

ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПРИРОДНОЇ ВОДИ ШЛЯХОМ НАСИЧЕННЯ КАЛЬЦІЄВИМИ СОЛЯМИ ФОСФОГІНСУ З ОДНОЧАСНИМ ПІДКИСЛЕННЯМ СІРЧАНОЮ КИСЛОТОЮ

Наведено результати досліджень впливу одночасного внесення у поливну воду доз фосфогіпсу та сірчаної кислоти на концентрацію кальцію, зміну лужності, хімічного складу та іригаційних показників меліорованої води залежно від вихідного складу й часу насичення. Отримано рівняння залежності величини рН та концентрацій Са, SO₄, загальної мінералізації меліорованої води від дози меліорантів та Ех значень у природній воді.

Багаторічними дослідженнями, проведеними на зрошувальних системах півдня України, встановлено, що за 10-30 років зрошення ґрунти по-різному реагують на поливи. В одних випадках мінливість складу і властивостей зрошуваних ґрунтів незначна, встановлюється лише спрямованість ґрунто-творних процесів, в інших - зміни піддаються кількісній оцінці. У деяких випадках можливі суттєві зміни, що впливають на родючість ґрунтів.

Найбільш активно діючим фактором у формуванні ґрунтово-меліоративного стану зрошуваних земель є хімічний склад поливної води. При цьому найменш шкідливою за хімічним складом для ґрунтів є вода гідрокарбонатного кальцієвого складу з мінералізацією 0,6-1,0 г/л, найбільш шкідливою - хлоридна натрієва і сульфатна натрієва з загальним вмістом солей 1,5-2,5 г/л і більше. Отже, поливна вода одних джерел зрошення відповідає вимогам екологічно безпечного землеробства, інших - ні. Оскільки на деяких зрошувальних системах (Ін-

гулецька, Явкіньська, Дунай-Дністровська, Татарбунарська та ін.) застосовується вода, якість якої не завжди відповідає іригаційним вимогам, то там спостерігається магнієве і натрієве осолонцювання, накопичення токсичних солей в зоні аерації, а отже погіршується екологічний стан зрошуваних і прилеглих територій, що вимагає розробки і застосування заходів, спрямованих на поліпшення її хімічного складу.

Теоретично це досягається завдяки нейтралізації соди у воді кислотою або насиченням кальцієвими солями до вирівнювання співвідношення катіонів натрію та кальцію [1].

Об'єкти та матеріали досліджень. У дослідях використано природні води хлоридного натрієво-го складу з мінералізацією 0,8-2,2 г/л (оз. Сасик, р. Інгулець).

Використаний у досліді фосфогіпс (Вінницький завод) - відходи виробництва фосфорних добрив (подвійного суперфосфату і преципітату). Сировина у вигляді порошку сірого чи білого кольору, який вміщує до 39-40% СаО, 56-57

% SO_3 , 1,0-1,2 % P_2O_5 , 0,3-0,4 % F, 0,5-0,6 % R_2O_3 [2,3].

Для нейтралізації лужної реакції природних вод використовували башенну сірчану кислоту, отриману на Одеському та Вінницькому суперфосфатних заводах, концентрацією 78-82 відсотки.

Ціль та методика досліджень. Основна ціль проведення дослідів полягала у вивченні впливу доз кислоти на зростання концентрації кальцію та зміну хімічного складу меліорованої фосфогіпсом води.

Багатофакторний лабораторний дослід складався з таких варіантів доз фосфогіпсу: 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 3,0 та 4,0 і 6,0 г/л (для води з мінералізацією 2,12 г/л); доз сірчаної кислоти: 9,15; 18,3; 27,4; 36,6; 60,0; 91,0 г/м³ при мінералізації природної води 0,8, 1,0, 1,4, 1,5, 2,12 г/л. У досліді передбачено декілька варіантів контролю: вода без внесення хімічних меліорантів, меліорована лише фосфогіпсом, нейтралізована сірчаною кислотою. Повторність варіантів - 4-разова.

Зміну основних показників якості меліорованої води, порівняно з початковим хімічним складом, вивчали через 1, 2, 5, 24, 48, 72 години.

