

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

На правах рукопису

**МАКАРОВА ТЕТЯНА КОСТЯНТИНІВНА**

УДК 631.67:631.582:330.131.5(477.63)

**АГРОМЕЛІОРАТИВНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ  
ФОСФОГІПСУ НА ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЛЯХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ  
УКРАЇНИ**

06.01.02 – сільськогосподарські меліорації

Дисертація

на здобуття наукового ступеня

кандидата сільськогосподарських наук

**Науковий керівник:**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

Онопрієнко Дмитро Михайлович

Дніпро – 2019

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ АВТОРІВ</b> .....	9
1.1 Вплив зрошення на ґрунтовий покрив сільськогосподарських угідь.....	9
1.2 Вплив зрошення на фізичні властивості ґрунту.....	15
1.3 Родючість іригаційно осолонцьованих ґрунтів.....	20
1.4 Шляхи вирішення негативного впливу зрошення на ґрунт...	21
1.5 Визначення розрахункових доз внесення фосфогіпсу.....	25
<b>РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ, УМОВИ, МЕТОДИКА ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ</b> .....	29
2.1 Характеристика ґрунтового покриву.....	29
2.2 Погодні умови в роки проведення досліджень.....	36
2.3 Гідрохімічний аналіз поливної води.....	42
2.4 Схема і методика проведення досліджень.....	44
2.5 Розрахунок доз внесення фосфогіпсу.....	48
<b>РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ НА ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІРИГАЦІЙНО СОЛОНЦЮВАТИХ ЧОРНОЗЕМІВ</b> .....	53
3.1 Особливості використання фосфогіпсу як хімічного меліоранту.....	53
3.2 Розрахунок норми внесення фосфогіпсу.....	59
3.3 Аналіз хімічного складу водної витяжки ґрунту.....	63
3.4 Зміна обмінних основ у ґрунтовому поглинаючому комплексі під впливом меліоранту.....	88
3.5 Гранулометричний склад ґрунту після хімічної меліорації...	99

3.6	Зміна щільності, пористості, кіркоутворення та водопроникності ґрунту в результаті хімічної меліорації.....	105
3.7	Вплив фосфогіпсу на родючість іригаційно осолонцьованих ґрунтів.....	116
3.8	Контроль за зміною складу шкідливих хімічних елементів дослідного ґрунту після проведення хімічної меліорації.....	122
<b>РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ФОСФОГІПСУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР .....</b>		<b>127</b>
<b>РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ .....</b>		<b>140</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>		<b>153</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....</b>		<b>157</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>		

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Зрошувальні меліорації в зоні Північного Степу України характеризуються високими показниками економічної ефективності, але екологічні наслідки нераціонального та неякісного зрошення у 60–80 роки минулого століття спричинили зниження родючості ґрунтів та забруднення довкілля. Зрошуване землеробство на чорноземах звичайних у більшості випадків супроводжується деградаційними змінами ґрунтів: підтопленням, вторинним засоленням та їх осолонцюванням, знеструктуренням, порушенням повітряного обміну, дегуміфікацією тощо. Тому виникла необхідність комплексного вивчення змін агроекологічного стану ґрунтів, які тривалий час поливали в умовах Північного Степу мінералізованою водою.

Аналіз наукових робіт свідчить про те, що осолонцювання зрошуваних ґрунтів є поширеним негативним процесом на зрошуваних землях, який визначається якісним складом поливної води, вихідними властивостями ґрунтів, що визначають їх протисолонцюючу буферність та глибину залягання, і мінералізацією підґрунтових вод. Згідно з останніми публікаціями, площа зрошуваних солонцюватих ґрунтів України становить близько 800 тис.га, з них слабосолонцюватих – понад 700 тис. га, середньо- і сильно солонцюватих – близько 90 тис.га.

Фізико-хімічні основи хімічної меліорації солонців і солонцевих ґрунтів розкрито, обґрунтовано та висвітлено в класичних працях К.К. Гедройця, І.Н. Антипова-Каратаєва, О.М. Грінченка, О.М. Можейка, Г.М. Самбока та ін. Незважаючи на значний практичний досвід використання хімічних меліорантів, актуальним залишається перегляд застосування розрахункових норм та строків внесення меліорантів, використання як меліоранту побічного продукту промислового виробництва, насамперед фосфогіпсу. Натепер норми внесення хімічних меліорантів досліджено недостатньо, вони носять рекомендаційний характер залежно від типу ґрунту, передбачають лише осіннє внесення

меліоранту. Незважаючи на незадовільний стан ґрунтів, зрошення й надалі проводять водою неналежної якості. Тому комплексне вивчення впливу різних норм і строків внесення меліорантів; процесів гіпсування осолонцьованих ґрунтів; перспектив ведення екологічно безпечного зрошувального землеробства в Північному Степу України є значущим та має здійснюватися з використанням сучасних агротехнологій.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Наукові дослідження за темою дисертації є складовою частиною наукової тематики кафедри експлуатації гідромеліоративних систем і технології будівництва Дніпровського державного аграрно-економічного університету в межах робіт за темами: «Наукові основи і технології екологічно безпечної меліорації земель, розробка енерго-ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур на зрошуваних землях, проведення хімічної меліорації зрошуваних солонцюватих чорноземів у Придніпровському регіоні» (2013–2015 рр., № державної реєстрації 0112U008269); «Наукове обґрунтування ресурсозберігаючих технологій вирощування кукурудзи на зерно та кукурудзи цукрової на поливних землях, геоінформаційне забезпечення екологічно безпечного використання води та меліорації іригаційно осолонцьованих ґрунтів в умовах Північного Степу України (2016–2018 рр., № державної реєстрації 0115U007238), де автор роботи була відповідальним виконавцем завдання.

**Метою досліджень** є встановлення агроеліоративної ефективності хімічної меліорації фосфогіпсом солонцюватих чорноземів звичайних для відтворення їх родючості.

**Завдання:**

- проаналізувати агроеліоративний стан зрошуваних ґрунтів на прикладі дослідної ділянки;
- виявити методи встановлення меліоративних норм внесення фосфогіпсу;
- дослідити якісний склад зрошувальної води та її тривалий вплив на родючість ґрунтів;

- визначити доцільність використання фосфогіпсу як хімічного меліоранту; встановити оптимальну розрахункову норму та строки внесення фосфогіпсу для відновлення солонцюватих ґрунтів;
- встановити вплив фосфогіпсу на родючість ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур;
- обчислити економічну ефективність запропонованих меліоративних заходів на зрошуваних ґрунтах та перспективи розвитку хімічних меліорацій.

*Об'єктом* дослідження є зміна фізичних і хімічних властивостей іригаційно солонцюватих ґрунтів та вплив різних норм і строків внесення фосфогіпсу як хімічного меліоранту на ґрунт.

*Предметом* є фізичні та хімічні показники родючості іригаційно солонцюватих чорноземів звичайних, зміна урожайності сільськогосподарських культур під впливом фосфогіпсу в зрошуваних та незрошуваних умовах.

**Методи досліджень.** Для вирішення наукових завдань використовували теоретичні методи, що базувалися на системному підході до розглянутої проблеми, з використанням методів аналізу та синтезу для вивчення способів боротьби зі засоленням; експериментальні дослідження, що передбачають проведення польових та лабораторних досліджень. Польові дослідження проводили для вивчення впливу хімічної меліорації на фізичні властивості ґрунту і продуктивність вирощуваних сільськогосподарських культур; лабораторні – для визначення фізичних та хімічних властивостей ґрунту; статистичний метод – для оцінки вірогідності отриманих результатів досліджень; розрахунково–порівняльні – для встановлення ефективності впливу різних норм фосфогіпсу та умов зрошення.

#### **Наукова новизна отриманих результатів.**

*Уперше обґрунтовано* внесення фосфогіпсу розрахунковими нормами на іригаційно солонцюватих чорноземах звичайних в умовах зрошення навесні.

**Встановлено** ознаки іригаційного осолонцювання ґрунтів, які тривалий час поливали мінералізованою водою з р. Самара; оптимальну методику визначення норми внесення фосфогіпсу на чорноземі звичайному

малогумусному; екологічну безпечність використання фосфогіпсу як хімічного меліоранту.

*Набуло подальшого розвитку* внесення фосфогіпсу обґрунтованими розрахунковими нормами на зрошенні та без поливів.

За матеріалами досліджень отримано патент на корисну модель № 117577 від 26.06.2017 р. «Спосіб меліорації зрошуваних осолонцюватих чорноземів».

**Практичне значення отриманих результатів має безпосередній зв'язок із науковою новизною.** Результати наукових досліджень впроваджено в державному підприємстві «Дослідне господарство Дніпропетровської дослідної станції Інституту овочівництва і баштанництва НААН України» в с. Олександрівка Дніпровського району Дніпропетровської області на площі 60 га (довідка № 0149 від 21.09.2017 р.); в фермерському господарстві «Явір», 2016 рік на площі 37 га; в освітній процес Дніпровського державного аграрно-економічного університету при викладанні таких навчальних дисциплін, як «Основи гідромеліорацій», «Меліорація земель» (довідка № 44–11–839 від 19.07.2019 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є результатом особистого наукового дослідження автора. Дисертант, разом з науковим керівником, розробили схему та програму досліджень. Автор самостійно провела аналітичний огляд літературних джерел з досліджуваних питань; заклала польові дослідження; провела спостереження, лабораторні аналізи, узагальнення, статистичну обробку експериментального матеріалу; розрахувала економічну ефективність; розробила науково обґрунтовані основні положення дисертації, висновки та рекомендації виробництву.

**Апробація результатів досліджень.** Основні положення та матеріали дисертаційної роботи отримані та обговорені на міжнародному, вітчизняному і регіональному рівнях: Всеукраїнських науково-технічних конференціях: «Транзитна територія: екологія і транспорт» (Кременчук, 8–9 грудня 2010 р.), «Еволюція ґрунтів України під впливом антропогенної діяльності» (Херсон, 19–20 лютого 2015 р.); Міжнародних науково-технічних

конференціях: *«Проблеми природокористування та охорони меліорованих ландшафтів»* (Херсон, 21–23 березня 2012 р.), *«Водні ресурси України та меліорації земель»* (Київ, 22 березня 2013 р.), *«Проблеми і перспективи розвитку сучасної аграрної науки»* (Миколаїв, 1 липня 2014 р.), *«Відновлення біотичного потенціалу агроєкосистем»* (Дніпро, 11 жовтня 2018 р.); Міжнародних науково-практичних конференціях: *«Перспективные направления развития водного хозяйства, строительства и землеустройства»* (Херсон, 19–20 мая 2016 р.), *«Вода для всіх»* (Київ, 21 березня 2019 р.), *«Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії»* (Херсон, 24-25 травня 2019 р.); регіональній науково-практичній конференції *«Вода для всіх»* (Дніпро, 22 березня 2019 р.). Із наукових праць, опублікованих у співавторстві, в дисертаційній роботі використано результати, отримані автором особисто.

