунти та інші складові навколишнього природного середовища може спричинити їх забруднення важкими металами. Індикатором такого забруднення в ґрунтах і породах зони аерації ділянки робіт є геохімічна асоціація: Ag-Cd-Hg-Cr-(Sn-Cu-Pb-Zn).

Крім того, було встановлено, що забрудненість мулів важкими металами, в процесі їх обезводнення та седиментації в мулових полях, з глибиною зменшується (Рис.2). Така нерівномірність розподілу концентрацій хімічних елементів по вертикалі зв'язана із формою їх знаходження в мулі (максимальні концентрації елементів відмічені в органічній фракції мулів) та збагаченням нижніх шарів мулового осаду піщаною і суглинистою фракціями (мінеральна фракція розбавляє концентрацію елементів) під дією сил гравітації.

За результатами сезонних гідрохімічних спостережень (2011-2012 рр.) встановлено, що головними інгредієнтами забруднення мулових вод є фосфати (PO_4^{3-}), амоній (NH_4^+), нітрити (NO_2^-), кремнієва кислота (SiO_2) та висока їх перманганатна окислюваність. Концентрація фосфат-іону в мулових водах змінюється від 54,0 до 423,5 мг/л при середньому значенні 239,4 мг/л, що в 1197 разів перевищує їх норматив (0,2 мг/л) для поверхневих вод питного водопостачання III класу якості (ДСТУ 4808). Концентрація амонію змінюється від 44,7 до 213,5 мг/л при середньому значенні 147,1 мг/л, що в 147,1 разів перевищує норматив (1,0 мг/л), нітрити змінюються від 0,1 до 10 мг/л при середньому значенні 3,25 мг/л, що в 65,1 разів перевищує норматив (0,05 мг/л). Значення перманганатної окислюваності в мулових водах змінюється від 126,3 до 248,7 $\text{mgO}_2/\text{л}$ при середньому значенні 182,2 $\text{mgO}_2/\text{л}$, що в 12,1 разів перевищує норматив (15 $\text{mgO}_2/\text{л}$).

В часі, склад компонентів забруднення є сталим, змінюється тільки рівень їх концентрації, який залежить від сезонних кліматичних умов – температури та кількості опадів. Весною концентрація інгредієнтів забруднення є мінімальною, а влітку – максимальною.

Усереднений склад забруднення мулових вод має наступний вигляд:



де перед дужками – компоненти, вміст котрих перевищує норматив для питних вод III класу якості (ДСТУ 4808): зверху біля символу компоненту (елементу) – його середній вміст у воді в мг/л, знизу – його коефіцієнт концентрації відносно нормативу; в дужках – компоненти вміст котрих перевищує їх фоновий вміст для поверхневих вод регіону робіт., зверху біля символу компоненту (елементу) – його середній вміст у воді в мг/л, знизу – його коефіцієнт концентрації відносно фонового вмісту в поверхневих водах регіону; позначення головних гідрохімічних характеристик води: O_2 – перманганатна окислюваність в $\text{mgO}_2/\text{л}$, М – мінералізація, Ж – загальна жорсткість в мг-екв./л, ПАР – поверхнево активні речовини.

Концентрація токсичних мікроелементів (Pb, Zn, Cr, Hg) в мулових вода є меншою за їх норматив для питного водопостачання III класу якості, але для Pb та Zn перевищує їх фоновий вміст для поверхневих вод регіону робіт в 9-30 разів.

№ проби	Інтервал випробу., в см	Літологічна колонка	Літологічний склад та його особливості	Геохімічний склад забруднення за величиною Кк хімічних елементів	СПЗ	Графік розподілу СПЗ по свердловині
100/1	20		Мул пухкий торфоподібний з включеннями органічних залишків	$Cd_{166,7}^{50} - Hg_{100}^{3,5} - Ag_{83,3}^{2,5} - Cr_{33}^{1650} - Ba_{16,7}^{5000} - Pb_{14,7}^{220} - Cu_{12,5}^{250}$ $- Sn_{11}^{22} - Sr_{8,7}^{867} - Ni_{7,5}^{150} - Mn_{6,4}^{2565} - P_{6,3}^{5000} - Zn_{5,8}^{350}$	460,6	
100/2	40		Мул більш вологий	$Cd_{165,3}^{49,6} - Hg_{97,1}^{3,4} - Ag_{73,3}^{2,2} - Cr_{30}^{1500} - Ba_{16,7}^{5000} - Cu_{12,5}^{250}$ $- Sr_{11,2}^{1121} - Pb_{10}^{150} - Ni_{7,8}^{156} - Sn_{6,5}^{13} - P_{6,3}^{5000} - Mn_{5,8}^{2320}$	431,5	
100/3	60		Мул напіврідкий	$Cd_{151,7}^{45,5} - Hg_{97,1}^{3,4} - Ag_{50}^{1,5} - Cr_{30}^{1500} - Sr_{13,6}^{1355} - Ba_{10,9}^{3276} - Cu_{10}^{200}$ $- Sn_{8,5}^{17} - Ni_{7,2}^{144} - Pb_{6,7}^{100} - P_{6,3}^{5000} - Mn_{5,6}^{2255} - Zn_{5,2}^{310}$	390,8	
100/4	80		Мул напіврідкий	$Cd_{128,7}^{38,6} - Hg_{88,6}^{3,1} - Ag_{60}^{1,8} - Cr_{51}^{2550} - Sr_{11}^{1097} - Ni_{10,6}^{212} - Cu_{10}^{200}$ $- Pb_{8,3}^{125} - Ba_{8,2}^{2455} - Sn_{7,5}^{15} - P_{6,3}^{5000} - Mn_{5,5}^{2189}$	384,7	
100/5	100		Мул рідкий	$Hg_{74,3}^{2,6} - Cd_{51,3}^{15,4} - Ag_{50}^{1,5} - Cr_{16,4}^{820} - Sr_{9,9}^{988} - Sn_{5,6}^{11,1} - Pb_{5,3}^{80}$ $- Ni_{5,0}^{100}$	210,8	
100/6	120		Мул рідкий	$Cd_{61,7}^{18,5} - Hg_{57,1}^2 - Ag_{46,7}^{1,4} - Cr_{12}^{600} - Sr_{8,6}^{856}$	182,1	
100/7	140		Мул рідкий	$Hg_{42,9}^{1,5} - Ag_{36,7}^{1,1} - Cd_{16,7}^5 - Cr_{11,6}^{580} - Sr_{9,0}^{896}$	112,9	
100/8	160		Мул більш в'язкий з включенням суглинку	$Hg_{34,3}^{1,2} - Ag_{33,3}^{1,0} - Cd_{16,0}^{4,8} - Cr_{7,0}^{350}$	87,6	
100/9	180		Мул ущільнений, який переходить в піщаний суглинок	$Ag_{26,7}^{0,8} - Hg_{25,7}^{0,9} - Cd_{10,3}^{3,1}$	60,7	

Рисунок 2 – Вертикальний розподіл сумарного забруднення мулів хімічними елементами в свердловині №100

Ще однією гідрохімічною особливістю мулових вод є висока концентрація іонів калію (K^+), котра перевищує концентрацію іонів натрію (Na^+) майже у 1,5 рази. Так середній вміст калію в мулових водах складає - 113 мг/л (в 5,7 рази перевищує показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води), а натрію – 88,7 мг/л, хоч в природних умовах відношення концентрації іонів цих елементів становить приблизно 1:10. Наприклад, фоновий вміст калію в поверхневих водах регіону робіт складає – 2,8 мг/л, а натрію 21 мг/л.

Із органічних компонентів суттєве забруднення мулових вод створюють поверхнево активні речовини (ПАР) середня концентрація яких складає 0,79 мг/л, що в 3,2 рази перевищує їх норматив (0,25 мг/л) для III класу якості поверхневих питних вод. Середня концентрація нафтопродуктів в мулових водах складає 0,12 мг/л (норматив 0,2 мг/л), а фенолів – 0,023 мг/л (норматив 0,05 мг/л).

Моніторинг геохімічного забруднення ґрунтів

Перші системні геохімічні дослідження ґрунтів ділянки „Гнідин” були виконані в 1995 році (Корольова Л.П., 1998). В межах ділянки ґрунти агро-ландшафтів (глибина відбору проб 0-0,2 м) представлені супісками та суглинками сірими, темно-сірими, рідше сіро-коричневими. В лісових масивах ґрунти (глибина відбору проб 0-0,1 м) переважно супіщані світло-сірі опідзолені, ґрунти лучно-озерного комплексу (глибина відбору проб 0-0,1 м) представлені лучними чорноземами опідзоленими.

За результатами еколого-геохімічного картування ґрунтів території ділянки „Гнідин” масштабу 1: 100 000, в 1995 році в межах ландшафтів різного функціонального використання земель, було виділено ряд поліелементних геохімічних аномалій різної інтенсивності. В своїй більшості, ці аномалії були приурочені до земель сільськогосподарського використання, а епіцентри найбільших з них оконтурювали мулові поля (Рис. 3, дослідження 1995 року). Провідними елементами забруднення цих аномалій були Ag, Hg, Cr, Zn, Cu, Pb, Sn та інші (аналіз проб ґрунту на вміст Cd при виконанні досліджень в 1995 році не проводився). Геохімічна асоціація елементів забруднення ґрунтів сільськогосподарського використання: Ag-Hg-(Zn-Cr-Sn-Cu-Pb), відповідає такій для мулів стічних вод із мулових полів. Тобто, було зафіксовано факт забруднення сільськогосподарських земель в наслідок використання мулів стічних вод в якості органічних добрив, хоча така практика була припинена ще 1979 році. Виключенням є локальна аномалія в північній частині ділянки, яка за геохімічним складом забруднення не відповідає мулам стічних вод, а територіально вона приурочена до місця стихійного звалища побутового сміття.

Оцінка рівнів встановленого поліелементного забруднення ґрунтів хімічними елементами була виконана за методикою розрахунку сумарного показника забруднення (СПЗ, або Zc). За цією методикою, площі із забрудненням ґрунтів до 8 од. та 8-16 од. можна віднести до фонових та до площ з допустимим рівнем забруднення (79,6% від площі досліджень), площі із забрудненням

ґрунтів 16-32 од. – до площ з помірно-небезпечним рівнем забруднення (11,2%), площі із забруднення ґрунтів 32-128 од. – до площ з небезпечним рівнем забруднення (6,9%) та більше 128 од. – до площ з надзвичайно небезпечним рівнем забруднення (2,3%). За постановою Госкомгідромет СРСР № 02-1051-233 від 10.12.90 року, забруднені площі агро-ландшафтів із СПЗ ґрунтів більше 128 од. рекомендовано виключити із сільськогосподарського використання, із СПЗ ґрунтів 32-128 од. рекомендовано використовувати для вирощування технічних та кормових культур із контролем сільськогосподарської продукції на вміст важких металів, із СПЗ ґрунтів 16-32 од. рекомендовано не використовувати для вирощування овочів та ягід.