У природній та меліорованій воді визначали загальну мінералізацію, вміст іонів CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4 , Ca, Na, Mg, K, PO_4 за методикою [4] та масу осаду - нерозчинного залишку фосфогіпсу.

Якісний склад води оцінювали за методом Буданова.

Досліди проведено у 1988-1994 роках на базі зональної Татарбунарської агрохімічної лаборато-

рії. Результати досліджень оброблено на ПК за допомогою стандартних програм "Costat" та "Excel"

Результати досліджень та їх обговорення. Обробка та аналіз отриманих результатів дозволили виявити деякі закономірності позитивного впливу дії сірчаної кислоти на збільшення концентрації кальцію в меліорованій воді порівняно з варіантом без внесення кислоти.

У природній воді відбуваються ті ж процеси, що й при насиченні кальцієвими солями фосфогіпсу (їх висвітлено в одному з попередніх номерів журналу [5]), але значно інтенсивніше, чому сприяє внесена доза сірчаної кислоти. На збільшення концентрації кальцію у меліорованій воді значний вплив має як доза меліорантів, так і термін насичення та температура водного середовища. Так, після внесення 18,3 г/м³ сірчаної кислоти в меліоровану фосфогіпсом воду з температурою середовища 17,2°C, у перші дві години насичення підвищували концентрацію кальцію при дозах фосфогіпсу 600-3000 мг/л на 0,6-1,5 м.екв/л або 12-30 мг/л (табл. 1), порівняно з варіантом без внесення кислоти, що складало 8,7-13,6%. При цьому, концентрація кальцію у меліорованій воді зростала з 60 мг/л до 144 мг/л при дозі фосфогіпсу 600 мг/л; 260 мг/л при дозі 2000 мг/л та 310 мг/л при дозі фосфогіпсу 3000 мг/л. Співвідношення $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ відповідно зменшувалось з 4,69 до 1,99; 1,12 та 1,02, що на 0,07-0,12 одиниці нижче ніж при одному фосфогіпсі. Величина водневого показника рН знижувалась з 8,7 до 7,5; 7,22 та 7,08, що на 0,20-0,50 нижче ніж при одному фосфогіпсі. Загальна мінералізація

меліорованої води зростала на 30-80 мг/л (табл. 1).

Збільшення дози сірчаної кислоти в 1,5 та 2,0 рази (27,4 та 36,6 г/м³) при рівних дозах фосфогіпсу збільшує його розчинність та вміст кальцію в меліорованій воді на 20,7-28,9 та 27,9-37,9% відповідно. При цьому відношення $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ знижується з 4,79 до 1,03 та 0,95 при стабільній дозі фосфогіпсу 2000 мг/л. Слід відмітити, що внесення одного фосфогіпсу такою ж дозою знижує співвідношення $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ у меліорованій воді з 4,79 до 1,20 (табл.2). Загальна мінералізація зростає на 0,12-0,22 г/л порівняно з варіантом без внесення сірчаної кислоти.

В середньому концентрація кальцію у меліорованій воді зростає на 4-5% при дозі кислоти - 9,15 мг/л; 8-10 при дозі - 18,3; 15-18 при дозі - 27,4; 20-24 при дозі - 36,6 та на 30-35% при дозі кислоти 60 мг/л. Отже, при одночасному внесенні у поливну воду доз фосфогіпсу та сірчаної кислоти, вміст кальцію зростає відповідно до їх доз і при цьому відбувається зміна хімічного складу води з хлоридного натрієвого до сульфатно-хлоридного кальцієво-натрієвого зі значним збільшенням концентрації SO_4 та Ca. Крім цих компонентів, у меліорованій воді зростає вміст P_2O_5 , інколи Mg та Na (швидше за рахунок привнесених домішок при транспортуванні та зберіганні фосфогіпсу), нейтралізується вміст карбонатів, знижується вміст гідрокарбонатів, частково хлору та показник величини рН (табл.2).

Слід відмітити, що у природній воді з концентрацією гідрокарбонатів 225,7 мг/л після меліо-

рації дозою сірчаної кислоти 91 мг/л та фосфогіпсу 2000-6000 мг/л вони зникають повністю, а при дозі H_2SO_4 60 мг/л і тих же дозах фосфогіпсу вміст HCO_3 знижується до 72,2-58,0 мг/л (табл.2). Це свідчить про те, що при меліорації поливної води слід дуже обережно підходити до доз сірчаної кислоти, які не повинні перевищувати 40 мг/л.