**Публікації.** Основні результати досліджень, що отримані в процесі виконання дисертаційної роботи, опубліковано в 9 наукових виданнях, у тому числі: 4 – у фахових виданнях України; у фаховому виданні України, яке включено до міжнародних наукометричних баз даних; 4 – у виданнях інших держав; у збірниках матеріалів конференцій; отримано патент на корисну модель.



# РОЗДІЛ 1

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ ПРОБЛЕМИ. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ, ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ АВТОРІВ

### 1.1 Вплив зрошення на ґрунтовий покрив сільськогосподарських угідь

Розвиток і ведення сучасного сільського господарства все більше базується на екологічному спрямуванні, що включає насамперед збереження ґрунту, підвищення його родючості та оптимальних фізичних і хімічних властивостей. Власне від того, чи зможе людство найближчим часом розумно поєднати економічні та екологічні інтереси, залежить вирішення актуальних проблем на майбутнє. Такий підхід до поєднання цих пріоритетів необхідно виробити не тільки аграріям, а й усім суб'єктам, причетним до використання та охорони ґрунтів [1-2].

Отримання високих та стабільних з року в рік врожаїв сільськогосподарських культур в умовах Степу України неможливо без зрошення. Основним фактором запровадження зрошення є несприятливі кліматичні умови, що призвело до безконтрольного зрошення у 60-80 роки минулого століття. Це стало причиною як позитивних результатів, так і негативних змін природного навколишнього середовища, що проявляється у підвищенні рівня підґрунтових вод, підтопленні територій, вторинному засоленні та осолонцюванні земель, погіршенні агрофізичних та агрохімічних властивостей ґрунтів та ін. [3].

Багаторічні дослідження показали, що тривале зрошення прісними та мінералізованими водами негативно впливає на фізичні та хімічні властивості ґрунтів, та зміну ґрунтоутворюючого процесу [4-11].

Зрошувані землі в Україні займають площу 2200 тис. га, у тому числі по областях: у Херсонській – 480,0, Дніпропетровській – 245,3, Запорізькій – 229,4, Одеській – 210,7, Миколаївській – 172,5 у АРК – 335,0 тис. га. Ґрунтовий покрив зрошуваних земель представлений в основному високо родючими чорноземами (61%) і потенційно добре родючими каштановими ґрунтами – 15% [12].

Зрошення обов'язково супроводжується змінами балансу підґрунтової води та хімічних елементів у ґрунті. Для прогнозування результатів зрошувальних меліорацій необхідно проводити облік елементів водного балансу. Відсутність контролю за цими показниками та низька культура землеробства, що спостерігається на великих площах сільськогосподарського використання, порушення екологічної рівноваги у степових ландшафтах, різко знижує ефективність зрошення [13]. Зрошуване землеробство на чорноземах в більшості випадків супроводжується деградаційними змінами ґрунтів, а саме підтопленням ґрунтів, вторинним засоленням та їх осолонцюванням, знеструктуруванням, порушенням повітряного режиму, дегуміфікацією тощо.

Підняття рівня підґрунтових вод відмічали на водороздільних частинах та особливо на терасах річок, за виключенням тих випадків, коли малопотужну лесову товщу підстеляють піщані породи, які забезпечують природний дренаж. Підґрунтові води, ще до початку зрошення розташовувались на глибині 20–30 м, за 10–20 років піднялися до 3–5 м від поверхні, а іноді і вище [14, 15]. Це пов'язано з підживленням підґрунтових вод поливною водою. Крім цього, періодичне зволоження верхніх шарів ґрунту та атмосферного повітря при поливах різко зменшує випаровування води з товщі ґрунтів. При збільшенні обводненості лесової товщі виникає гідрохімічний зв'язок між верхніми та нижніми зонами аерації, якщо врахувати, що для лесової товщі чорноземної зони характерний сольовий прошарок, то зрозуміло, що може виникнути при цьому. Нейтральна у геохімічному плані товща приходить у рух, геохімічні потоки направляються догори та переносять глибинні сольові прошарки на поверхню, що створює локальне накопичення солей, або вторинне засолення.

Вторинне засолення виникає під час експлуатації незасолених земель в результаті підняття мінералізованих підгрунтових вод вище критичної глибини, або при зрошенні мінералізованими водами (мінералізація більше 1 г/л та високим вмістом  $\text{Na}^+$ ) [16, 11]. При цьому спочатку розвивається процес вторинного засолення ґрунтів, а потім, при промиванні солей атмосферними опадами або зрошувальними водами, – процес вторинного осолонцювання.

За даними гідрогеологомеліоративної служби Держводагенства України площа первинно та вторинно засолених зрошуваних земель (за вмістом токсичних солей у верхньому метровому шарі) коливається в межах 7-10 % загальної площі зрошення (території Донецької, Дніпропетровської, Миколаївської, Одеської областей та АР Крим). Площа орних засолених земель в Україні становить близько 12,9 млн. га. Масштаби та інтенсивність прояву найбільш поширеного на зрошуваних землях деградаційного процесу – осолонцювання, зумовлені якістю поливної води (мінералізацією та відношенням кальцію до натрію), вихідними властивостями ґрунтів, які визначають їх протисолонцюючу буферність (вміст карбонатів кальцію, активність іонів кальцію), глибиною залягання та мінералізацією ґрунтових вод [17].

Більшість дослідників у питанні походження солонцевих ґрунтів дотримується точки зору К.К. Гедройца про утворення цих ґрунтів при розсоленні засолених ґрунтів. К.Д. Глінка, Д.Г. Віленській пов'язували генезис цих ґрунтів з сучасними процесами засолення під впливом мінералізованих підгрунтових вод і їх періодичним розсоленням. Ряд дослідників (В.Р. Вільямс, В.А. Францессон, А.Н. Розанов, Н.Н. Большаков) відводили велику роль життєдіяльності деяких видів рослин і надходженню натрію в ґрунт з рослинними рештками. Усі дослідники відводили головну роль у формуванні солонців обмінному натрію [16-23]. При цьому враховували різницю між солонцюватим ґрунтом і солонцем. Солонцюватим може бути будь-який ґрунт, якщо вміст натрію у вбирному комплексі перевищує 3%. При найменуванні такого ґрунту солонцюватість виступає родовою ознакою [23].

Осолонцювання зрошуваних ґрунтів є поширеним процесом на поливних землях, який визначається якістю поливних вод (мінералізацією та відношенням кальцію до натрію), фізико-хімічними властивостями ґрунтів, які визначають їх протисолонцюючу буферність (вміст карбонатів кальцію, активність іонів кальцію) та глибиною та мінералізацією підґрунтових вод. Зрошення приводить до підвищення вмісту вбирного натрію від 0,6-1,0 до 1,5-2,0 % суми обмінних катіонів при використанні прісних поливних вод і до 3-10 % при використанні мінералізованих вод [ 24].

Іригаційне осолонцювання ґрунтів, як зазначалось вище, виникає при зрошенні мінералізованою водою, або при піднятті мінералізованих підґрунтових вод до поверхні ґрунту. Суть цього явища полягає в проникненні натрію з поливної води або з підґрунтових вод у ґрунтовий поглинаючий комплекс з різким погіршенням його фізичних властивостей: швидке знеструктурення ґрунту, погіршення всіх водно-фізичних показників, підвищення лужності [25].

Засолені ґрунти займають відносно невелику територію в Україні, однак вони грають суттєву роль при веденні зрошуваного землеробства. По-перше, їх сільськогосподарське використання пов'язане з виконанням складних комплексів спеціальних меліоративних заходів із розсолення. По-друге, засолення ґрунту може виникати в процесі експлуатації незасолених масивів в результаті вторинного засолення. Тому при зрошенні важливо вчасно спрогнозувати можливість виникнення вторинного (антропогенного) засолення та розробити комплекс заходів з його попередження. По-третє, ареал засолених ґрунтів динамічний, оскільки розсолення ґрунтів може супроводжуватись одночасною появою нових ареалів засолення на суміжних територіях [26, 27].

Процесами засолення ґрунтів займалися в різні часи багато ґрунтознавців-меліораторів. У 20-30-х роках минулого століття над цією проблемою працювали академіки Б.Б. Полинов, Н.А. Димо, В.Р. Вільямс, професори В.С. Малигін, М.А. Панов та ін. Великі вишукування у 30-60-х роках минулого століття про імовірність неминучого та повсюдного осолонцювання чорноземів при зрошенні

мінералізованими водами були проведені професорами К.К. Гедройцем, В.А. Ковдою, І. Сабољчевим, Д.С. Орловим, А.Н. Розановим, В.Р. Волобуєвим, Л.П. Розовим, І.Н. Антиповим-Каратаєвим, Н.О. Качинським, С.А. Владиченським, О.О. Роде, Н.І. Базильович, В.В. Єгоровим, Ю.П. Лебедєвим, С.П. Рижовим, П.А. Керзум, Г.П. Петросяном та ін. [28]. За кордоном проблеми генезису засолених ґрунтів активно розглядали О.О. Зигмонд, Є. Гільгард, Л.А. Річардс, М.Є. Самнер, Є. Бреслер, К. Сабољч, К. Дабар та багато інших вчених [29].

Виявлення впливу зрошення на властивості ґрунтів базується на таких основних факторах:

- початковий стан ґрунту (гранулометричний та мінералогічний склад, гумусованість ґрунту, карбонатність та наявність або відсутність солонцюватості або засоленості, ступінь дренажності території);
- якість зрошувальної води (мінералізація, іонний склад, лужність);
- техніка і режими зрошення;
- агротехнології (сівозміна, обробіток ґрунту, системи органічних та мінеральних добрив) [12].

Сприятливе співвідношення вказаних факторів у природі зустрічається досить рідко у порівнянні з несприятливим. Це призводить до негативних змін самих чорноземів (негативні екологічні наслідки) та до малої ефективності зрошення сільськогосподарських культур на чорноземах.

Швидкість прояву негативних наслідків зрошення в різних випадках суттєво відрізняється між собою. В одних вони розвиваються дуже повільно, поступово накопичуючись та проявляючись лише через декілька десятиліть (при зрошенні прісними водами та дотриманні технології поливу й режимів зрошення), а в інших – навіть у перші 2–3 роки зрошення (в основному при поливі мінералізованими лужними водами) [7, 30, 31].