За результатами повторного (в 2011 році) еколого-геохімічного картування ґрунтів ділянки досліджень в масштабі 1:100 000, було підтверджено, що найбільшого екологічного забруднення зазнав комплекс агро-ландшафтів. Ґрунти умовно природних та природно-територіальних комплексів (лісові масиви, лучно-озерні ділянки та багаторічні сади) зазнали забруднення в значно меншій мірі і на сьогоднішній день практично зберегли свій природний геохімічний вигляд, за виключенням площ зайнятих під багаторічні сади в північній частині ділянки (Рис. 3 дослідження 2011 року). Відмінності в концентрації хімічних елементів для територій різного функціонального використання наведені в таблиці 2.

Геохімічний склад забруднення ґрунтів для таких територій можна подати у наступному вигляді:

Агро-ландшафти - $\text{Ag}_{95}^{2,84} - \text{Cd}_{18}^{5,3} - \text{Hg}_{10}^{0,4} - \text{Cr}_4^{208} - \text{Cu}_{3,4}^{68} - \text{Sn}_3^6 - \text{Pb}_{2,6}^{39}$

Умовно природні ландшафти – $\text{Ag}_{10}^{0,3} - \text{Hg}_5^{0,2} - \text{Sc}_{2,2}^{18} - \text{Pb}_2^{30}$

де число зверху від символу елемента, його середній вміст у вибірці в мг/кг, знизу - його коефіцієнт концентрації відносно фонового вмісту у ґрунтах району робіт.

Провідними хімічними елементами забруднення ґрунтів агро-ландшафтів ділянки досліджень є Ag, Cd, Hg, Zn, Cr, Cu, Sn, Pb, тобто елементи характерні для забруднення мулів стічних вод. Геохімічна асоціація елементів забруднення ґрунтів сільськогосподарського використання: Ag-Cd-Hg-(Cr-Zn-Cu-Sn-Pb), відповідає такій для мулів стічних вод із мулових полів.

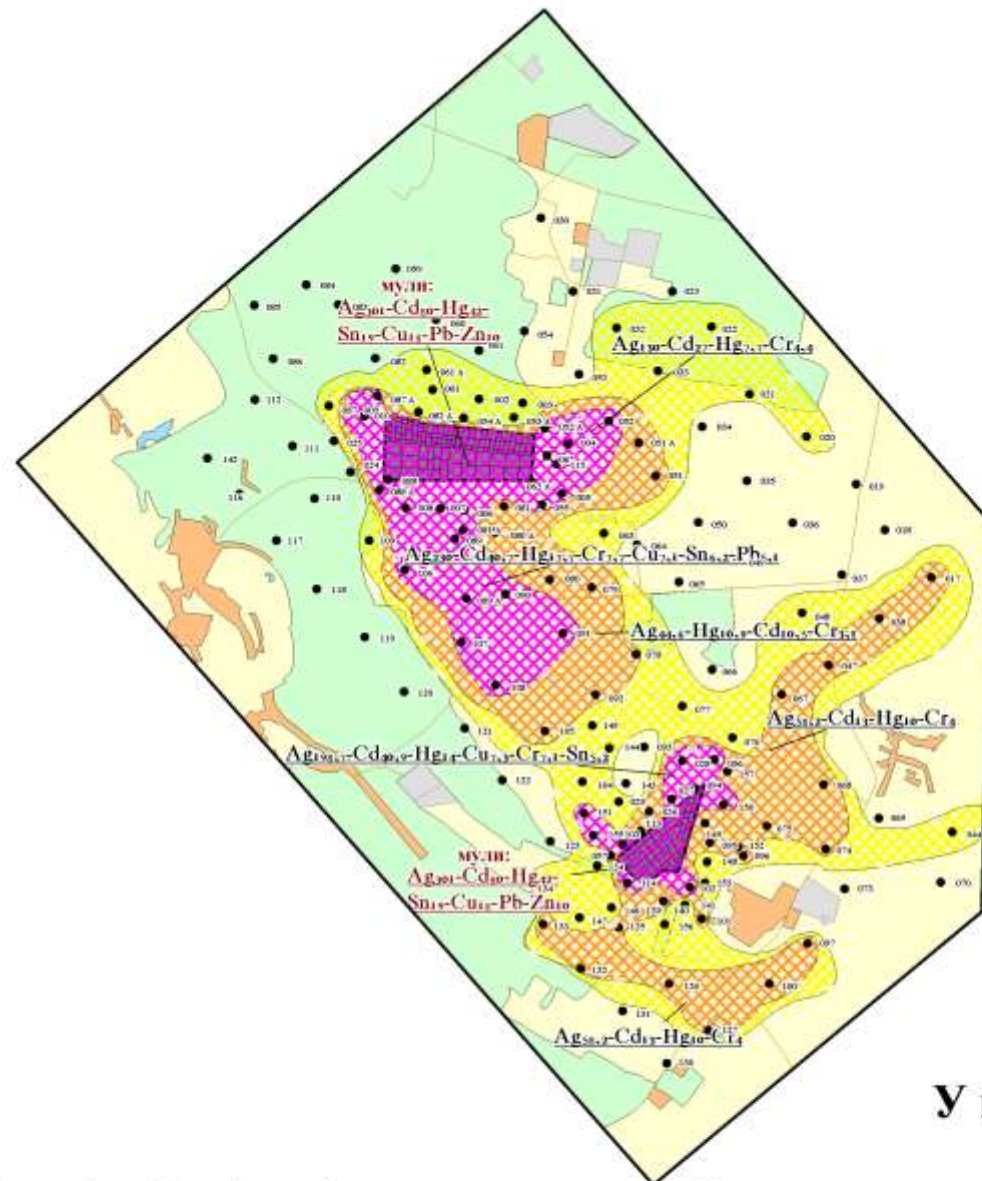
Елементи забруднення в ґрунтах ділянки досліджень утворюють великі за площею моно- та поліелементні аномальні поля. В своїй більшості, аномальні поля забруднення розміщені в агро-ландшафтах з епіцентрами в районі мулових полів (Рис. 3, дослідження 2011 року). Площа забруднених ґрунтів з аномальними концентраціями Cd і Hg (I клас безпеки) займає 28,9% та 23,9% відповідно від площі ділянки досліджень.

За сумарним показником забруднення, встановлене забруднення ґрунтів ділянки робіт в 2011 році, оцінюється наступним чином: площі із помірно-небезпечним рівнем забруднення займають 16,6% від площі ділянки, супроти 11,2% в 1995 році, площі з небезпечним рівнем забруднення займають 11,2% супроти 6,9% в 1995 році, а площі з надзвичайно небезпечним рівнем забруднення займають 6,2%, супроти 2,3% в 1995 році. Збільшення площі забруднення ґрунтів

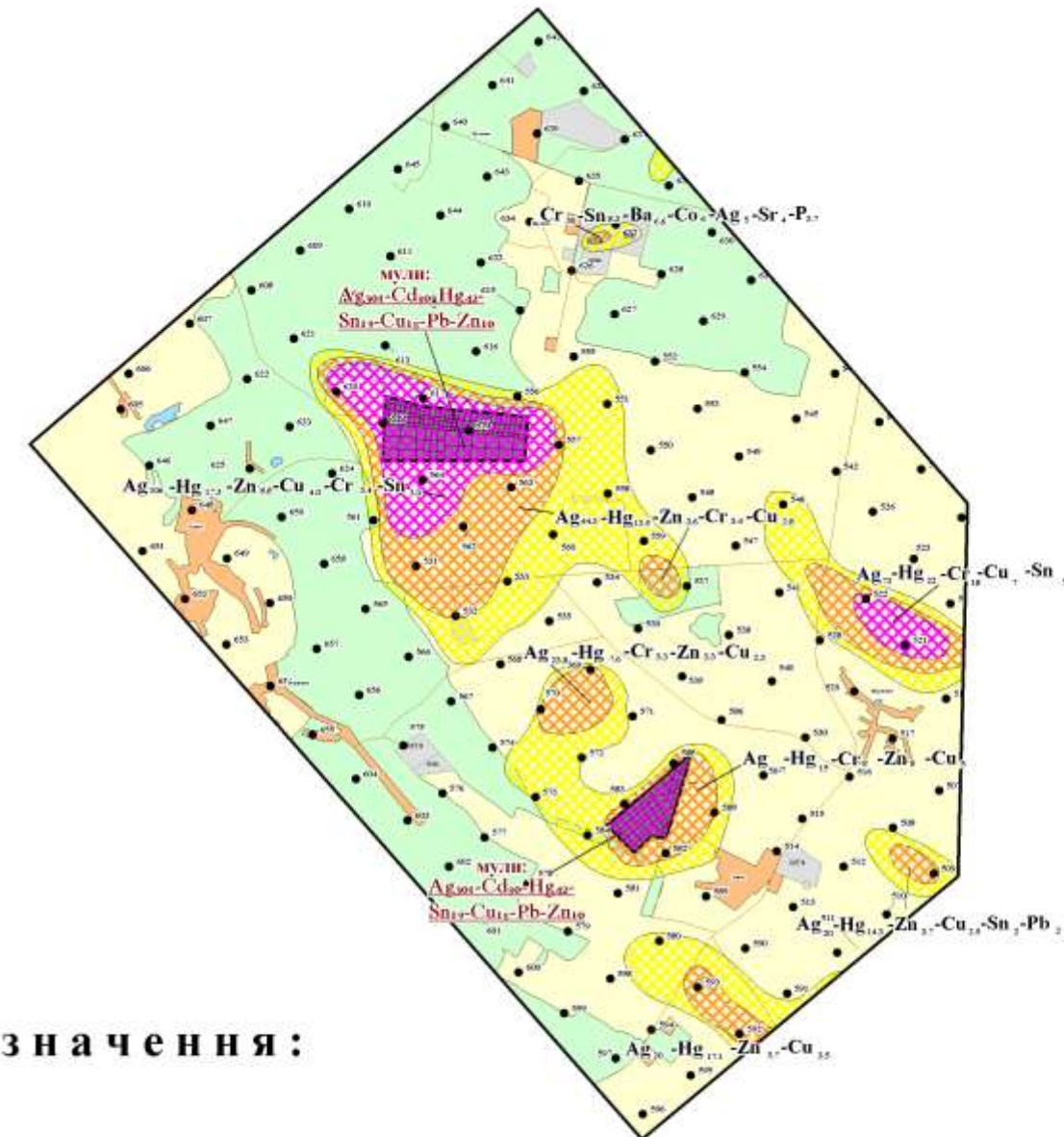
агро-ландшафтів з 1995 до 2011 року, найімовірніше, відбулося в наслідок техногенної міграції хімічних елементів в процесі переорювання земель, а також внаслідок удосконалення аналітичних методів дослідження проб ґрунту (в 1995 році проби ґрунту були проаналізовані напівкільсним спектральним аналізом методом просипки з реєстрацією спектру на фотопластину, а в 2011 році - напівкільсним спектральним аналізом з реєстрацією спектра фотоелектронною касетою).