Одночасне внесення сірчаної кислоти (до 40 мг/л) і фосфогіпсу в природну воду сприяє збільшенню вмісту сполук фосфору у 1,5-2,0 рази, порівняно з варіантом без внесення сірчаної кислоти. При дозах фосфогіпсу 3 г/л, сірчаної кислоти 36,6 г/м³ вміст P_2O_5 в меліорованій воді досягає величини 12,2 мг/л (табл. 2). Така концентрація P_2O_5 в поливній воді не є загрозливою, а навпаки - розчинним мінеральним добривом, яке може легко засвоїтись сільськогосподарськими рослинами. Більш значний вміст сполук фосфору у меліорованій воді спостерігається при дозах кислоти 60 та 91 мг/л, де їх концентрація сягає 16-37 мг/л.

Одночасне внесення хімічних меліорантів у поливну воду миттєво і значно знижує величину рН (на 1-1,9 од. порівняно з варіантом з одним фосфогіпсом) і протягом 5-10 годин спостерігається протікання цього процесу з незначним зниженням рН (на 0,05-0,1 од.). Так, при дозах фосфогіпсу 1000 мг/л і 9,15 мг/л кислоти рН знижується з 8,6 до 7,7. При збільшенні дози кислоти до 18,3 мг/л і тій же дозі фосфогіпсу рН знижується до 7,4; при дозі H_2SO_4 - 27,4 мг/л рН знижується до 7,18; при дозі H_2SO_4 - 36,6 мг/л рН знижується до 7,01 (рис. 1). Отже, чим вищі дози меліо-

орантів, тим більша величина зниження рН. Математична обробка отриманих результатів дозволила отримати рівняння залежності вели-

чини рН меліорованої води від доз меліорантів та його значення у природній воді:

$$pH_{м.в.} = pH_0 - 0,044 \cdot H_2SO_4 - 0,193 \cdot (CaSO_4 \cdot H_2O) \quad (1)$$

де: pH_0 - величина рН природної води, од.; $pH_{м.в.}$ - величина рН меліорованої води, од.; H_2SO_4 - доза сірчаної кислоти, $г/м^3$; $CaSO_4 \cdot H_2O$ - доза фосфогіпсу, $г/л$.

У процесі проведення дослідів зверталася увага на той факт, що механічне перемішування одних з повторностей сприяло значно кращому і більш високому насиченню води кальцієвими солями, порівняно із повторностями, де цього не робили. Крім того, при рівних дозах фосфогіпсу і різних дозах сірчаної кислоти (9,15 і 36,6 $г/м^3$) механічне перемішування першої сприяло більш високому вмісту кальцію, порівняно з другою концентрацією кислоти, де перемішування не було. Так, при меліорації природної води із мінералізацією 1400 $мг/л$, вмістом $Ca = 60$ $мг/л$, $Na = 304$ $мг/л$, дозою фосфогіпсу 1,4 $кг/м^3$ через дві години після насичення у варіанті з 9,15 $г/м^3$ сірчаної кислоти, яку перемішували, вміст кальцію складав 268 $мг/л$ і 176 $мг/л$ без перемішування, а з дозою кислоти 36,6 $г/м^3$, де перемішування не вели, лише 230. Отже, на розчинність фосфогіпсу впливає не тільки доза кислоти, а й механічне перемішування, що сприяє більш швидкому та інтенсивному зростанню концентрації кальцію в меліорованій воді.

На рисунку 2 зображені діаграми збільшення концентрації кальцію в часі, при меліорації природної води різними дозами фосфогіпсу та постійною дозою сірчаної кислоти. Слід відмітити, що основна