В Україні були проведені дослідження з визначення впливу багаторічного зрошення мінералізованою водою Інгулецької, Дунай-Дністровської та Приазовської зрошувальних систем [32-34]. Дослідження на

Інгулецькій зрошувальній системі показали, що полив мінералізованою водою призвів до зміни типу водного режиму з автоморфного непромивного на гігроморфний промивний; запаси солей у метровому шарі ґрунту зросли від 4,1 т/га у 1957 р. до 40,9 т/га у 1998 р.; зменшення вмісту обмінного кальцію на 17,4 - 23 %, збільшення вмісту обмінного магнію на 14 – 20,9 % і обмінного натрію на 1,3 – 2,0 %. За роки зрошення вміст гумусу в орному шарі знизився з 3,28 % у 1957 р. до 2,92 % у 1998 р. Як показали дослідження тривале зрошення навіть прісними водами істотно і негативно впливає на властивість ґрунтів [35]. Тому доводиться констатувати, що на чорноземні ґрунти зрошення впливає несприятливо.

Але не можна сприймати це, як виклик до припинення поливів у Північному Степу України, щоб не повторювати помилок минулого. Теорія В.О. Шаумяна та інших дослідників, про те, що засолення ґрунтів є результатом зрошення нанесла чимало шкоди зрошуваному землеробству наприкінці минулого століття. Пізніше почали вводити, як обов'язковий елемент меліоративних вишукувань, оцінку якості зрошувальної води [36]. При вирішенні цього питання розглядали не лише якість води як джерела живлення рослин (у цьому випадку якість залежала від солестійкості сільськогосподарських культур), але й вплив води на зміну фізичних властивостей ґрунтів (враховували властивості ґрунту та можливі зміни, які виникають при взаємодії ґрунту зі зрошувальною водою) [24, 37-40].

Отже, головними причинами відмічених несприятливих явищ, на чорноземах в умовах зрошення є:

- несприятливий хімічний склад зрошувальної води, в якій вміст лужних солей натрію, калію в еквівалентному співвідношенні перевищує вміст солей кальцію, магнію, заліза та інших дво- та тривалентних катіонів. Відбувається заміщення у ґрунтовому колоїдному комплексі (ГКК) кальцію та інших нелужних катіонів натрієм та калієм. При насиченні ними ГКК вище 2-5% від його ємності відбувається пептизація органо-мінеральних колоїдів

грунту, перехід їх зі стану гелю в золь і розвиток специфічного іригаційного (вторинного) солонцевого процесу;

- підняття до поверхні ґрунту підґрунтових вод з несприятливим хімічним складом;
- невідповідність прийнятої технології зрошення чорноземів їх природному екологічному стану (застосування промивного режиму ґрунтів, надлишок вологи у ґрунтовій товщі, порушення водного, повітряного, окислювально-відновлювального та інших режимів).

Розвиток процесу вторинного осолонцювання зрошуваних ґрунтів починається з поверхні ґрунту, а далі цей процес поступово розвивається в глибину профілю ґрунту з підвищенням ступеня солонцюватості від слабого до сильного, в залежності від солонцюючої здатності зрошувальної води, ступеня буферності ґрунту та термінів зрошення.

## 1.2 Вплив зрошення на фізичні властивості ґрунту

Ґрунт як фізичне тіло складається з трьох фаз: твердої, рідкої і газоподібної. Тверда фаза представлена мінеральними і органічними сполуками, рідка – ґрунтовим розчином, а газоподібна – ґрунтовим повітрям [41, 42]. Щільність твердої фази ґрунту – це маса твердої фази ґрунту порушеного складення (без шпарин) в одиниці об'єму, що визначається гранулометричним та мінералогічним складом ґрунту та вмістом в ньому органічної речовини. Більша частина глинистих мінералів має щільність твердої фази  $2,6-2,7 \text{ г/см}^3$ , органічна речовини -  $1,2-1,4 \text{ г/см}^3$ . Щільність твердої фази знаходиться в межах від  $1,4$  до  $1,7 \text{ г/см}^3$  для торфових ґрунтів і до  $3,0 \text{ г/см}^3$  для скельних ґрунтів, в тому числі червоноземів. В середньому щільність твердої фази знаходиться в межах  $2,5-2,65 \text{ г/см}^3$ . Оскільки величина щільності твердої фази залежить від мінеральної та органічної частини ґрунту, тому в

чорноземі з вмістом гумусу 10 % щільність твердої фази становить  $2,4 \text{ г/см}^3$ , а при 2,3 % -  $2,65 \text{ г/см}^3$  [41, 43].

Ущільнення кореневмісного шару ґрунту є основною формою фізичної деградації. Найбільш схильними до ущільнення є структурно-інертні ґрунти, що містять мало органічної речовини, переважно малоактивну глину. З іншого боку, при зрошенні ущільнюються й багаті гумусом чорноземи з більшим вмістом високоактивних глин [44].

Серед процесів ущільнення ґрунтів важливу роль відіграє злитизація, особливо на зрошуваних землях [12, 45]. Якщо звичайне ущільнення ґрунтів за рахунок техногенного навантаження можливо виправити при відповідній агротехнології, то при злитизації ґрунт деградує значно сильніше, практично втрачає свою структуру [41, 45]. Більшість вчених вважає, що злитизація під час поливів спостерігається при дезаграгації ґрунтів [46].

Ущільнення ґрунтів це, перш за все, результат багаторазового проходження по полях важкої сільськогосподарської техніки. Воно збільшується у тому випадку, якщо ґрунт в момент навантаження знаходяться у перезволоженому стані [38].

Знеструктурення та ущільнення чорноземів є широко розповсюдженим явищем на всій площі зрошення. При зрошенні в ґрунтах руйнуються найбільш цінні в агрономічному плані (5-1 мм) агрегатів (вміст їх скорочується у 2-3 рази), одночасно збільшується брилистість ґрунтів (в 3-5 разів), збільшується кількість пилової фракції, знижується коефіцієнт структурності з 7-8 до 2-3. При збільшенні термінів зрошення ці зміни охоплюють все глибші горизонти ґрунтів. Посилюються вони при ненормованому зрошенні, особливо при зрошенні мінералізованими лужними поливними водами. Довготривале сільськогосподарське використання чорноземів без зрошення також викликає їх знеструктурення, що проявляється у верхньому орному шарі, але не так глибоко, як при зрошенні [45].

За даними проведених досліджень, встановлено, що зі збільшенням тривалості зрошення швидкість формування та потужність типового



солонцевого профілю на темно-каштанових ґрунтах збільшується у осінньо-зимовий період [30]. За даними мікроморфологічних вишукувань через 6 років в орному шарі відбулась майже повна дезагрегація ґрунтової маси і добре проявляється рухливість органо-мінеральних та мінеральних компонентів та їх перенесення вниз по профілю. У перехідному горизонті (30-40 см) у меншій, але в суттєвій мірі виявлені руйнування мікроагрегатів, оптичне орієнтування плазми та на межі окремих шпарин тонкі плівки світло-бурої глини, які перемістились з орного шару. Результати макро- та мікроморфологічних вишукувань підтверджуються матеріалами вивчення динаміки мікроагрегатного складу ґрунту. Встановлено, що швидше всього руйнуються крупні мікроагрегати (1-0,25 мм), які містять підвищений вміст обмінного натрію. Через 6 років зрошення хлоридно-натрієвими водами з мінералізацією 3 г/л спостерігали значне збільшення кількості водопептизуємого мулу, та збільшення його ємкості поглинання у шарі 0-20 см з 33,3 до 47,2 та в шарі 30-40 см до 46,3 мекв/100 г ґрунту [47].

Найбільше руйнування структури ґрунту в орному шарі спостерігали у перші роки зрошення.

Аналіз характеристик фізичних та водно-фізичних властивостей ґрунтів до зрошення та в період зрошення проводили в свій час такі вчені: Ф.Я. Гаврилюк, Н.Н. Коновалова, С.В. Астапова, Є.Т. Музічкина, В.А. Турулевой, І.В. Козуненко, В.К. Белогаева, Абдель-Мотталиба А. В результаті проведених досліджень доведено, що при зрошенні відбувається збільшення щільності ґрунту та зменшення загальної шпаруватості, що приводить до зниження їх водопроникності, тобто зрошення супроводжується злитизацією [48].

Злитизація розвивається не в усіх випадках, а головним чином у ґрунтах глинистого гранулометричного складу (глинисті частини не менше 60-70 %) з переважанням мулистої фракції смектитових або змішаношарових сильнонабухаючих мінералів. Особливо прихильні до злитизації ґрунти, які мають ознаки лужності або солонцюватість. Основною причиною злитизації є

ліофілізація ґрунтових колоїдів, різке розбавлення та обезсолення ґрунтового розчину, часта та різка зміна режимів зрошення (інтенсивне зволоження - висушування). Нестійкість колоїдної системи в даному випадку обумовлює дуже швидко злитизацію ґрунту при високих навантаженнях на неї обробітком сільськогосподарською технікою.

Ущільнення та злитизація знижують швидкість фільтрації ґрунтів, що приводить до затримки води на поверхні ґрунту, а нижні горизонти залишаються недо зволеними.

Ще одним з негативних наслідків зрошення є іригаційна кірка, яка утворюється на поверхні ґрунтів. Ці кірки істотно змінюють фізичні якості ґрунтів, їх технічні властивості, що потребує корегування поливного режиму, а також додаткових затрат на обробіток земель. Крім того кірка перешкоджає нормальному росту сільськогосподарських культур, особливо на ранніх стадіях розвитку, що негативно впливає на врожайність [35]. Щорічне утворення кірки й залучення дрібно земних кірок в орний шар приводить до деградаційних процесів ґрунтів.

Повна класифікація іригаційних кірок за генезисом і характером будови виконана Н.Г. Зборщук [49]. Велике значення для кіркоутворення має структура ґрунтів і водостійкість ґрунтових агрегатів. Ґрунти з доброю структурою мають високі коефіцієнти всмоктування і фільтрації, не схильні до кіркоутворення. Безструктурними є ґрунти, що втратили структуру в процесі інтенсивного сільськогосподарського використання й схильні до запливання при поливах. При висиханні на їх поверхні утворюються щільні іригаційні кірки.

Ще однією характеристикою ґрунтів є водопроникність, яка у солонцевих ґрунтах значно нижча в порівнянні зі звичайними ґрунтами.

Водопроникність – це властивість ґрунту пропускати крізь себе воду. Кількісно виражається потужністю шару води, яка потрапляє у ґрунт через його поверхню за одиницю часу (мм/хв., см/с, м/добу). Для генетичної, агрономічної та меліоративної характеристики ґрунту ця властивість має дуже важливе

значення. Від неї залежить ступінь сприйняття ґрунтом атмосферних опадів або зливових вод, формування поверхневого та ґрунтового стоку, інтенсивність процесів водної ерозії, а в меліоративній практиці значення цієї властивості необхідно для визначення режимів та норм поливу, розрахунок між дренажною відстані, глибини промочування, втрати води із каналів та водосховищ [50].