В цілому, за результатами моніторингових геохімічних досліджень ділянки „Гнідин” можна прийти до висновку, що з 1995 по 2011 рік геохімічний склад забруднення ґрунтів та рівень концентрації провідних елементів забруднення (Ag, Cd, Hg) в межах виділених аномалій практично не змінився, змінилися тільки конфігурація та площа полів забруднення, тобто природного самоочищення ґрунтів від важких металів в агро-ландшафтах не відбувається, або проходить воно надзвичайно повільно. Забруднення ґрунтів умовно природних ландшафтів ділянки хімічними елементами в своїй більшості не зв'язане із мулами стічних вод. Головним джерелом їх забруднення є стихійні звалища побутового сміття на узбіччях польових та лісових доріг.

Дослідження 2011 року






Дослідження 1995 року





Умовні позначення:

Ландшафтно-функціональні зони використання території

Цілеспрямовано змінені та промислово перетворені природні ландшафти інтенсивного господарського використання (культурний ряд міграції)

-  агроландшафти
-  селітебні (житлові) зони
-  техногенні ландшафти (мулові поля, МТФ, теплиці)

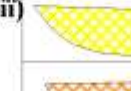
Умовно-природні та природно-територіальні комплекси (біогенний ряд міграції)

-  зона лісів, лучно-чагарникового та садово-городнього комплексу
-  водоймища

-  мулові поля
-  контур ділянки еколого-геохімічних робіт

-  000 - пункти відбору проб ґрунтів та їхній номер

Шкала оцінки забруднення ґрунтів за сумарним показником забруднення

Умовний знак на карті	Рівень забруднення	Показник сумарного забруднення ґрунтів (Сает, 1990)
	фоновий та допустимий	< 16
	помірно небезпечний	16-32
	небезпечний	32-128
	надзвичайно небезпечний	> 128

$Ag_{130}-Cd_{27}-Hg_{42}-Cr_{4.9}$



поля забруднення ґрунтів та їх геохімічний склад: внизу від символу хімічного елемента - середній коефіцієнт його концентрації в контурі аномалії відносно фонового вмісту в ґрунтах району робіт

$Ag_{301}-Cd_{10}-Hg_{42}-Sn_{19}-Cu_{18}$

геохімічний склад забруднення мулів; внизу від символу хімічного елемента - середній коефіцієнт його концентрації в мулах відносно фонового вмісту в ґрунтах району робіт

Рисунок 3 – Результати еколого-геохімічних досліджень ґрунтів ділянки «Гнідин»

Таблиця 2 - Загальні параметри вмісту хімічних елементів в мулах мулових полів, ґрунтах та породах зони аерації ділянки „Гнідин”

№ з/п	Тип досліджуваного середовища	Хімічні елементи в мг/кг																												
		Ti	Mn	P	V	Zr	Ba	Cr	Ga	Zn	Ni	Cu	Co	Pb	Sn	Ag	Mo	Ge	Nb	Y	Yb	La	Ce	Sc	Li	Sr	Cd*	Hg*	Be	СПЗ**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Мулові поля																													
1	Мули стічних вод (сер. значення) n=48	6110,3	2309,4	4015,6	78,7	844,6	2875,2	886,0	4,1	576,7	93,2	356,7	12,8	152,4	38,5	9,04	2,2	0,6	17,4	19,2	2,5	29,6	31,8	11,7	24,4	1036,1	24,0	1,48	2,5	
2	min	4393,0	238,0	679	53,0	310,0	413,0	101,0	2,3	20,0	18,0	18,0	6,3	11,0	1,0	0,17	0,6	0,1	10,0	0,0	1,0	17,0	30,0	4,0	15,0	87	0,29	0,11	0,9	
3	max	9409	5000	5000	113	1562	5000	12430	10	6800	650	7400	38,0	1750	350	55	16	1	30	66	6	55	35	26	35	10050	100	4	4,1	
4	Кк (відносно фону ґрунтів району робіт)	1,4	5,8	5,0	2,0	2,4	9,6	17,7	0,7	9,6	4,7	17,8	1,6	10,2	19,3	301,2	1,5	0,6	1,2	1,3	1,7	1,2	1,1	1,5	1,6	10	79,9	42,3	1,3	522,9
	Ландшафтно-функціональні комплекси																													
5	ґрунти агро-ландшафтів (сер. значення) n=117	6511,3	537,0	1133,5	72,9	575,7	471,2	208,2	5,3	107,6	20,2	68,1	7,2	38,7	6,0	2,84	1,1	0,9	23,5	29,9	2,3	40,0	25,4	13,0	22,9	90,3	5,28	0,36	2,7	
6	min	4372,0	213,0	198,0	31,0	272,0	196,0	45,0	1,4	22,0	4,7	7,8	2,7	7,5	1,0	0,04	0,5	0,3	17,0	2,5	1,3	22,0	4,2	0,0	16,0	50	0,07	0,06	1,2	
7	max	11000,0	1386,0	4271,0	112,0	1506,0	1802,0	732,0	10,0	381,0	66,0	316,0	12,0	174,0	24,0	15,00	1,9	1,6	36	431	13	263	48	178	28,0	286	28,0	1,4	24,0	
8	Кк (відносно фону ґрунтів району робіт)	1,4	1,3	1,4	1,8	1,6	1,6	4,2	0,9	1,8	1,0	3,4	0,9	2,6	3,0	94,70	0,8	0,9	1,6	2,0	1,5	1,6	0,8	1,6	1,5	0,9	17,6	10,3	1,4	130,7
9	ґрунти умовно-природних ландшафтів (сер. значення) n=27	7035,1	556,4	578,6	63,7	582,9	582,5	74,9	4,5	58,5	12,0	21,5	5,3	30,0	2,8	0,31	1,2	0,9	24,1	31,1	2,3	41,4	23,0	17,7	22,3	108,9	0,4	0,17	3,1	
10	min	4051,0	202,0	102,0	29,0	334,0	236,0	29,0	1,5	31,0	4,5	3,3	2,2	8,1	0,9	0,01	0,7	0,6	18,0	13,0	1,0	22,0	6,4	1,5	17,0	52	0,04	0,06	1,4	
11	max	9708,0	1789,0	1407,0	105,0	1213,0	2125,0	220,0	8,7	143,0	28,0	54,0	11,0	129,0	6,3	3,90	1,8	1,4	34,0	131	4,5	120	33,0	46,0	29,0	733	8,1	0,40	12,0	
12	Кк (відносно фону ґрунтів району робіт)	1,6	1,4	0,7	1,6	1,7	1,9	1,5	0,7	1,0	0,6	1,1	0,7	2,0	1,4	10,32	0,8	0,9	1,6	2,1	1,5	1,7	0,8	2,2	1,5	1,1	1,4	5,0	1,5	17,6
	Породи зони аерації																													
13	пісок глинистий (сер. значення) n=22	6169,8	399,6	337,6	67,8	360,2	346,6	66,8	4,4	44,9	17,1	18,4	5,6	15,6	2,3	0,03	0,8	0,8	18,7	18,3	1,9	28,7	29,3	9,5	19,7	98,4	0,09	0,06	1,7	
14	min	5218	295	203	54	206	264	52	3	21	12	13	3,4	12	1,8	0,03	0,32	0,6	17	13	1,4	25	25	8,1	16	72	0,05	0,04	1,4	
15	max	7488	575	464	84	512	443	105	5,8	77	20	28	8,1	18	2,7	0,06	1,2	1	22	25	2,7	38	32	11	23	152	0,18	0,08	2	
16	Кк (відносно регіонального фону)	1,2	0,7	0,7	1,4	1,0	1,2	1,2	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,30	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	1,1	1,0	1,0	1,6	0,9	0,31	1,6	0,9	
17	пісок кварцовий (сер. значення) n=28	6138,0	293,9	183,7	56,5	406,9	299,5	65,3	3,3	36,7	16,5	15,3	5,0	13,1	2,0	0,03	0,6	0,7	18,7	17,1	1,7	31,2	30,3	9,7	18,8	95,7	0,09	0,05	1,8	
18	min	535	92	49	26	206	200	43	1,3	19	10	10	1,9	10	1,3	0,02	0,07	0,42	16	11	0,9	24	25	7,3	15	53	0,04	0,04	1,4	
19	max	9858	575	293	89	610	422	103	5,7	55	22	21	8,1	17	2,6	0,04	1,2	0,93	23	27	2,7	45	38	11	23	159	0,32	0,06	2,6	
20	Кк (відносно регіонального фону)	1,2	0,5	0,4	1,1	1,2	1,0	1,2	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	0,9	1,0	1,09	0,6	0,7	1,0	0,7	0,7	1,2	1,0	1,0	1,6	0,9	0,3	1,4	0,9	

*- визначення хімічних елементів виконано атомно-абсорбційним аналізом;

** - сумарний показник забруднення ґрунту (СПЗ) розраховується тільки для проб з аномальним вмістом хімічних елементів за формулою: $Zc = \sum Ci/Cф - (n-1)$, де Ci - вміст хімічного елементу в пробі; $Cф$ - фоновий вміст хімічного елементу в ґрунтах району робіт; n - кількість хімічних елементів в пробі з аномальним вмістом ($Ci/Cф > 2$);

*** - коефіцієнт концентрації хімічного елементу (Кк) - це відношення його середнього вмісту в об'єктах дослідження (Ci) до його фонового вмісту ($Cф$), ($Kк = Ci/Cф$);

5,8 - жирним шрифтом виділені коефіцієнти концентрації елементів, середній вміст яких у досліджуваному середовищі перевищує фоновий, більше ніж в 2 рази ($Ci/Cф > 2$).

n - кількість проб у вибірці

Режимні дослідження ґрунтових вод в районі мулових полів

Моніторингові дослідження ґрунтових вод (2011-2012 роки) в районі мулових полів виконувались з метою оцінки можливого їх забруднення муловими водами в період сезонних коливань рівнів ґрунтових вод. Режимні спостереження виконані за мережею гідрогеологічних свердловин (6 св.), а також за усіма іншими джерелами ґрунтових вод (піщаний кар'єр, колодязі найближчого населеного пункту) біля мулових полів (Рис. 1).