маса фосфогіпсу розчиняється у підкисленій воді протягом перших 2 годин і концентрація кальцію зростає при дозі фосфогіпсу 600 $мг/л$ у 2,52 рази, а при дозі 6000 $мг/л$ - 8,3 рази, досягаючи відповідно 136 та 448 $мг/л$ при вмісті у природній воді - 54 $мг/л$. При витримуванні протягом 24 годин, концентрація кальцію зростає ще на 2-2,5 м.екв/л, або 40-50 $мг/л$. При витримуванні меліорантів у воді з 24 до 48 годин концентрація Ca зростає ще на 6-44 $мг/л$ при дозах фосфогіпсу 600-3000 $мг/л$. У середньому витримування нерозчиненого залишку фосфогіпсу у водному середовищі у часі сприяє підвищенню концентрації кальцію у перші 24 години на 18-20%, за другі 24 години зростає до 25-27%, а через 72 години підвищується до 35-37% порівняно з концентрацією у перші дві години насичення. При цьому, отримано тісну криволінійну залежність концентрації кальцію від доз фосфогіпсу та кислоти і часу насичення (рис. 3). На рисунку приведено коефіцієнти кореляції та квадратичні рівняння залежності.

При проведенні аналогічних лабораторних дослідів, при температурі водного середовища 22°C, концентрація кальцію у меліорованій воді зростає при дозі кислоти 18,3 $мг/л$ в середньому на 4,7%, при дозі кислоти 27,4 $мг/л$ - на

9,9%, а при дозі H_2SO_4 36,6 мг/л на 8,8%. Абсолютні показники приведено в таблиці 3 і їх слід порівнюва-

ти з аналогічними приведеними в таблиці 1. В цих дослідях використано природну воду одного складу.

Таблиця 3

Концентрація кальцію у меліорованій різними дозами меліорантів воді при температурі водного середовища 22° С

Доза фосфогіпсу, мг/л	Вміст Са мг/л при різних дозах H_2SO_4 , мг/л			
	без кислоти	18,3	27,4	36,6
0	60	60	58	58
600	136	150	156	162
800	160	170	186	198
1000	178	190	216	222
1200	196	212	250	256
1400	212	230	262	270
1600	226	248	274	284
1800	240	260	290	302
2000	252	274	310	322
3000	308	326	378	388

У кінцевому результаті математичної обробки отримано рівняння залежності концентрації ка-

льцію у меліорованій воді від доз меліорантів та його концентрації у природній воді:

$$Ca_{м.в.} = Ca_0 + 1,496 \cdot H_2SO_4 + 65,85 \cdot (CaSO_4 \cdot H_2O), \quad (2)$$

де: $Ca_{м.в.}$ - вміст кальцію у меліорованій воді, мг/л; Ca_0 - вміст кальцію у природній воді, мг/л.

Подібні рівняння отримано для загальної мінералізації та концентрації SO_4 .

$$M_{м.в.} = M_0 + 279,2 \cdot (CaSO_4 \cdot H_2O) - 0,93 \cdot H_2SO_4, \quad (3)$$

$$SO_4_{м.в.} = SO_4_0 + 95,53 \cdot (CaSO_4 \cdot H_2O) - 0,26 \cdot H_2SO_4, \quad (4)$$

де: $M_{м.в.}$, $SO_4_{м.в.}$ - мінералізація та вміст сульфатів у меліорованій воді, мг/л; M_0 , SO_4_0 - мінералізація та вміст сульфатів у природній воді, мг/л.

ВИСНОВКИ

1. Концентрація кальцію у меліорованій фосфогіпсом та сірчаною кислотою воді зростає із зростанням дози меліорантів, часу насичення та температури водного середовища в межах 15-22°С. Найбільш

ефективні дози меліорантів 1000-3000 мг/л фосфогіпсу та 30-40 мг/л H_2SO_4 . При цьому майже половина, а інколи і більше його дози випадає в осад і повністю ніколи не розчиняється.

2. Концентрація кальцію у меліорованій воді зростає в середньому на 4-5 % при дозі H_2SO_4 9,15 мг/л; на 8-10% при дозі - 18,3; на 15-18% при дозі - 27,4 ; на 20-24% при дозі - 36,6 та на 30-35% при дозі кислоти 60 мг/л. При цьому відбувається зміна хімічного складу води з хлоридного натрієвого до сульфатно-хлоридного кальцієво-натрієвого зі значним збільшенням концентрації SO_4 та Са.

3. Основна розчинність фосфогіпсу, а отже і зростання концентрації Ca^{2+} спостерігається протягом перших 2 годин. Витримування нерозчиненого залишку фосфогіпсу у водному середовищі у часі сприяє підвищенню концентрації кальцію у перші 24 години на 18-20%, за другі 24 години зростає до 25-27%, а через 72 години підвищується до 35-37% порівняно з концентрацією у перші дві години насичення.