Інтенсивність, або характер водопроникності, залежить від гранулометричного та хімічного складів, від якості структури (її водо міцності та механічної міцності), щільності складення, пористості ґрунту, вихідної вологості, здатність ґрунтів до набухання у вологому стані та усадка при висиханні. Наявність у ґрунту капілярних та некапілярних шпарин забезпечує неоднорідність руху та різну глибину промочування.

Водопроникність ґрунту дуже динамічна та зменшується за часом. В залежності від зміни щільності, наявності кротовин, червороїн, водопроникність коливається у широких діапазонах. Водопроникність ґрунту, змінюється за профілем по генетичних горизонтах [43].

Під час осолонцювання виникає слабка водопроникність ґрунту, що стримує засвоєнню вологи ґрунтом. Навесні фізична стиглість осолонцьованого чорнозему, особливо на локальних плямах, скорочується за строками, настає пізніше та нерівномірно, що проводить до значних втрат води. Це приводить до суттєвого зниження врожайності на солонцевих ґрунтах у посушливі роки. Ведення сільського господарства за таких умов виправдано лише при проведенні заходів з підвищення родючості ґрунту [1].

### 1.3 Родючість іригаційно осолонцьованих ґрунтів

Ґрунт є найважливішим компонентом господарських біоценозів. Стан і характер ґрунтового покриву, його водний, повітряний, сольовий, поживний, тепловий і мікробіологічний режими мають вирішальний вплив на врожайність сільськогосподарських культур.

Меліоративний комплекс включає заходи з охорони і відтворення родючості ґрунту. Саме органічна речовина за В. А. Ковдою є найважливішою субстанцією ґрунту, наявність та форма якої і визначає родючість та відрізняє ґрунт від гірських порід [35].

Зацікавленість вивчення органічної частини ґрунту виникла ще за часів теорії гумусового живлення рослин. Незважаючи на досить тривалий період вивчення органічної речовини ґрунту, зацікавленість цим питанням ніколи не згасала. Нерозумне ведення сільськогосподарського виробництва приводить до колосальних втрат органічної речовини, головну та специфічну частину якої складає гумус [51].

Тривале використання чорноземів у сільськогосподарському виробництві призвело до їх часткового виснаження. За останні 100 років запаси гумусу в орному шарі чорноземів типових зменшилось на 29 %, чорноземів звичайних – на 36 і чорноземів південних – на 31 % [52]. Основні причини зниження родючості чорноземів полягають у зміні структури екосистеми, потоків речовини і енергії між ґрунтом і докільям, значному порушенні балансу органічних та мінеральних речовин. Крім того внаслідок різкого зменшення видової різноманітності трав при розорюванні (вирощування сільськогосподарських культур без необхідної сівозміни) істотно змінилась рівновага й стійкість екосистеми в цілому [53].

Збільшення у структурі орних земель просапних культур приводить до частого обробітку ґрунту та його ущільнення (трактори, комбайни та автомобілі мають питомий тиск на ґрунт, значно вищий за допустимі межі). Застосування мінеральних добрив підвищеними нормами викликає дегуміфікацію, тобто погіршення якості, зменшення вмісту та запасів гумусу у чорноземах, що супроводжується зменшенням поживних речовин (азоту та фосфору), погіршенням водно-фізичних властивостей, проявами злитості. Підвищити родючість чорноземів можна внесенням органічних та мінеральних добрив розрахунковими нормами на заплановану врожайність. Для підтримки оптимального гумусового стану щорічно необхідно вносити 7- 8 т/га гною на незрошуваних ґрунтах, та 10-12 т/га – на зрошуваних [54].

Сучасна швидкість дегуміфікації ґрунтового покриву на нашій планеті за останні 70 років стала у 24,3 рази вища за середньоісторичну. Зміна вмісту гумусу визначається структурою посівних площ, характер сівозміни (співвідношення просапних та культур суцільної сівби), використанням органічних та мінеральних добрив. Наприклад, при збільшенні просапних культур на 10 % середньорічні втрати гумусу в орному шарі зростають на 0,2 т/га. Втрати гумусу приводять до погіршення агрофізичних властивостей чорноземів.

#### 1.4 Шляхи вирішення негативного впливу зрошення на ґрунт

Для попередження і ліквідації негативного впливу зрошення на ґрунт можна використовувати комплекс агроеліоративних заходів, а саме: механічне видалення солей, заорювання солей, поверхнева промивка, вмивання солей, наскрізна промивка та хімічна меліорація [26].

Механічне видалення солей полягає у згрібанні сольової кірки та транспортуванні збираних таким чином солей за межі зрошуваного масиву. Цей

спосіб доцільно проводити лише на сильно засолених ґрунтах з наступною промивкою.

Заорювання або плантажну оранку [24] застосовують на слабо засолених ґрунтах у тих випадках, коли нижні горизонти профілю вільні від солей, а незначне підвищення концентрації невеликим шаром розташоване у поверхневих горизонтах профілю. Проведення плантажної оранки в умовах зрошення супроводжується деякими негативними наслідками: значно знижується вміст водорозчинних солей - хлоридів і сульфатів та тимчасово підвищується лужність; в гідроморфних умовах позитивна післядія плантажної оранки не спостерігається, оскільки у ґрунтовому поглинаючому комплексі протягом тривалої післядії переважає натрій; спостерігається зниження родючості в перші роки після її проведення [55-57].

Для видалення солей з кореневмісного шару важких ґрунтів з низькою водопроникністю, високою вологоємністю та високим вмістом солей застосовують поверхневу промивку. При поверхневій промивці видалення солей з верхніх горизонтів відбувається шляхом систематичного розчинення солей у промивних водах та їх скид [58]. Даний спосіб можливо застосовувати лише на важких ґрунтах з високим вмістом солей у поверхневих горизонтах та відносно низьким вмістом солей в глибоких горизонтах ґрунтового профілю, але він вимагає значної маси води для промивки.

Вмивання солей у нижні горизонти профілю можливе на слабозасолених ґрунтах з глибоким заляганням підґрунтових вод. Наскрізна промивка видаляє водорозчинні солі з всієї товщі горизонтів ґрунтового профілю, виносить солі у ґрунтовий потік та відводить за рахунок природного чи штучного дренажу за межі зрошуваного масиву. Супроводжується цей метод втратами значних об'ємів води та обов'язковою наявністю дренажу [59].

Одним з економічних, ресурсозбережних та простих у виконанні способів поліпшення екологічного стану на зрошуваних чорноземах є хімічна меліорація. Вона передбачає здійснення комплексу заходів, спрямованих на поліпшення фізико-хімічних і фізичних властивостей ґрунтів, їх хімічного

складу. Хімічна меліорація земель включає роботи з гіпсування, вапнування та фосфоритування ґрунтів [60, 61].

Для запобігання солонцюватості ґрунтів у якості хімічних меліорантів сьогодні використовують гіпс та вапно як в чистому вигляді, так і у вигляді промислових відходів [62, 63].

Цей захід має два аспекти: це основний прийом меліорації глибокогіпсованих і глибококарбонатних солонців, та допоміжний – при комплексній меліорації середньо- та багато натрієвих висококарбонатних ґрунтів. В основі теорії меліоративного процесу лежить обмінна реакція, швидкість якої обумовлюється виносом продукції реакції із зони протікання і величиною дисоціації меліоранту. Теоретичною основою цього процесу в Україні є концепція К.К. Гедройца про провідну роль обмінного натрію у солонцевому процесі ґрунтоутворення [20]. Повнота меліоративного процесу і його ефективність залежить від вологості ґрунту, дисперсності меліоранту, а також від тривалості взаємодії меліоранту з ґрунтом. Ці положення знайшли відображення у роботах, які започаткували вивчення гіпсування і його впливу на родючість солонцюватих ґрунтів [64-72]. Дія гіпсу проявляється в тому, що внесений кальцій витискує обмінний натрій з ґрунтового поглинаючого комплексу, створюється перевага іонів кальцію у ґрунтовому розчині, в наслідок чого зменшується рухомість ґрунтових колоїдів (гумусу, глини тощо), нейтралізується лужність і створюються умови для окультурення ґрунту.

Ефективність гіпсування значно вища при достатній зволоженості ґрунту навіть мінералізованими водами [73-80]. Дослідженнями встановлено, що коефіцієнт ефективності гіпсу при зволоженні ґрунту підвищується майже в два рази. Розчинність гіпсу зростає за присутності хлоридів, тоді як підвищений вміст сульфатів і карбонатів, навпаки, уповільнює цей процес [81].

Останнім часом для меліорації солонцевих ґрунтів почали широко використовувати фосфогіпс, який має специфічні домішки. Встановлені також фактори, які впливають на розчинність гіпсу та інтенсивність заміни натрію на кальцій. Це гранулометричний склад ґрунту, його вологість, кількість води та її

мінералізація. Отримані науковцями результати дослідів дали змогу зробити висновок, що фосфогіпс розчиняється швидше гіпсу, не кажучи про сполуки карбонатів кальцію [82].

За останні десятиріччя фосфогіпс використовують частіше, тому що він дешевший від гіпсу, має кислу реакцію і вміщує до 2 % загального фосфору. В умовах зрошення використання фосфогіпсу забезпечує поліпшення фізичних і хімічних властивостей, а також позитивно впливає на поживний режим ґрунту. Внесення гіпсу і фосфогіпсу частково знижує негативний вплив зрошення на диспергацію солонцевого ґрунту, знижує лужність, підвищується доступність для рослин азоту, фосфору і калію, зменшується токсичність рухомих форм заліза і алюмінію, активізуються мікробіологічні процеси, підвищується урожайність сільськогосподарських культур. Поліпшується екологічний стан ґрунту шляхом розсолення. Але при довготривалому зрошенні виникає небезпека засульфачування поливних земель, а у випадку з фосфогіпсом - і забруднення їх важкими металами. Однак, екологічний аспект проблеми меліорації солонців і солонцюватих ґрунтів досліджений ще недостатньо.

Дослідження показали, що одноразове внесення фосфогіпсу на чорноземі типовому (з початковим вмістом фтору 0,9-1,1 мг/кг) дозою 5-10 т/га практично не призводить до накопичення водорозчинного фтору в ґрунтах [83]. При внесенні 20-50 т/га спостерігається його підвищення, а також збільшення його кислоторозчинних форм в 1,3-3,0 рази. Однак абсолютні значення їх значно нижчі гранично допустимих концентрацій. На думку деяких дослідників, використання фосфогіпсу повинно проводитися з урахуванням вмісту фтору в ґрунтах і при необхідності його треба замінювати іншими меліорантами (вапняковими матеріалами, нітратом кальцію, тощо) [84]. Згідно інших даних навіть при одноразовому внесенні фосфогіпсу дозою 12 т/га, вміст водорозчинного фтору у ґрунті збільшується.