За результатами режимних гідрохімічних спостережень (весняно-осінні гідрологічні максимуми та літній мінімум) встановлено, що зміна статичних рівнів ґрунтових вод суттєво не впливає на їх гідрохімічний склад, а лише на концентрацію деяких компонентів та показників (Табл. 3).

В районі мулових полів № 1 і 3 режимні дослідження ґрунтових вод виконані за двома свердловинами і в заглибленні на дні піщаного кар'єру, які розташовані вище та нижче потоку ґрунтових вод відносно мулових полів (Рис. 6). Ґрунтові води в цьому районі відносяться до гідрокарбонатно-сульфатно-кальцій-натрієвого типу із непорушеним природним відношенням іонів K^+ і Na^+ , яке складає приблизно 1:10 (в мулових водах воно становить 1,5:1). Концентрація гідрохімічних компонентів та показники якості води за своїми значеннями не перевищують таких, встановлених для III класу якості підземних вод питного водопостачання (ДСТУ4808. 2007), тобто ґрунтові води в районі мулових полів № 1, 3 відносяться до II - III класу якості. Виключенням є тільки їх перманганатна окислюваність, яка в 2011-2012 роках змінювалась від 4,7 до 21,9 mgO_2/l при середньому значенні 11,0 mgO_2/l та нормативі для III класу якості 6,0 mgO_2/l , що найімовірніше зв'язано із застоєм ґрунтових вод в свердловинах, так як вони не експлуатуються. Також, в ґрунтових водах з dna піщаного кар'єру (гідрогеологічна депресія) відмічається підвищена концентрація амонію – 2,6 mg/l , кремeneвої кислоти – 12 mg/l (на рівні нормативу) і фосфатів – 0,3 mg/l (регіональне фонове значення – 0,1 mg/l), що може свідчити про можливе забруднення ґрунтових вод муловими водами в районі цих мулових полів (Рис. 4).

Під час літнього гідрологічного мінімуму, в згаданих водопунктах відмічається незначне збільшення концентрації гідрохімічних компонентів - мінералізації та загальної жорсткості ґрунтових вод приблизно в 1,2-1,5 рази.

Що стосується концентрації головного компоненту забруднення мулових вод – фосфатів (PO_4^{3-}), то в ґрунтових водах біля мулових полів №1, 3 в 2011-2012 роках їх концентрація змінювалась від 0,22 до 0,36 mg/l при усередненому значенні 0,31 mg/l , що в 3 рази менше нормативу (1,0 mg/l) для III класу якості підземних вод, але в 3 рази перевищує фонове значення для ґрунтових вод регіону (0,1 mg/l). Крім фосфатів, в ґрунтових водах біля мулових полів № 1, 3 встановлені підвищені концентрації Pb, Zn, нітритів (NO_2^-) та амонію (NH_4^+), які в 3-10 разів перевищують фонові рівні їх концентрацій в регіоні робіт (Рис. 4). Концентрації

найбільш поширених органічних забруднювачів ґрунтових вод, таких як феноли, нафтопродукти та ПАР не перевищують фонових рівнів для ґрунтових вод регіону, це ж стосується і таких токсичних металів як Cr і Hg.

Варто зауважити, що підвищений вміст кремeneвої кислоти в ґрунтових водах району робіт є їх характерною особливістю (фон регіону - 16 мг/л), а підвищення концентрацій Zn, Pb, фосфатів та нітритів, може здійснюватись не тільки від мулових полів (рівень забруднення мулових вод Zn та Pb не значний), але і від забруднених важкими металами сільськогосподарських ґрунтів та використання азотних і фосфорних мінеральних добрив.

В районі мулових полів №2 режимні гідрохімічні дослідження виконувались за чотирма свердловинами, а в найближчому населеному пункті, за трьома колодзями (Рис. 5).

За гідрохімічним складом ґрунтові води в районі мулових полів №2 в 2011-2012 роках також практично не відрізнялись між собою (Табл. 3). В свердловинах № 4, 5 ґрунтові води відносяться до прісних (200-500 мг/л) гідрокарбонатно-кальцієвого типу. Відношення іонів K^+ і Na^+ є природним, приблизно 1:10. За концентрацією гідрохімічних компонентів та значеннями гідрохімічних показників води цих свердловин можна віднести до II класу якості.

В свердловинах № 6, 7 ґрунтові води відносяться до прісних з підвищеною мінералізацією (500 -1000 мг/л) гідрокарбонатно-кальцій-магнієвого типу. В них фіксується перевищення нормативу загальної жорсткості (10 мг-екв./л), що зв'язане з підвищеними концентраціями іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} . Перманганатна окислюваність ґрунтових вод знаходиться на рівні нормативу для III класу якості - 6,0 mgO_2/l .

Стосовно концентрації головного компоненту забруднення мулових вод – фосфатів (PO_4^{3-}), то в ґрунтових водах біля мулових полів №2 його середня концентрація змінювалась від 0,1 до 0,15 мг/л, що значно менше нормативу (1,0 мг/л) для III класу якості підземних вод, та відповідає фоновому значенню для ґрунтових вод регіону робіт (0,1 мг/л). Перевищення регіонального фонового рівню концентрацій в ґрунтових водах біля мулових полів №2 встановлено для Pb, Zn та амонію (NH_4^+) в 3-10 разів (Рис. 5). Концентрації найбільш поширених органічних забруднювачів ґрунтових вод, таких як нафтопродукти, феноли та ПАР не перевищують регіональних фонових рівнів для ґрунтових вод, це ж стосується і таких токсичних металів як Cr і Hg.

Таблиця 3 - Результати режимних спостережень за гідрохімічним та геохімічним складом ґрунтових вод в районі мулових полів