4. Зростання температури водного середовища з 17,2°C до 22°C сприяє збільшенню концентрації кальцію у меліорованій воді при дозі кислоти 18,3 мг/л в середньому на 4,7%, при дозі кислоти

27,4 мг/л - на 9,9%, а при дозі H_2SO_4 36,6 мг/л на 8,8%.

5. Одночасне внесення хімічних меліорантів у поливну воду миттєво та істотно (на 1,0-1,9 одиниці) зменшує величину водневого показника рН, при цьому повністю зникає карбонат-іон і зменшується вміст гідрокарбонат-іонів.

6. Одночасне внесення сірчаної кислоти і фосфогіпсу у природну воду сприяє збільшенню концентрації сполук фосфору в 1,5-2,0 рази порівняно з тими ж дозами хімічного меліоранту без кислоти.

7. Насичення поливної води кальцієвими солями з одночасною нейтралізацією лужності сірчаною кислотою найбільш ефективно тоді, коли величина водневого показника рН у природній воді більше 8,5, вміст натрію понад 322 мг/л (14 м.екв/л), а відношення вмісту натрію до вмісту кальцію більше 3,6.

8. У результаті обробки результатів досліджень отримано рівняння залежності показників меліорованої води від доз меліорантів та їх значень у природній воді. Ці залежності можна використовувати при прогнозуванні складу меліорованої води.

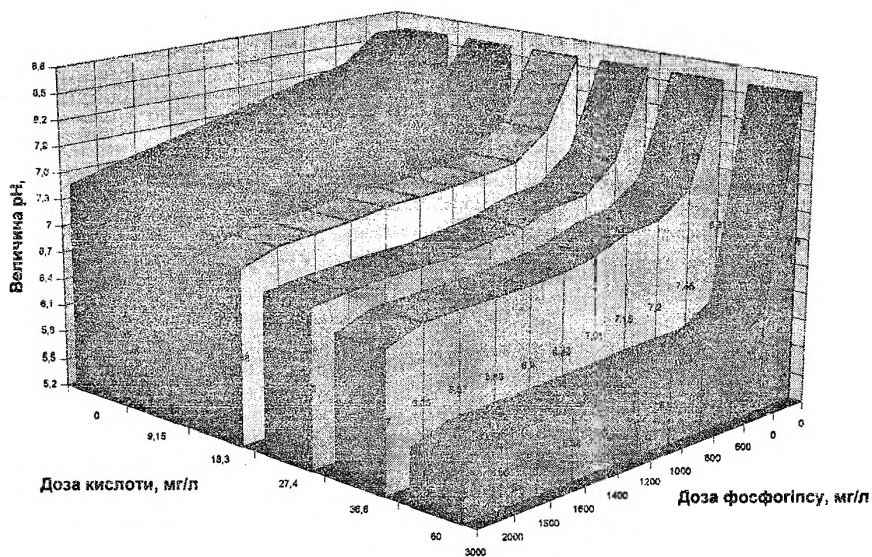


Рис. 1. Діаграми зниження величини рН в залежності від доз меліорантів

Таблиця 1

Зміна основних показників меліорованої води (мг/л) в залежності від доз хімічних меліорантів при температурі водного середовища 17,2 °С після двох годин насичення