Основними питаннями проведення хімічних меліорацій залишаються встановлення доз, строків та способів внесення меліорантів.



Дози внесення меліоранту розраховують в кожному конкретному випадку. Доцільність використання того чи іншого способу розрахунку визначається властивостями і генезисом солонцевих ґрунтів. Розрізняють три види доз внесення меліоранту: меліоративну, екологічну та агрономічну.

### 1.5 Визначення розрахункових доз внесення фосфогіпсу

При гіпсуванні не потрібне повне витіснення обмінного натрію з ґрунту. Згідно з дослідями І.М. Антипова-Каратаєва, допустима кількість обмінного натрію, що негативно не впливає на властивості ґрунту, рівна 10% загальної ємності поглинання (або 0,1Т). Різниця між загальною кількістю обмінного натрію (Na) та допустимим його вмістом (Na-КТ) складає кількість обмінного натрію, який необхідно замінити на кальцій. Для заміщення надлишкового обмінного натрію у 1 г ґрунту необхідно подати

$$\frac{0,086(Na - KT)}{100} \quad (1.1)$$

грамів гіпсу, а для витіснення надлишку натрію з шару ґрунту 1 см на площі 1 га необхідно внести гіпс (в т на 1 га)

$$\frac{0,086(Na - KT)100000000}{100 \cdot 1000000}, \quad (1.2)$$

або після скорочення

$$0,086 \cdot (Na - KT). \quad (1.3)$$

Для видалення надлишкового обмінного натрію з всього шару ґрунту з об'ємної маси  $d$  необхідно внести гіпс

$$0,086(\text{Na-KT})Nd, \quad (1.4)$$

де  $0,086$  – 1 мг-екв,

$H$  – глибина шару ґрунту, см;

$d$  – об'ємна маса шару ґрунту;

$\text{Na}$  – загальний вміст обмінного натрію, мг-екв на 100 г ґрунту;

$T$  – ємкість обмінного поглинання шару, мг-екв на 100 г ґрунту;

$K$  – допустимий вміст обмінного натрію у ґрунті, частка від  $T$ .

Також дозу гіпсу розраховують використовуючи залежності: а) для нейтралізації надлишкової лужності

$$C = 0,086 (S - 1) \cdot \gamma \cdot h ; \quad (1.5)$$

б) для витіснення натрію та магнію з ґрунтовогопоглинаючого комплексу

$$C = 0,086 \cdot [(N_1 - N_1^{\text{доп}} \cdot N_0) + (N_2 - N_2^{\text{доп}} \cdot N_0)] \cdot \gamma \cdot h, \quad (1.6)$$

де  $C$  - доза гіпсу, т/га,

$0,086$  - коефіцієнт переводу мг-екв в масу речовини,

$S$  - вміст  $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$  у водній витяжці, мг-екв/100 г ґрунту,

$\gamma$  - щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>,

$A$  – розрахунковий шар ґрунту, см,

$N_0$  - ємкість катіонного обміну, мг-екв/100 г ґрунту,

$N_1^{\text{доп}}$ ,  $N_2^{\text{доп}}$  - допустимий вміст обмінних натрію та магнію, частина від  $N_0$ ,

$N_1$  та  $N_2$  - той же вихідний вміст, мг-екв/100 г ґрунту.

Необхідну кількість гіпсу можна розрахувати за формулою

$$D_r = \left[ Na - 0,1S_k + \left( S_{CO_3 + HCO_3} - 1,0 \right) \right] \cdot 0,86 \cdot h \cdot 10000 \cdot \gamma, \quad (1.7)$$

де  $D_r$  – доза гіпсу, кг/га;

$Na$  – кількість поглинаючого натрію, мг-екв на 100 г ґрунту;

$S_k$  – сума поглинутих катіонів, мг-екв /100г;

0,1 – коефіцієнт не токсичного натрію, що складає 10 % суми поглинутих

основ;

$S_{CO_3 + HCO_3}$  – загальна лужність і водній витяжці, мг-екв /100 г;

1,0 – кількість лугу нетоксичного для рослин, мг-екв /100 г;

0,86 – еквівалентна маса гіпсу ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), мг-екв;

10000 – площа, м<sup>2</sup>/га;

$h$  – потужність шару ґрунту, м;

$\gamma$  – щільність ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Розрахунок доз гіпсу за вказаною формулою ведуть на чистий меліорант, а при наявності домішок вносять поправки на баласт. Кількість гіпсу для витіснення натрію із ґрунтового поглинаючого комплексу при проявленні слабкого осолонцювання ґрунтів становить 2-4 т/га.

Висновки.

1. Несприятливий хімічний склад зрошувальної води приводить до заміщення у ґрунтовому поглинаючому комплексі кальцію та інших нелужних катіонів натрієм та калієм, тому відбувається пептизація органо-мінеральних колоїдів ґрунту: перехід їх зі стану гелю в золь і розвиток специфічного іригаційного (вторинного) солонцевого процесу.

2. Надмірне зрошення приводить до підняття підґрунтових вод з несприятливим хімічним складом.

3. Незважаючи на значний наявний практичний досвід використання хімічних меліорантів, актуальним є перегляд деяких питань: норми та строки

внесення хімічних меліорантів досліджені недостатньо та носять лише рекомендаційний характер (норми внесення залежать від типу ґрунту, рекомендоване осіннє внесення). Тому комплексне вивчення впливу розрахованих доз меліорантів на зміни показників сольового вмісту в умовах зрошення та без нього є актуальним питанням.

## РОЗДІЛ 2

### МІСЦЕ, УМОВИ, МЕТОДИКА ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Характеристика ґрунтового покриву

Зона Степу знаходиться на півдні, центрі та сході України. Степ займає майже 40 % території країни, повністю або частково охоплює північні райони Криму, Одеську, Херсонську, Запорізьку, Миколаївську, Донецьку, Луганську, Харківську, Кіровоградську, Дніпропетровську області.

Зона Степу майже на 75 % складається з чорноземів звичайних (шифри 37, 38, 39, 40, 41, 42) та південних (шифри 43, 44, 45) (рис. 2.1).

Земельний фонд Дніпропетровської області на 80 % складається з чорноземних ґрунтів різних підтипів (звичайні та південні), наступних видів (потужні, середньо- та малопотужні; середньо-, малогумусні; слабо-, середньо- та сильно засолені, солонцюваті, еродовані), різновидностей (за механічним складом вони переважно середньо-, важкосуглинисті та легко глинисті), розрядів (сформовані в основному на лесах та лесовидних суглинках, місцями – на червоно-бурих глинах, піщаних та супіщаних породах, елювій масивно-кристалічних порід, тощо) [85-86].

У межах Дніпропетровської області на чорноземі повнопрофільні, які залягають на плоскорівнинних просторах припадає 48,3 % від загальної площі, в тому числі на чорноземі звичайні – 42,3 %, південні – 5,7 % та солонцюваті – 0,3 %; на еродовані ґрунти, що розташовані на схилах різної крутизни та протяжності, різних форм та експозицій – 36,6 % у тому числі на слабоеродовані – 27,3 середньо- та сильноеродовані – 9,3 %.

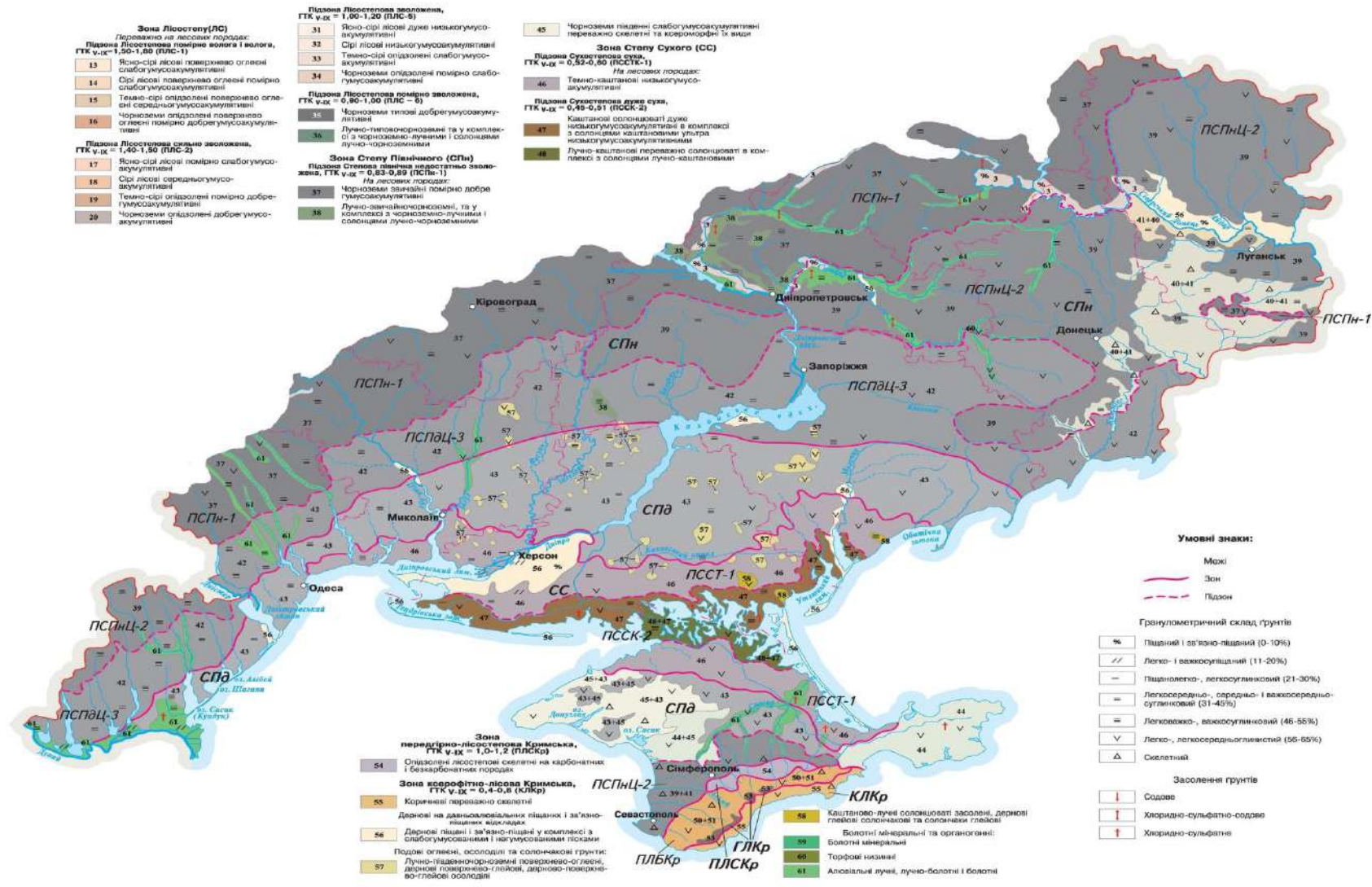


Рисунок 2.1 – Карта ґрунтів зони Степу України [87]

Іншу територію області (15,1%) складають лугово-чорноземні, чорноземно-лугові, лугові, лугово-болотні, болотні, засолені, солонцюваті, осолоделі, а також дернові ґрунти, солончаки і солонці [87].