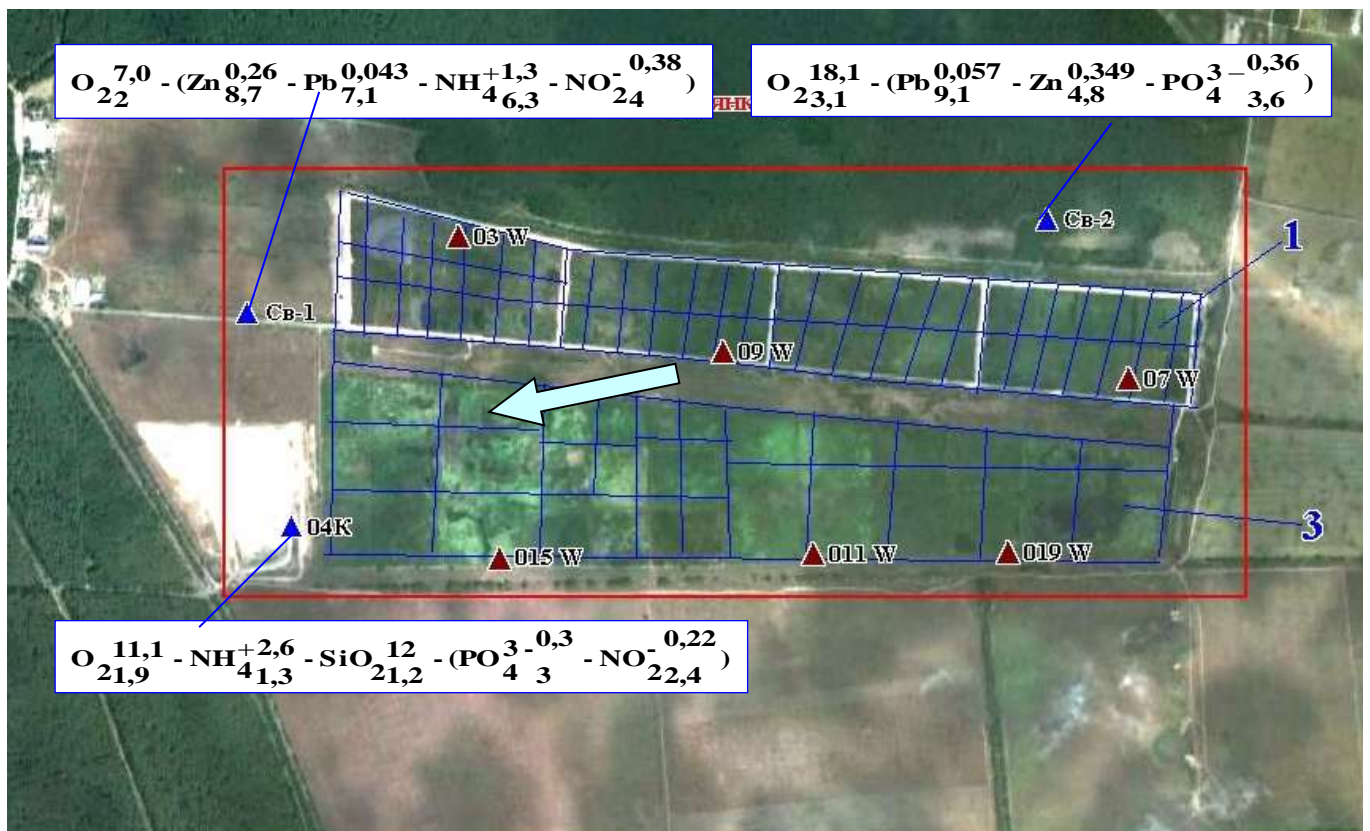
№ з/п	Компоненти	Норматив для підземних питних вод III класу якості ДСТУ 4808	Фоновий вміст в ґрунтових водах регіону робіт	Вміст компонентів в мг/л																	
				Район мулових полів № 1, 3)						Район мулового поля № 2						Колодязі в населеному пункті					
				Середній склад ґрунтових вод			Узагал. середній склад	Кгдк*	Кк**	Середній склад ґрунтових вод			Узагал. середній склад	Кгдк	Кк	Середній склад ґрунтових вод			Узагал. середній склад	Кгдк	Кк
				23.10.11р.	07.05.12р.	09.07.12р.				23.10.11р.	07.05.12р.	09.07.12р.				23.10.11р.	07.05.12р.	09.07.12р.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Гідрохімічні параметри:																					
1	Водневий показник - рН	7,3	7,2	7,4	7,7	7,6	7,6	1,0	1,1	7,3	7,7	7,6	7,5	1,0	1,0	7,5	7,4	7,5	7,5	1,0	1,0
2	Окислюваність в мг O ₂ /л - O ₂	6,0	3,1	4,7	21,9	6,4	11,0	1,8	3,5	6,6	6,28	4,9	5,9	1,0	1,9	2,9	4,1	3,2	3,4	0,6	1,1
4	Мінералізація - М	1500	460	294	294,7	462,0	350	0,2	0,8	456	575	598	543	0,4	1,2	986	1032	1081	1033	0,7	2,2
5	Загальна жорсткість в мг-екв/л - Ж	7,0	4,8	4,1	2,4	4,2	3,6	0,4	0,7	6,0	8,4	8,4	7,6	0,8	1,6	13,1	13,5	14,2	13,6	1,4	2,8
6	Кремнекислота - SiO ₂	10***	16	5,7	5,44	10,6	7,3	0,7	0,5	6,5	13,8	14,4	11,6	1,2	0,7	11,1	13,95	13,71	12,9	1,3	0,8
Аніони:																					
7	Азот нітратний - NO ₃ ⁻	10,0	5,2	29,09	1,76	1,50	10,78	1,1	2,1	5,3	7,38	14,4	9,0	0,9	1,7	150,2	147,9	239,15	179,1	17,9	34,4
8	Азот нітритний - NO ₂ ⁻	1,0	0,09	0,10	0,20	0,47	0,26	0,26	2,8	0,09	0,06	0,28	0,1	0,14	1,6	0,17	0,05	0,06	0,09	0,1	1,0
9	Хлориди - Cl ⁻	350	44,2	37,80	34,09	33,05	35,0	0,1	0,8	59,38	53,94	50,61	54,6	0,2	1,2	120,1	123,0	115,7	119,6	0,3	2,7
10	Сульфати - SO ₄ ²⁻	500	54,5	58,13	60,90	32,82	50,6	0,1	0,9	63,3	53,41	46,71	54,5	0,1	1,0	111,2	134,4	116,6	120,8	0,2	2,2
11	Фосфати - PO ₄ ³⁻	1,0	0,1	0,22	0,36	0,35	0,31	0,3	3,1	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	1,4	0,30	0,76	0,46	0,5	0,5	5,1
12	Гідрокарбонати - HCO ₃ ⁻	н.в.	320	124,3	158,6	325,2	202,7	—	0,6	323,3	286,7	509,4	373,1	—	1,2	526,7	530,7	500,2	519	—	1,6
Катіони:																					
13	Азот амонійний - NH ₄ ⁺	2,0	0,2	0,63	1,57	2,03	1,4	0,7	7,1	1,4	1,3	1,7	1,5	0,7	7,3	0,1	1,1	2,0	1,1	0,5	5,3
14	Кальцій - Ca ²⁺	75***	83	44,4	38,74	49,43	44,2	0,6	0,5	83,2	110,2	116,2	103,2	1,4	1,2	186,4	207,1	193,1	195,5	2,6	2,4
15	Магній - Mg ²⁺	30	27	22,70	5,67	21,06	16,5	0,5	0,6	22,5	35,6	31,3	29,8	1,0	1,1	46,6	38,9	55,5	47,0	1,6	1,7
16	Натрій - Na ⁺	200***	21	15,50	47,30	76,25	46,4	0,2	2,2	49,6	50,0	58,4	52,7	0,3	2,5	69,3	68,9	65,5	67,9	0,3	3,2
17	Калій - K ⁺	20***	2,8	3,4	3,4	3,8	3,6	0,2	1,3	3,4	3,6	3,1	3,4	0,2	1,2	28,97	28,56	19,68	25,7	1,3	9,2
Мікроелементи:																					
18	Свинець - Pb	0,1	0,0012	0,017	0,042	0,041	0,034	0,34	5,6	0,0215	0,036	0,039	0,032	0,32	5,4	0,025	0,0345	0,048	0,036	0,36	6,0
19	Хром - Cr	0,5	0,015	0,006	0,005	0,005	0,005	0,01	0,4	0,006	0,006	0,007	0,006	0,01	0,4	0,007	0,006	0,009	0,007	0,01	0,5
20	Цинк - Zn	1,0	0,03	0,104	0,232	0,161	0,166	0,17	5,5	0,155	0,235	0,286	0,225	0,23	7,5	0,094	0,101	0,067	0,087	0,09	2,9
21	Ртуть - Hg	0,002	0,00025	0,00033	0,00025	0,00049	0,00036	0,18	1,4	0,00031	0,00031	0,00040	0,00034	0,17	1,4	0,00033	0,00033	0,00033	0,0003	0,17	1,3
Органічні сполуки:																					
22	Нафтопродукти (Наф.)	0,05	0,1	0,125	0,042	0,039	0,068	1,4	0,7	0,060	0,034	0,036	0,043	0,9	0,4	0,012	0,024	0,014	0,02	0,3	0,2
23	Поверхнево активні речовини (ПАР)	0,05	0,05	0,121	0,025	0,035	0,060	1,2	1,2	0,169	0,025	0,023	0,072	1,4	1,4	0,126	0,025	0,025	0,059	1,2	1,2
24	Феноли (Фен)	0,002	0,01	0,0014	0,0009	0,0018	0,0014	0,7	0,1	0,0007	0,0013	0,0019	0,0013	0,6	0,1	0,0005	0,0006	0,0004	0,0005	0,2	0,05

*- коефіцієнт перевищення концентрації хім. компоненту в пробі води над його нормативною концентрацією в підземних водах III класу якості (Кгдк)



** - коефіцієнт концентрації хім. компоненту (Кк) - це відношення його вмісту в пробі води (Сі) до його фонового вмісту в ґрунтових водах регіону робіт (Сф), (Кк = Сі/Сф)

*** - норматив взято із ДСанПіН 2.2.4-171-10 (SiO₂ та Ca²⁺, K⁺, Na⁺- додаток-4 Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води) чинний наказом МОЗ Укр. №400 від 12.05.2010 року.

21,9 - жирним шрифтом виділено вмісти хім. компонентів і їх Кгдк, які перевищують норматив для підземних вод III класу якості (Кгдк>1)

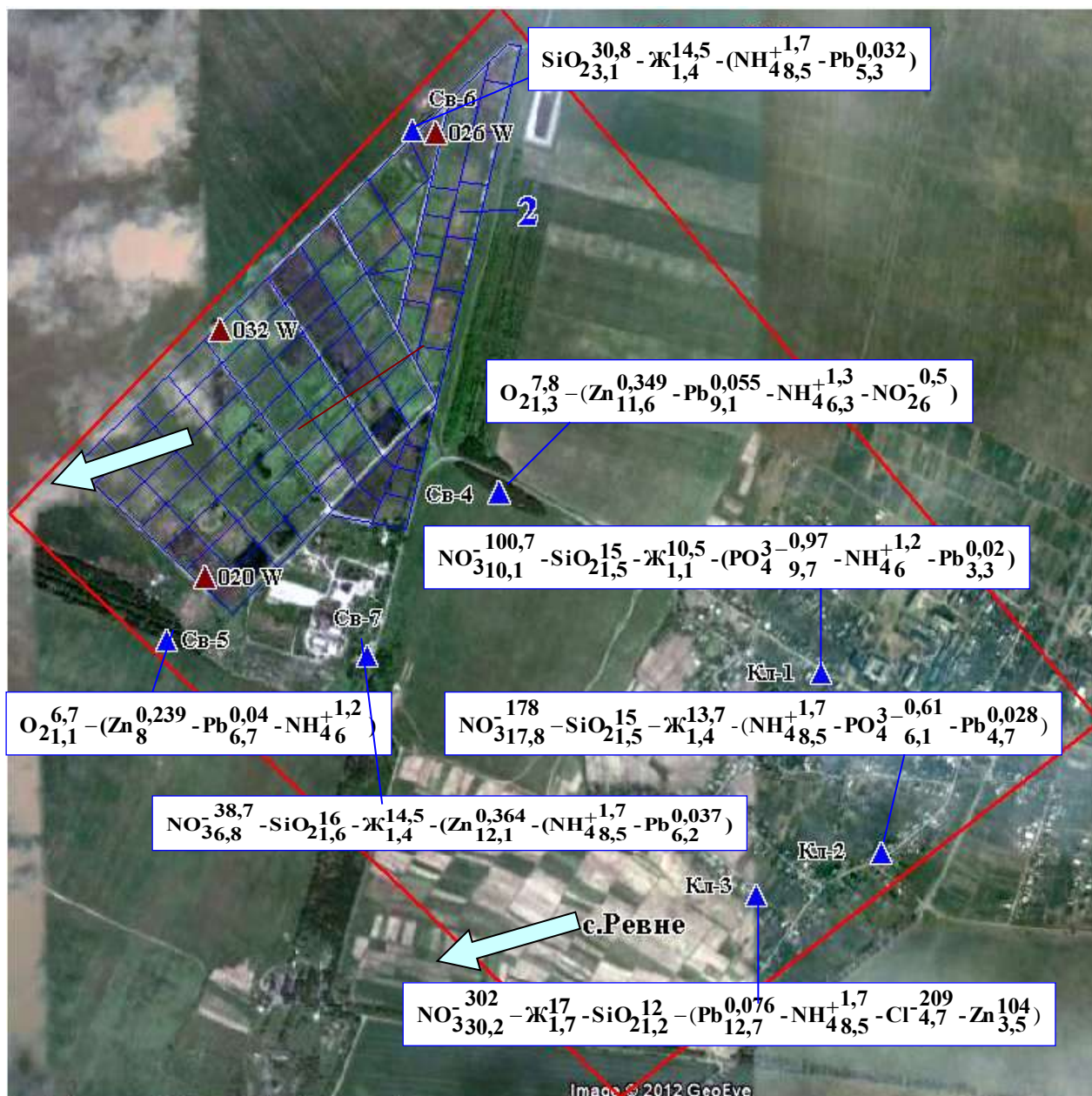


- ▲ 02 W - пункти відбору проб мулових вод
- ▲ Св-1 - пункти відбору проб ґрунтових вод: Св-свердловина, К-кар'єр

 1 - мулові поля та їх номер
 - напрямок потоку ґрунтових вод

$O_{23,1} 18,1 - (Pb_{9,1} 0,057 - Zn_{4,8} 0,349 - PO_{4,3,6}^3 - 0,36)$ – гідрохімічний склад забруднення ґрунтових вод. Перед дужками – компоненти, вміст яких перевищує норматив для III класу якості підземних вод питного водопостачання (ДСТУ 4808): зверху біля символу компоненту – його вміст у воді в мг/л, знизу – його коефіцієнт концентрації відносно нормативу; в дужках – компоненти вміст котрих перевищує їх фоновий вміст в ґрунтових водах регіону, зверху біля символу компоненту (елементу) – його вміст у воді в мг/л, знизу – його коефіцієнт концентрації відносно фонового вмісту; позначення головних гідрохімічних характеристик води: O_2 – перманганатна окислюваність в mgO_2/l , М – мінералізація, Ж – загальна жорсткість в мг-екв./л.