фосфопі сул/м ³	Доза			Без кислоти				18,3 г/м ³ - H ₂ SO ₄				36,6 г/м ³ - H ₂ SO ₄			
	Мінералізація	pH	SO ₄	P ₂ O ₅	Ca	Мінералізація	pH	SO ₄	P ₂ O ₅	Ca	Мінералізація	pH	SO ₄	P ₂ O ₅	Ca
0	1410	8,60	204,5	0,5	60	1394	7,80	237,1	0,3	60	1400	7,45	269,8	0,3	58
0,6	1620	8,30	367,7	1,2	126	1690	7,50	411,1	2,1	144	1740	7,20	433,7	2,8	158
0,8	1720	8,20	424,1	1,8	150	1750	7,45	449,3	3,2	162	1830	7,15	502,1	4,1	184
1,0	1810	8,10	473,3	2,4	172	1840	7,40	502,1	4,3	184	1900	7,01	550,1	5,0	204
1,2	1860	8,00	514,9	3,1	188	1900	7,38	550,1	5,0	204	1980	6,93	604,7	6,4	228
1,4	1900	7,90	554,9	3,8	204	1950	7,35	588,5	6,1	220	2030	6,90	650,9	7,7	246
1,6	1940	7,8	581,9	4,4	216	2010	7,30	626,9	7,1	236	2100	6,88	693,3	8,9	262
1,8	1980	7,70	617,3	4,9	232	2050	7,26	655,7	8,0	248	2150	6,87	732,5	9,7	280
2,0	2040	7,60	646,1	5,2	244	2100	7,22	684,5	8,9	260	2210	6,85	770,9	10,3	296
3,0	2180	7,50	732,5	6,2	280	2260	7,08	804,5	9,6	310	2400	6,70	905,3	12,2	352
				9,15 г/м ³ - H ₂ SO ₄				27,4 г/м ³ - H ₂ SO ₄				60 г/м ³ - H ₂ SO ₄			
0	1403	8,20	220,8	0,45	60	1387	7,65	247,2	0,45	58	1412	6,25	356,7	0,5	56
0,6	1646	7,85	389,0	1,7	140	1716	7,25	422,4	2,5	150	1884	6,05	468,0	3,0	170
0,8	1737	7,80	436,7	2,5	156	1810	7,20	480,8	3,6	176	1912	6,04	545,7	4,9	200
1,0	1825	7,75	491,2	3,3	178	1879	7,18	534,1	4,7	198	1981	6,03	603,8	6,0	226
1,2	1884	7,70	536,5	4,1	196	1939	7,14	577,4	6,9	216	2062	6,02	657,6	7,1	244
1,4	1922	7,65	569,7	4,9	210	1992	7,10	630,1	7,8	236	2097	6,00	684,5	8,6	260
1,6	1973	7,60	602,4	5,8	224	2052	7,08	660,1	8,0	254	2154	5,98	731,7	9,8	278
1,8	2016	7,55	636,5	6,7	240	2126	7,05	694,1	8,9	264	2205	5,96	778,5	11,1	292
2,0	2074	7,50	663,9	7,1	250	2190	7,0	748,8	9,4	282	2320	5,95	842,9	13,1	326
3,0	2222	7,35	768,5	7,8	294	2318	6,9	868,8	10,6	336	2525	5,80	998,4	16,7	400