Чорноземи звичайні є основною, найбільш поширеною в області генетичною групою ґрунтів, крім Інгулецько-Нікопольської низовини.

Вони займають усі елементи вододілів, схилів балок. На вододільних плато і верхніх третинах схилів вододілів крутизною до 1 – 2° розташовані їх не змиті відміни.

Дослідження проводили на базі державного підприємства «Дослідне господарство Дніпровської дослідної станції Інституту овочівництва і баштанництва НААН України», що знаходиться в с. Олександрівка Дніпровського району Дніпропетровської області. Дослідні ділянки розміщені на третій терасі річки Самари (48°31,656'N 35°13,431'E - 48°31,665'N 35°13,428'E, рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Ситуаційна схема дослідної ділянки з координатами розміщення

Дослідна ділянка представлена чорноземом звичайним малогумусним вилугуваним на суглинковому лесі.

Ґрунтоутворюючими породами є лесовидні легкоглинисті відкладення.

Чорнозем звичайний має наступну морфологічну будову:

– горизонт Н – гумусовий (перегнійно–акумулятивний) темно–сірого забарвлення, у вологому стані майже чорний, структура в орному шарі (0–25 см) пилювато–зерниста, у підорному – грудкувато–зерниста, сухий, коріння відсутнє, перехід у наступний горизонт поступовий;

– горизонт Н<sub>р</sub> – перший гумусово–перехідний, темно–сірий з бурим відтінком, структура горіхувато–грудочкувата, злегка ущільнений, сухий, перехід у наступний горизонт поступовий;

– залягання карбонатів;

– горизонт Ph – другий гумусово–перехідний, темно–бурий, структура у верхній частині горіхувата, що донизу переходить у грудкувату, складення ущільнене, вологість свіжа, перехід у ґрунтоутворюючу породу поступовий;

– ґрунтоутворююча порода Рк – перехід поступовий, світло–бурий колір, ущільнений, структура горіхувато–грудочкувата, палевий лес, зустрічаються прожилки карбонатів.

Відповідно до гранулометричного складу ґрунту (таб.2.1) [88] шар ґрунту 0–45 см містить 71,02–74,0 % фізичного піску та 28,98–26,0 % фізичної глини, що за Н.А. Качинським відповідає легкосуглинковому ґрунту за ґрунтометричним складом [89].

Таблиця 2.1 – Гранулометричний склад ґрунту дослідної ділянки

Шар ґрунту, см	Розмір часток (мм), значення (%)					
	1,000 - 0,250	0,250 - 0,050	0,050 - 0,010	0,0100 - 0,005	0,005 - 0,001	<0,001
0-15	3,90	34,42	32,70	2,16	10,14	16,68
15-30	4,23	35,37	34,40	2,01	7,78	16,21
30-45	5,00	31,59	36,82	1,97	6,62	18,00
45-60	5,33	27,34	34,83	5,42	8,51	18,57
60-75	4,00	20,95	35,45	5,50	14,80	19,30
75-90	3,91	21,01	34,78	5,90	15,42	18,98
90-105	1,12	21,26	34,42	4,05	23,25	15,90
105-120	1,94	20,02	33,25	4,60	21,46	18,73
120-135	2,01	13,81	38,54	3,95	22,94	18,90
135-150	3,12	6,91	39,97	3,75	28,46	17,79



Шар ґрунту 45-105 см має 67,5-56,0 % фізичного піску та 32,50-43,2 % фізичної глини, що говорить про перехід до середньосуглинкового ґрунту за гранулометричним складом. У шарі ґрунту 105-150 см відмічається перехід до важкосуглинкового складу.

Водно-фізичні властивості ґрунту дослідної ділянки наведено в табл. 2.2 [90].

Таблиця 2.2 – Водно-фізичні властивості ґрунту

Шар ґрунту, см	Щільність твердої фази ґрунту, г/см <sup>3</sup>	Вологість ґрунту, %
0-15	1,99	29,40
15-30	2,04	29,20
30-45	2,01	27,20
45-60	1,72	27,60
60-75	1,95	24,40
75-90	1,95	23,70
90-105	1,95	22,90
105-120	1,97	22,10
120-135	1,99	21,90
135-150	1,99	21,40

Щільність твердої фази ґрунту змінюється в невеликому діапазоні за глибиною - 1,72-2,04 г/см<sup>3</sup>. Найбільше ущільнення спостерігається у розрізі 15-30 см (2,04 г/см<sup>3</sup>), далі щільність твердої фази змінюється в залежності від типу ґрунту: 45-105 см – 1,95 г/см<sup>3</sup>, 105-150 см – 1,99 г/см<sup>3</sup>.

Вологість ґрунту (табл. 2.2) найбільша в орному шарі (0-30 см) – 29,3 %, з заглибленням вологість зменшується: для шару 30-60 см – 27,4 %, для шару 60-90 см – 24,05 %, для 90-150 см – 22,08 %.

Лінія скипання від 10 % соляної кислоти проходить у межах гумусово–перехідних горизонтів, видимі карбонати у виді «білозірки». За характером розподілу карбонатів ґрунти відносяться до чорноземів звичайних (типових).

Фізико-хімічні властивості ґрунту дослідної ділянки наведені у таблиці 2.3 (Додаток Б).

Таблиця 2.3 – Фізико-хімічні властивості ґрунту

Властивість ґрунту	Глибина відбору ґрунту, см						
	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-105
Вміст гумусу, %	2,5	2,01	1,86	1,2	0,73	0,35	0,3
pH	7,4	7,4	7,5	7,62	7,70	7,78	7,8
Сума водорозчинних солей, %	0,26	0,25	0,24	0,23	0,19	0,18	0,18
Увібрані основи, ммоль на 100 г ґрунту:							
Ca	22,1	22,0	22,0	17,5	17,35	16,5	16,5
Mg	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0
Na	0,4	0,7	0,67	0,4	0,38	0,29	0,26
Ємкість поглинання, ммоль на 100 г ґрунту	26,47	26,55	26,55	21,99	21,77	20,04	20,10
% увібраних основ від ємкості поглинання:							
Ca	83,49	82,86	82,86	79,58	79,70	82,34	82,09
Mg	9,82	9,42	9,42	11,37	11,48	9,98	9,95
Na	1,51	2,64	2,52	1,82	1,75	1,45	1,29
Гідролітична кислотність, ммоль на 100 г ґрунту	1,15	0,7	0,97	1,15	0,89	1,23	1,0

Вміст гумусу, як важкосуглинистих, так і легкоглинистих шарів ґрунту, в орному шарі (0–30 см) складає 2,01–2,50 %, тобто вони малогумусні. З глибиною вміст гумусу поступово зменшується і на глибині 90–105 см складає 0,3 %.

Показник рН (табл.2.3) знаходиться в межах норми, за глибиною дещо збільшується з 7,45 у шарі 0-45 см до 7,66 у шарі 45-75 см, і до 7,79 у шарі 75-105 см. За сумою водорозчинних солей шар ґрунту 0-30 см відносять до слабозасолених та 30-105 см - середньозасолених ґрунтів.

З відповідних співвідношень (Ca/Mg, Na/Mg, Na/Ca) на дослідній ділянці переважає сульфатний та натрієвий хімічний тип засолення. Вміст токсичних солей на дослідній ділянці коливається від 0,0766 % до 0,48 %, тобто від слабо засолених до середньо засолених.

Ємкість поглинання у метровому шарі ґрунту змінюється від 20,10 до 26,55 ммоль на 100 г ґрунту (табл. 2.3). З неї вміст обмінного кальцію - з 83,86-83,48 % у шарі ґрунту 0-45 см зменшується до 79,58-79,70 %; у шарі 45-75 см і підвищується до 82,09-82,34 %; у шарі 75-105 см. Відсоток обмінного натрію від ємкості поглинання становить 1,51 % у шарі 0-15 см, 2,52-2,64 % у шарі ґрунту 15-45 см, 1,82-1,29 % у шарі 45-105 см. Відповідно до кількості обмінного натрію ґрунт дослідної ділянки належить до малонатрієвих ґрунтів.

Вміст загального азоту (0,146–0,266 %) в орному шарі дуже низький і з глибиною поступово зменшується.

Вміст карбонатів у верхній частині профілю складає 0,5–2,5 %, а на глибині лінії скипання різко зростає, досягаючи 3,5–3,8 %, а нижче по профілю їхній вміст досягає 12–15 %.

У вологому стані ґрунт високопластичний, в'язкий, липкий, сильно набрякає, легко пептизується. Під час висихання відбувається стискання ґрунтової маси. Завдяки цим характеристикам ґрунти відрізняються низькою водопроникністю.

Таким чином, дослідна ділянка представлена ґрунтом, який є типовим для даного регіону - чорнозем звичайний малогумусний вилугуваний на суглинковому лесі, який поливали тривалий час, тому цей ґрунт має ознаки фізичної і фізико-хімічної солонцюватості.

## 2.2 Погодні умови в роки проведення досліджень

Дослідна ділянка розташована у північному Степу України. Кліматичні умови цієї зони характеризуються посушливим кліматом, недостатнім зволоженням (випаровування перевищує кількість опадів), великою амплітудою добових і річних температур. Відповідно до агрокліматичних зон Дніпропетровської області дослідна ділянка відноситься до Північно-Східної Лівобережної зони (рис.2.3).

Особливістю цієї зони є щорічні коливання погодних умов: вологі роки змінюються різко посушливими, що підсилюється суховіями. Середньорічна кількість опадів - 420-490 мм, переважна їх кількість випадає у теплий період. Оподи часто мають зливовий характер, що значно знижує їх ефективність. У вегетаційний період іноді спостерігається несприятливий водний режим з висхідними потоками ґрунтової вологи. Безморозний період тримається від 150 до 185 днів. Сума активних температур за період вегетації 2900°C, тривалість періоду 165-185 днів.