Рисунок 4 – Гідрохімічний склад забруднення ґрунтових вод в районі мулових полів №1 та №3



- ▲ 01 W пункти відбору проб мулових вод
- ▲ Св-1 пункти відбору проб ґрунтових вод: Св-свердловина, Кл-колодяць
- 2 мулове поле та його номер
- ← напрямок потоку ґрунтових вод

$O_{21,1}^{6,7} - (Zn_{8}^{0,239} - Pb_{6,7}^{0,04} - NH_{4,6}^{+1,2})$ – гідрохімічний склад забруднення ґрунтових вод (див. Рис. 4).

Рисунок 5 – Гідрохімічний склад забруднення ґрунтових вод в районі мулових полів №2

В найближчому населеному пункті від мулових полів №2 режимні дослідження ґрунтових вод в трьох колодязях показали, що їх якість нижча відносно ґрунтових вод біля мулових полів №2. Ґрунтові води села відносяться до прісних з підвищеною мінералізацією (500 -1000 мг/л) та слабо мінералізованих (1000 - 2000 мг/л – колодязь №3 – 1440 мг/л), гідрокарбонатно-сульфатно-кальцій-магнієвого типу, жорсткі (13 - 17 мг-екв./л). Води в колодязях забруднені нітратами (NO_3^-), концентрація яких в 10-30 разів перевищує норматив для III класу якості підземних вод (10,0 мг/л), та в 2011-2012 роках змінювалась від 148 до 239 мг/л при усередненому значенні 179 мг/л. Також для ґрунтових вод села характерним є підвищений вміст кремнієвої кислоти (SiO_2) - 12-14 мг/л, що відповідає фоновим концентраціям для ґрунтових вод регіону (16 мг/л).

Концентрація токсичних мікроелементів (Pb, Zn, Cr, Hg) в ґрунтових водах є меншою за їх норматив для III класу якості підземних вод, але для Pb та Zn перевищує їх фоновий вміст для ґрунтових вод регіону в 5-7 разів. Концентрації найбільш поширених органічних забруднювачів ґрунтових вод, таких як нафтопродукти, феноли та ПАР, не перевищують фонових рівнів для ґрунтових вод регіону.

Забруднення ґрунтових вод нітратами і амонієм є характерною особливістю для населених пунктів сільської забудови, яке складалось на протязі багатьох десятиків і навіть сотень років від вигрібних та гнійних ям і туалетів, котрі закладались у кожному дворі без належної гідроізоляції.

Підсумовуючи вище наведені факти можна сказати, що забруднення ґрунтових вод, навіть якщо і відбувається в результаті проникнення мулових вод в ґрунті, то воно суттєво не погіршує їх якості.. Ґрунтові води біля мулових полів за своїми гідрохімічними показниками та концентрацією компонентів відносяться до II-III класу якості підземних вод питного водопостачання і є "чистішими" ніж в околишніх селах. Динаміка зміни концентрацій гідрохімічних компонентів в ґрунтових водах має сезонний характер і є найменшою під час весняного гідрологічного максимуму і найбільшою в літній гідрологічний мінімум.

В цілому, за результатами моніторингових гідрохімічних досліджень ділянки „Гнідин” можна прийти до висновку, що екологічна ситуація в ґрунтових водах біля мулових полів є стабільною. Мулові поля ділянки мають хорошу гідроізоляцію днищ і тому їх вплив на ґрунтові води є мінімальним.

Геохімічні та геофізичні дослідження порід зони аерації

Породи зони аерації в районі розміщення мулових полів вивчались з метою оцінки можливого їх геохімічного забруднення в процесі фільтрації через них забруднених мулових вод та атмосферних вод від забруднених ґрунтів. Вивчення літологічного складу порід зони аерації та відбір літохімічних проб із них виконувалось до глибин 25 - 38 м в процесі буріння

гідрогеологічних свердловин (6 св.), які були пробурені безпосередньо біля мулових полів на забруднених ґрунтах (Рис. 1). Проби порід зони аерації, після ґрунтового шару (0,5 м), відбирались в процесі буріння свердловин, поінтервально через 3 м з урахуванням літологічних різновидів порід. За результатами геолого-геохімічних досліджень порід зони аерації встановлено, що гідрогеологічний розріз порід зони аерації в районі мулових полів доволі простий. Верхню частину розрізу складають алювіальні глинисті піски жовтого кольору потужністю 3-18 м. Нижню - промиті кварцові піски від світло-жовтого до білого кольору потужністю 30 м і більше (алювіальні відклади верхнього палеогену - a^2P_{III}). Глибина залягання дзеркала ґрунтових вод коливається від 17 до 30 м і залежить від рельєфу та гідрогеологічних особливостей (техногенна депресія ґрунтових вод) території (Рис. 6, 7).

Стосовно техногенної депресія ґрунтових вод, вона утворилась в результаті видобутку піску із піщаного кар'єру, який розташований в 250 м західніше мулових полів №3 (Рис. 6). Глибина кар'єру складає 34 м із сухим дном. Ґрунтові води в днищі кар'єру знаходяться на глибині 0,4-0,7 м. З екологічної точки зору, наявність депресійної гідрогеологічної западини в районі мулових полів № 1, 3 є надзвичайно вигідним для контролю за гідрохімічним станом ґрунтових вод, так як усі ґрунтові води з найближчих околиць стікаються в депресійну западину, в тому числі і від мулових полів.

Аналіз результатів аналітичних досліджень проб порід зони аерації свідчить, що в безпосередній близькості до мулових полів породи зони аерації не забруднені важкими металами. Концентрація хімічних елементів в них знаходиться на рівні флуктуацій природного фону. Виключенням є підвищені концентрації Hg, Ag і Сг в верхніх пробах двох свердловин № 1 і 4 (Рис. 6). Вміст Hg в суглинному матеріалі цих проб складає 0,08 мг/кг при регіональному фоновому значенні 0,035 мг/кг, Ag - 0,06 мг/кг при фоновому значенні 0,03 мг/кг, а Сг – 105 мг/кг (тільки в св. № 1) при фоновому значенні 50 мг/кг. В інших пробах порід зони аерації аномальні концентрації елементів не зафіксовані, а середні їх вмісти в літологічних різновидах порід (піски глинисті та піски кварцові) коливаються біля значень регіонального фону для цих порід (Табл. 2).

Зважаючи на не системне забруднення верхнього шару порід зони аерації під забрудненими ґрунтами, можна припустити, що зафіксовані підвищені концентрації Hg, Ag і Сг в двох пробах утворились в результаті попадання забрудненого ґрунту в пробу при шнековому бурінні.

Крім геолого-геохімічних методів вивчення порід зони аерації, були застосовані і геофізичні методи. Метою цих досліджень було виявлення зон забруднення порід зони аерації, уточнення границь літологічних різновидів порід в геологічному розрізі та встановлення глибини залягання дзеркала ґрунтових вод. Для досягнення мети використано метод електророзвідки ВЕЗ в модифікації мікрозондування з початковим розносом

живильної лінії АВ-0,3 м і кінцевим – 300 м. В якості реєструючого приладу використано автокомпенсатор АЕ-72. Роботи виконувались в профільному варіанті безпосередньо на мулових полях (Рис. 1).

В результаті виконаних робіт встановлено наявність зон підвищеної електропровідності (понижений позірний опір) в породах зони аерації безпосередньо під муловими полями, які можуть відповідати зонам їх обводнення муловими водами та забрудненню (Рис. 8, 9, 10). Також виконано більш детальне розчленування верхньої частини геоелектричних розрізів (перші 5-7 м), та встановлено знаходження рівню дзеркала ґрунтових вод, що є важливою інформацією для екологічних досліджень з вивчення шляхів міграції забруднених вод від мулових полів в породи зони аерації та ґрунтові води (рис. 11, 12).

В цілому, за результатами геолого-геохімічних та геофізичних досліджень порід зони аерації в районі розміщення мулових полів можна зробити висновок, що породи зони аерації в безпосередній близькості до мулових полів не забруднені важкими металами. Концентрація хімічних елементів в них знаходиться на рівні флуктуацій природного фону. Можливо, забруднення порід зони аерації відбувається безпосередньо під муловими полями, де зафіксована підвищена їх електропровідність.