Доза фосфо-гіпсу, кг/м ²	Доза Н ₂ SO ₄ , г/м ²	М, мг/л	Зміна вмісту іонів, мг/л									
			pH	CO ₂	HCO ₃	Cl	SO ₄	P ₂ O ₅	Ca	Mg	Na	Na/Ca
Природна вода →		1411	8,7	9,0	170,8	566,6	204,5	0,3	58	74,4	321,2	4,79
0	27,4	1387	7,85	0	152,5	536,8	247,2	0,3	54	73,2	316,8	5,11
0	36,6	1399	7,45	0	146,4	527,2	269,8	0,3	56	72,0	316,8	4,89
1,0	0	1775	8,10	0	164,7	560,9	473,3	2,4	172	74,4	322,0	1,62
2,0	0	2016	7,60	0	158,6	564,5	646,1	5,2	244	74,4	321,2	1,11
3,0	0	2146	7,50	0	158,6	566,6	732,5	6,2	280	74,4	322,0	1,00
1,0	18,3	1833	7,45	0	140,3	546,7	574,1	4,3	188	74,4	322,0	1,48
2,0	18,3	2094	7,22	0	134,2	546,7	748,8	8,9	260	74,4	321,2	1,03
3,0	18,3	2270	7,08	0	140,3	543,2	868,8	9,6	310	73,2	326,6	0,91
1,0	36,6	1934	7,01	0	134,2	546,7	638,4	5,0	210	74,4	324,3	1,34
2,0	36,6	2228	6,85	0	134,2	543,2	844,8	10,3	296	75,6	326,6	0,95
3,0	36,6	2417	6,70	0	128,1	546,7	979,2	12,2	352	75,6	327,8	0,81
Природна вода →		2212	8,20	0	225,7	734,1	546,2	0,5	80	108	516	5,6
2,0	0	2880	7,55	0	207,4	722,4	1034,4	5,2	260	108	528	1,8
3,0	0	3100	7,35	0	201,3	722,4	1135,7	6,2	320	96	528	1,4
4,0	0	3250	7,25	0	195,2	718,5	1311,8	9,0	370	120	516	1,2
6,0	0	3580	7,15	0	195,2	714,6	1537,4	11,2	440	120	552	1,14
2,0	36,6	3003	6,70	0	164,7	722,4	1152,0	9,8	308	108	528	1,49
3,0	36,6	3180	6,57	0	158,6	722,4	1276,8	11,8	362	108	528	1,27
4,0	36,6	3404	6,50	0	158,6	718,5	1440,0	13,1	420	108	528	1,10
6,0	36,6	3670	6,40	0	152,5	718,5	1627,2	14,7	498	120	528	0,92
2,0	60,0	3063	5,95	0	73,2	718,5	1294,6	12,1	322	108	528	1,47
3,0	60,0	3274	5,80	0	67,1	718,5	1425,6	15,7	394	108	528	1,17
4,0	60,0	3476	5,75	0	64,1	722,4	1579,8	18,1	448	114	528	1,03
6,0	60,0	3791	5,65	0	58,0	714,6	1814,4	20,9	536	114	528	0,86
2,0	91,0	3174	3,20	0	0	714,6	1407,1	16,0	380	108	528	1,21
3,0	91,0	3390	3,00	0	0	718,5	1574,4	20,2	440	108	516	1,02
4,0	91,0	3618	2,80	0	0	716,7	1737,6	25,0	490	120	516	0,91
6,0	91,0	4042	2,65	0	0	714,6	2072,2	37,0	600	132	504	0,70

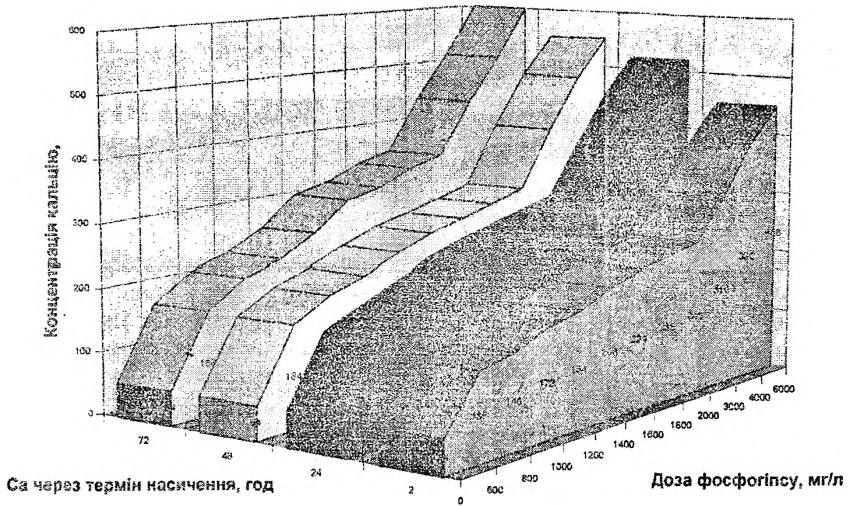


Рис. 2. Діаграми зростання концентрації кальцію у меліорованій воді в залежності від доз фосфогіпсу та часу насичення при дозі кислоти 18 мг/л

ЛІТЕРАТУРА

1. Лозовіцький П.С. Класифікація природних вод України за іригаційними показниками // Меліорація і водне господарство. - К., Аграрна наука. Вип. 85. 1998.- С.50-56.
2. Іваницький В.В., Класен П.В., Новиков А.А. и др. Фосфогіпс и его использование. М., Химия, 1990. 224 с.
3. Технология фосфорных и комплексных удобрений / Под ред. А.А. Бродского. М. : Химия, 1987. 452 с.
4. Унифицированные методы анализа вод. М. Химия, 1973. 253 с.
5. Лозовіцький П.С. Вплив доз фосфогіпсу на зміну хімічного складу поливної води // Вісник аграрної науки. 1998, №2. - С.49-52.

Лозовіцький П.С. - кандидат технічних наук.