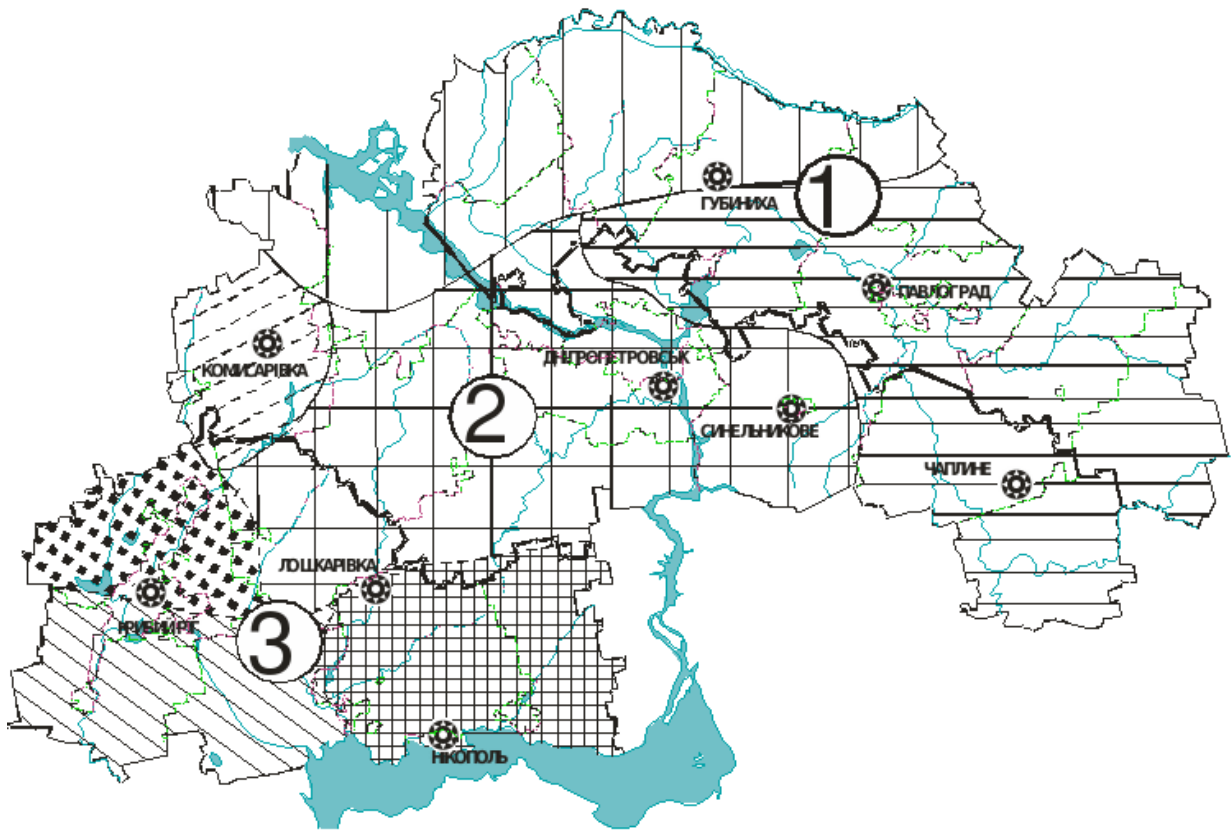



Рисунок 2.3 - Картосхема агрокліматичного районування  
Дніпропетровської області [91]

 - метеостанції;

 номери і межі агрокліматичних зон:

- 1- Північно-Східна Лівобережна (Пшенична);
- 2- Центральна (Пшенично-кукурудзяна);
- 3- Південно-Західна (Кукурудзяна).

Метеорологічні дослідження проводили на базі стаціонарного посту, який розташований у державному підприємстві «Дослідне господарство Дніпропетровської дослідної станції Інституту овочівництва і баштанництва НААН України» безпосередньо біля дослідних ділянок (Додаток А, рис.2.4 та 2.5).

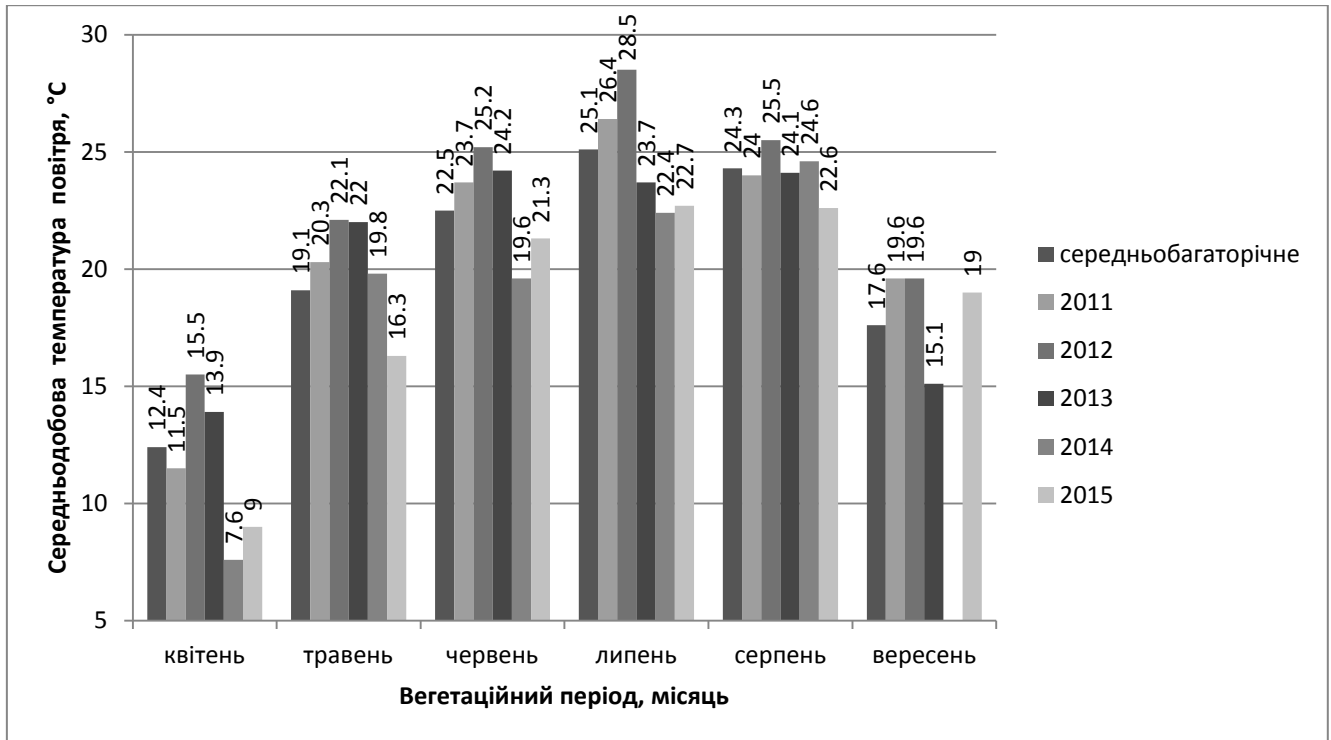


Рисунок 2.4 – Середньодобова температура повітря за квітень-вересень в роки досліджень, °С

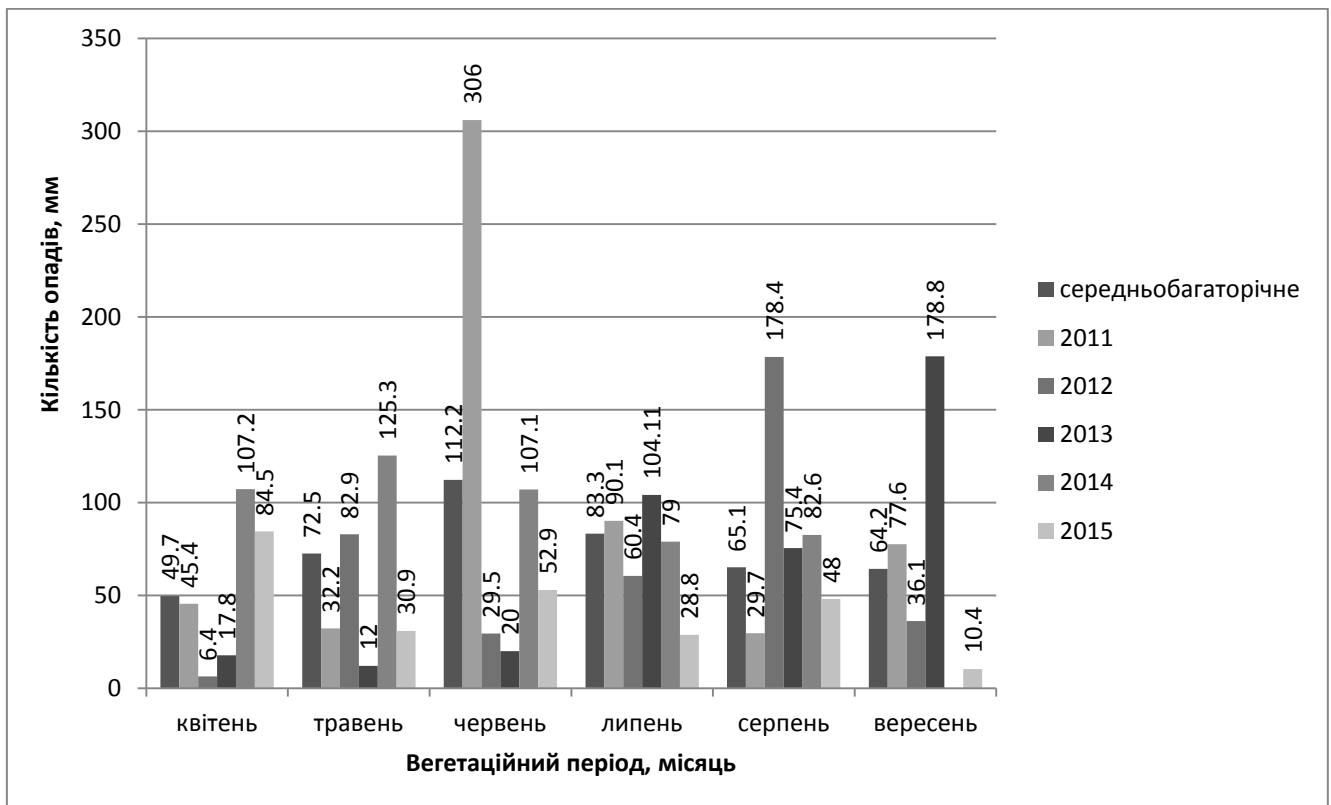


Рисунок 2.5 – Кількість опадів за квітень-вересень в роки досліджень, мм: 1-опадів за період вегетації; 2-середні багаторічні опадів

Погодні умови в 2011 році сприяли позитивному розвитку рослин, але характеризувались досить високими максимальними температурами, які у квітні сягали +26,5 °С, у червні - +33,0 °С, липні - +39,0 °С, а у вересні - +32,0 °С. Середньодобові температури квітня – вересня були у межах норми.

У квітні кількість опадів за місяць склала 45,4 мм, найбільша за добу – 16,7 мм; у травні було в 2 рази вище від середніх багаторічних показників, а у червні у 2,7 рази. Посушливою була третя декада липня та майже весь серпень.