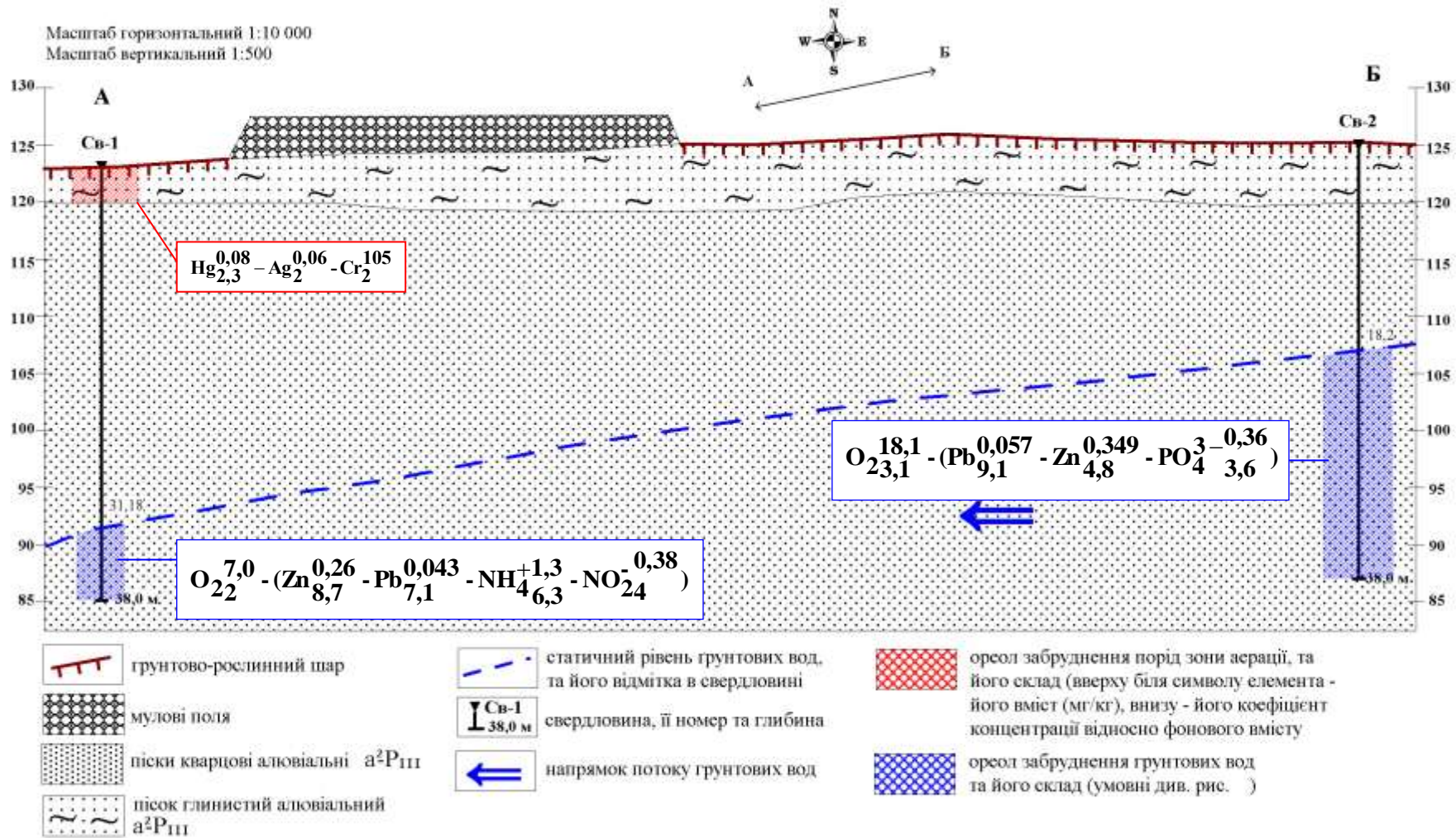


Рисунок 6 – Гідрогеологічний розріз в районі мулових полів №1, 3

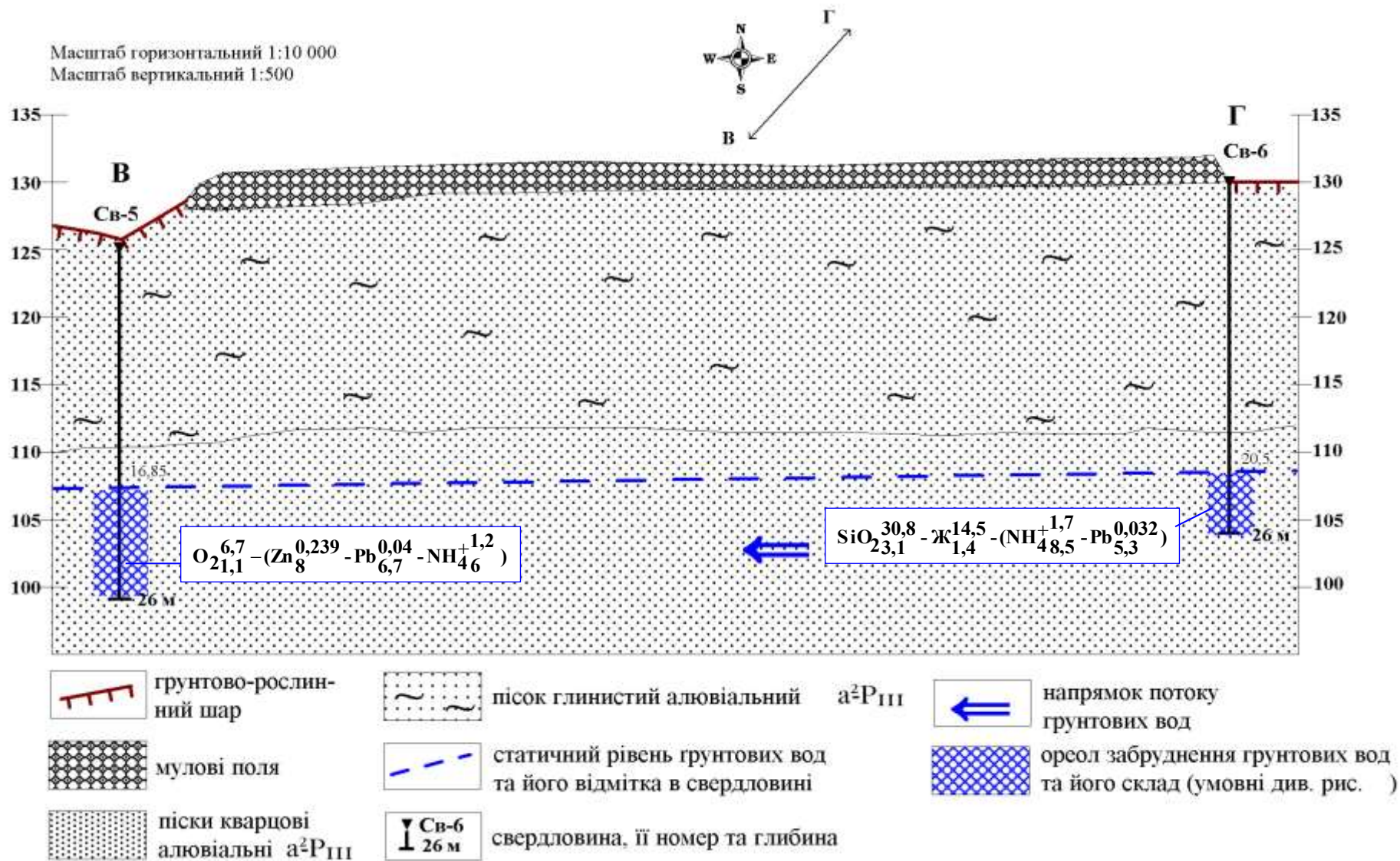


Рисунок 7 – Гідрогеологічний розріз в районі мулового поля №2

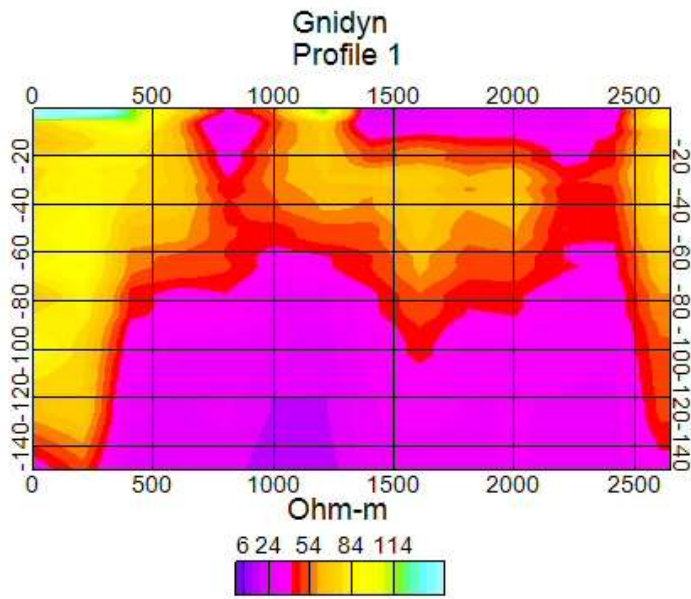


Рисунок 8 – Вертикальний електричний розріз позірнього опору порід зони аерації по профілю-1 між муловими полями № 1, 3

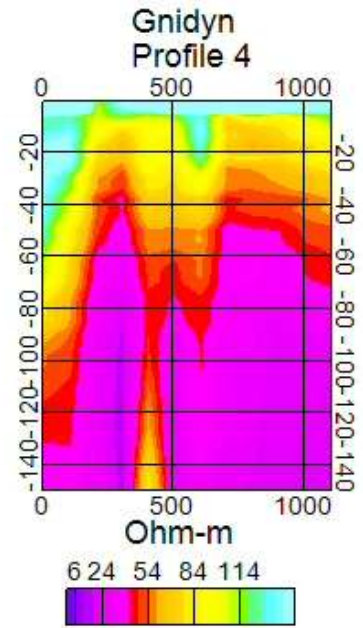


Рисунок 9 – Вертикальний електричний розріз позірнього опору порід зони аерації по профілю-4 вздовж північного краю мулових полів № 2

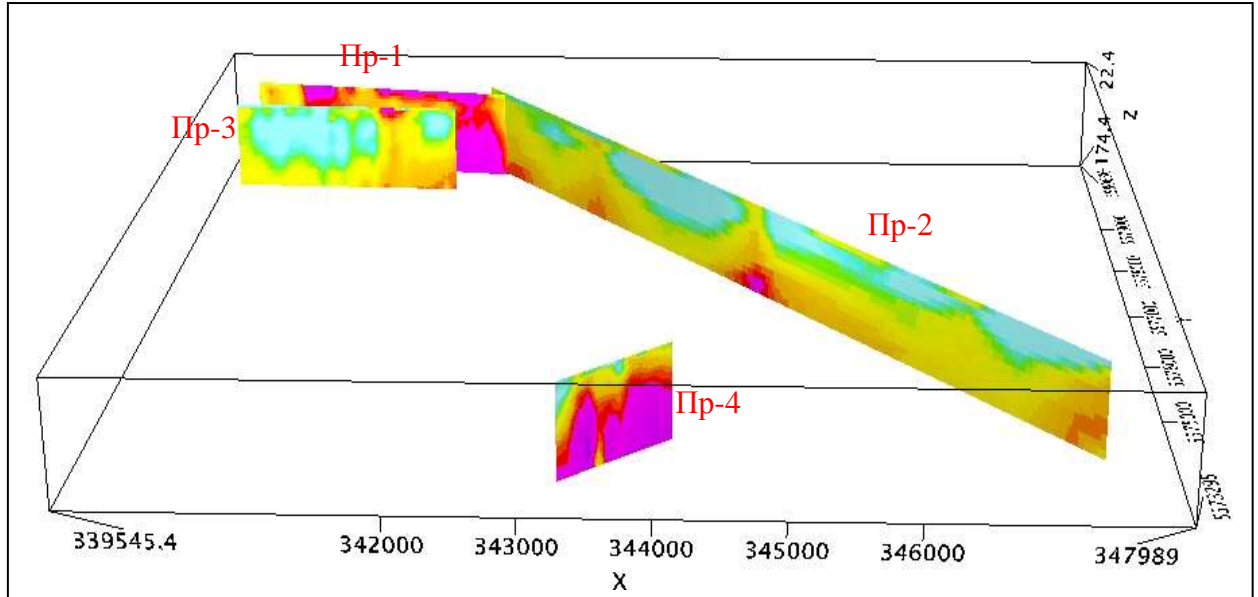


Рисунок 10 – Блок-діаграма (3D) позірнього опору порід зони аерації ділянки „Гнідин” по профілях 1, 2, 3, 4

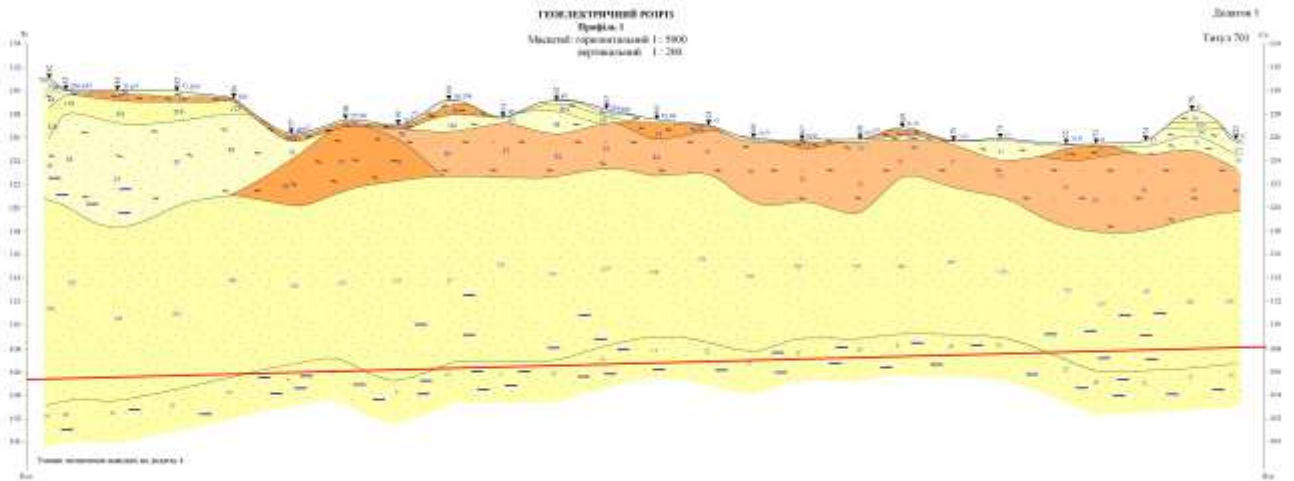


Рисунок 11 – Геоелектричний розріз порід зони аерації по профілю-1 між муловими полями № 1, 3

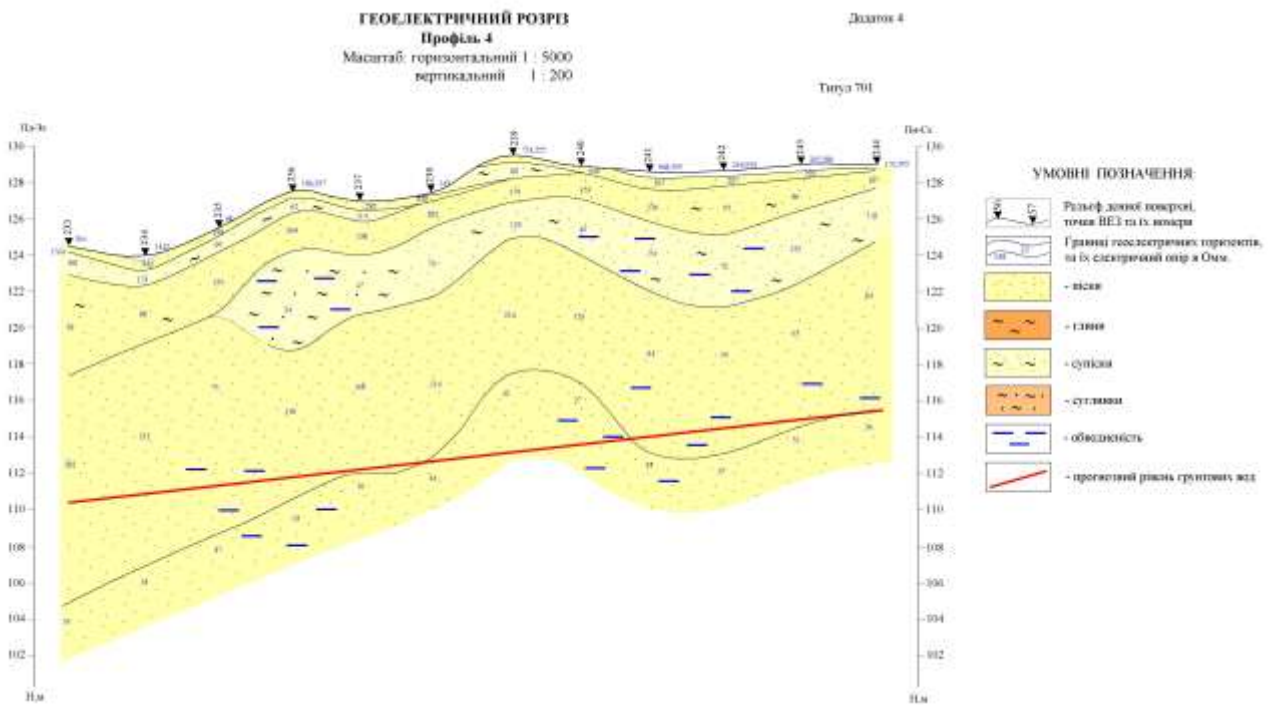


Рисунок 12 – Геоелектричний розріз порід зони аерації по профілю 4 вздовж північного краю мулових полів № 2

Висновки:

1. Джерелом забруднення навколишнього природного середовища ділянки є мули та мулові води мулових полів. За речовим складом забруднення розділяється на геохімічне та гідрохімічне. Геохімічне забруднення мулів створюють такі елементи як Ag, Cd, Hg, Sn, Cr, Cu, Pb, Zn, концентрація яких в 10-300 разів перевищує їх фоновий вміст в ґрунтах району робіт. Геохімічна асоціація: Ag-Cd-Hg-(Sn-Cr-Cu-Pb-Zn), являється індикатором забруднення спричиненого мулами в ґрунтах і породах зони аерації ділянки робіт.

Гідрохімічне забруднення мулових вод створюють такі компоненти як фосфати (PO_4^{3-}), амоній (NH_4^+), нітрити (NO_2^-), кремнієва кислота (SiO_2), концентрація яких в 50-1000 разів перевищує їх норматив для поверхневих вод питного водопостачання III класу якості (ДСТУ 4808. 2007). Також характерною особливістю цих вод є їх надзвичайно висока перманганатна окислюваність, яка перевищує нормативну в 10-50 разів та висока концентрація іонів калію (K^+), яка в 50 разів перевищує фонову. Гідрохімічна асоціація: фосфати-амоній-нітрити, являється індикатором забруднення спричиненого муловими водами в ґрунтових та поверхневих водах ділянки робіт.

2. Забруднення ґрунтів ділянки пов'язане із застосування забруднених мулів стічних вод в якості біологічних добрив на сільськогосподарських землях до 1979 року. За сумарним показником забруднення, рівень забруднення ґрунтів агро-ландшафтів ділянки змінюється від фонового до надзвичайно небезпечного. З 1995 по 2011 рік геохімічний склад забруднення ґрунтів та рівень концентрації провідних елементів забруднення (Ag, Cd, Hg) в межах виділених аномалій практично не змінився, змінилась тільки конфігурація та площа полів забруднення, тобто природного самоочищення ґрунтів від важких металів в агро-ландшафтах не відбувається, або проходить надзвичайно повільно

3. Режимні дослідження ґрунтових вод в районі мулових полів ділянки показали, що за своїм гідрохімічним складом та концентрацією компонентів вони відносяться до II-III класу якості підземних вод питного водопостачання (ДСТУ 4808, 2007) і є більш якісними ніж в найближчому населеному пункті, де вони забруднені нітратами. Концентрація головних компонентів забруднення мулових вод (фосфати, амоній, нітрити) в ґрунтових водах біля мулових полів, інколи перевищує їх фоновий вміст для ґрунтових вод регіону в 2-5 разів.

В цілому, екологічна ситуація в ґрунтових водах біля мулових полів є стабільною. Мулові поля ділянки мають хорошу гідроізоляцію днищ і тому їх вплив на ґрунтові води є мінімальним.

4. Породи зони аерації біля мулових полів не забруднені важкими металами. Концентрація хімічних елементів в них знаходиться на рівні флуктуацій природного фону. Можливо, забруднення порід зони аерації відбувається безпосередньо під муловими полями, де зафіксована підвищена їх електропровідність.

1. ГОСТ Р 17.4.3. 07-2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений»;

2. Григорян С.В., Саєт Ю.Е. Геохімічні методи при рішенні деяких екологічних завдань. "Радянська Геологія", 1980, № 11, с. 94-107.

3. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" ДСанПіН 2.2.4-171-10 чинний наказом МОЗ Укр. №400 від 12.05.2010 року. Зареєстрований в міністерстві України 01.07.2010 року за №452/17747.

4. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. Видання офіційне. Київ, Держспоживстандарт України, 2007, 36 с.

5. Методичні вказівки по оцінці ступеня небезпеки забруднення ґрунту хімічними речовинами. М., 1987.

6. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве САН ПиН 42-128-4433-87. Министерство здравоохранения СССР. М., 1988.

7. Саєт Ю.Е. і ін. Геохімія навколишнього середовища. М., Надра, 1990.

Клос В. Р., Жовинский Э. Я., Акинфиев Г. А., Ентин В.А., Амашукели Ю. А. Эколого-геохимические исследования влияния иловых полей сточных вод на окружающую среду прилегающих территорий. По результатам геохимических и гидрохимических исследований илов, почв, пород зоны аэрации, иловых и грунтовых вод участка «Гнидын» определены масштабы влияния иловых полей на эколого-геохимическое состояние окружающей среды прилегающих районов.

Klos V.R., Zhovinski E.Ya., Akinfiiev G.A., Entin V.A., Amashukeli I.A. Ecological and geochemical studies of the effect of sewage sludge fields on the environment of surrounding territories. According to the results of geochemical and hydrochemical studies of sludge, soil and rocks of the aeration zone, sludge and groundwater area of "Gnidyn" defines the scope of influence of sludge fields on ecological and geochemical environment of surrounding areas.