У 2011 році жарким були друга та третя декади липня. В подальшому до кінця вегетації середньодобові температури перевищували норму від +0,2 до +4,4 °С. Максимальна температура коливалась від +28,7 °С до +39,0 °С. За період вегетації випало 581 мм опадів. Розподілялись опади вкрай нерівномірно. Найбільша кількість їх припала на червень. У липні випало 40,0 мм опадів у вигляді граду.

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) змінювався від 0,4 у серпні до 4,3 у червні.

Погодні умови в 2011 році були сприятливими для росту і розвитку сільськогосподарських культур.

2012 рік характеризувався значною кількістю опадів у січні – 91,35 мм у вигляді дощу (перша декада місяця) та снігу. Мінімальна температура повітря спостерігалась у лютому і становила -25 °С.

Весняний період характеризувався незначною кількістю опадів 67,2 - 82,92 мм, що привело до затримання сходів. Найбільшу кількість опадів спостерігали у травні (82,92 мм), а найменшу – у квітні (6,4 мм). Мінімальну температуру спостерігали у березні -12 °С. Аномально високі температури були у весь період вегетації. На поверхні ґрунту максимальну температуру спостерігали у другій та третій декаді травня (+20 - +25°С), максимальну температура повітря – +32,0 °С.

Не досить великою кількістю опадів відзначились червень та липень. Середня кількість опадів за цей період становила 60 мм. Максимальна

температура у червні була +30,5 °С, у липні - +39,0 °С. Найбільша кількість опадів за період спостережень становила у серпні місяці - 178,4 мм, найбільша за добу – 80,0 мм. Максимальну температуру у серпні спостерігали у першу декаду (+40 °С), а мінімальну - у третю декаду (+12°С). Така зміна температур протягом серпня класифікувала погодні умови як екстремальні. На ґрунті температура змінювалась від +16,3°С до +30,9°С.

У 2012 році ГТК за період вегетації був найменшим за всі роки спостереження – 0,95. У квітні він склав 0,2, що характеризувало недостатнє зволоження.

Погодні умови 2012 року були несприятливими для росту та розвитку більшості сільськогосподарських культур.

Зимовий період 2013 року характеризувався значною кількістю опадів у січні – 80,65 мм у вигляді снігу (третя декада місяця). Мінімальну температуру повітря спостерігали у січні і вона становила -10 °С. Максимальне значення температури повітря у цей період спостерігали у лютому - +11 °С.

Весняний період характеризувався невеликою кількістю опадів 12,0 – 17,8 мм. Мінімальну кількість опадів спостерігали у травні (12,0 мм). Ці показники привели до відтягування періоду сходів у варіантах без зрошення. Мінімальну температуру спостерігали у березні -5 °С, максимальну температуру повітря відмічали у травні - +29 °С. Друга та третя декада травня були аномально жаркими, оскільки середньодобова температура повітря була на +5-7°С вище за середньорічну, а опадів майже не було.

Максимальну кількість опадів у літній період спостерігали у першій декаді липня – 59,0 мм. Найменша кількість опадів була у червні – 20,0 мм. У вересні випало 178,8 мм опадів. Загальна кількість опадів за період вегетації становила 408,11 мм. Максимальні температури на ґрунті у червні сягали +26,0 °С, у липні - +26,0 °С. Максимальну температуру у серпні спостерігали у другу декаду (+29,4 °С), мінімальна - у третю декаду (+17,0°С). Температура змінювалась від +19,5°С до +27,5°С.



ГТК за 2013 рік був на рівні 2,3, що позитивно вплинуло на ріст та розвиток сільськогосподарських культур.

Взимку 2014 року відзначили максимальну глибину снігового покриву 35-38 см. Переважну кількість опадів спостерігали у січні – 93,1 мм. Усього за зимовий період випало 177,8 мм опадів. Мінімальну температуру повітря відзначали у січні (-25 °С). Середня температура становила -2,8 °С.

Навесні випала достатня кількість опадів – 242,8 мм, а у березні відмічали максимальну глибину снігового покриву 4 см. Найбільшу кількість опадів спостерігали у травні – 125,3 мм, що допомогло отримати дружні сходи рослин. Мінімальну температуру спостерігали у квітні - -4,6 °С, середня температура повітря за весняний період становила +11,5 °С. Максимальна температура повітря була відмічена у травні - +32,0 °С.

Літній період не відрізнявся великою кількістю опадів. Середня кількість опадів за цей період становила 89,6 мм. Максимальні опади випали у червні – 107,1 мм. Середня температура повітря становила +22,2 °С. Максимальну температуру відмічали у серпні – +38,0 °С, а мінімальну в червні, що становила +9,1 °С.

ГТК у 2014 році за період вегетації склав 3,52. Квітень відзначився ГТК на рівні 9,02, а влітку становив 2.

В цілому погодні умови 2014 року були сприятливим для росту та розвитку сільськогосподарських культур.

Зимовий період 2015 року характеризувався незначною кількістю опадів у лютому – 45,7 мм у вигляді снігу. Загальна кількість опадів взимку склала 81 мм. Максимальна глибина снігу була в січні – 33 мм. Мінімальна температура повітря у січні становила -22,9 °С. Максимальну температуру повітря у цей період спостерігали у лютому - +14 °С.

Навесні 2015 року випала значна кількість опадів - 219,6 мм. Мінімальну кількість опадів спостерігали у травні - 30,9 мм. Мінімальну температуру спостерігали у березні -4,4 °С, а максимальну температуру повітря відмічали у травні - +29,1 °С.

Максимальну кількість опадів у літній період спостерігали у червні – 52,9 мм. Найменшу кількість опадів була у липні – 28,8 мм. Загальна кількість опадів за період вегетації становила 255,5 мм. Максимальні температури повітря у липні сягали +36,6 °С, у серпні - +37,3 °С. Середньодобова температура повітря змінювалась з +21,3 до +22,7 °С.

Осінній період характеризувався незначною кількістю опадів - 65,6 мм. Мінімальна температура була у листопаді (-4,4°С), максимальна – у вересні (+35,2 °С). Середня температура повітря в осінній період склала +10,7 °С.

ГТК за 2015 був на рівні 2,98, що позитивно вплинуло на ріст та розвиток сільськогосподарських культур.

Отже, погодні умови у 2015 році були сприятливі для росту і розвитку сільськогосподарських культур.

### 2.3 Гідрохімічний аналіз поливної води

Для поливів дослідної ділянки використовували воду з водосховища на р. Самара біля с. Олександрівка. Хімічний аналіз зрошувальної води проводили у науково-дослідній лабораторії гідроекології ДДАЕУ (табл. 2.4).

За роки досліджень спостерігали тенденцію до погіршення характеристик поливної води: значення рН збільшується з 7,3 до 8,3, що може викликати появу карбонатної соди у воді; сухий залишок поступово збільшується з 2290 до 3090 мг/дм<sup>3</sup>. Аналіз даних про якість зрошувальної води за небезпекою її токсичного впливу на рослин та небезпекою осолонцювання ґрунту [87] показав, що вода за всі роки досліджень відноситься до II класу якості води «Обмежено придатна» (ДСТУ 2730-94, 2015) (Додаток В). Відповідно до агрономічних критеріїв встановлено хімічний тип води як хлоридно-сульфатний натрієво-магнієвий майже за весь період, та хлоридно-сульфатний магнієво-натрієвий.

Таблиця 2.4 - Результати аналізу зрошувальної води з водосховища на р. Самара за роками досліджень

№ з/п	Контролюючий показник	Результати аналізу води за роками				
		2011 рік	2012рік	2013рік	2014рік	2015рік
1	pH	8,2	7,3	7,6	8,01	8,33
2	Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	2690	2600	2300	3070	3090
3	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	899,5	999,43	913,5	1331,5	1154
4	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	493,76	564,76	494,06	490,2	520
5	Жорсткість, мекв/дм <sup>3</sup>	23,89	25,05	24,5	24,7	25,2
6	Лужність, мекв/дм <sup>3</sup>	5,5	4,5	5,35	5,53	6,25
7	Гідрокарбонати, мг/дм <sup>3</sup>	336,5	393,85	325,56	380,56	551
8	Карбонати, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	-	-	-
9	Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	176,09	159,29	169,9	220,94	203
10	Магній, мг/дм <sup>3</sup>	180,1	202	179,69	200,69	201,41
11	Калій+натрій, мг/дм <sup>3</sup>	330	423	340,85	460,54	478
12	Сума іонів, мг/дм <sup>3</sup>	3107	3107	2424	3084	3107

Оскільки поливну воду відносять до II класу якості води «Обмежено придатна», то використання повинно супроводжуватися і з заходами спрямованими на попередження іригаційного осолонцювання ґрунтів.

#### 2.4 Схема і методика проведення досліджень

Полеві та лабораторні дослідження проводили протягом 2010-2015 рр. Під час проведення досліджень відбувалося таке чередування сільськогосподарських культур у сівозміні: ячмінь ярий, пшениця озима, пшениця озима, кукурудза на зерно, пшениця озима.

Було закладено польовий дослід, який включає 4 варіантів та два фактори (табл.2.6).

Таблиця 2.6 - Схема двофакторного польового дослідження

Зрошення (фактор А)	Норма внесення фосфогіпсу (фактор В)	Номери облікових ділянок (варіантів)
Без зрошення	без внесення фосфогіпсу (контроль)	1 (I, II, III, IV)
	внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	2 (I, II, III, IV)
	внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	3 (I, II, III, IV)
	внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	4 (I, II, III, IV)
Зрошення	без внесення фосфогіпсу (контроль)	5 (I, II, III, IV)
	внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	6 (I, II, III, IV)
	внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	7 (I, II, III, IV)
	внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	8 (I, II, III, IV)

Площа облікової ділянки 50 м<sup>2</sup>. Повторюваність дослідження чотириразова з розщепленим розміщенням ділянок.

Перед закладанням польових досліджень були виконані такі роботи:

1. Проаналізовано історію використання ділянки, встановлено можливі причини вторинного осолонцювання ґрунту.

2. Визначили оптимальну площу розміщення ділянок та кількість повторень [92-94].

3. Виконали ґрунтові вишукування проводили за «Інструкцією з проведення ґрунтового-сольової зйомки на зрошуваних землях України» при яких визначили такі показники:

- щільність складення ґрунту згідно ДСТУ ISO 11508:2005 [95];
- гранулометричний склад ґрунту згідно з ДСТУ 4730:2007 [96];
- структурно-агрегатний склад ґрунту – ДСТУ 4744:2007 [97];
- водопроникність ґрунту - методом заливних майданчиків у тригодинній експозиції з подальшим визначенням глибини промочування [98];
- значення рН – ДСТУ ISO 10390 [99];
- сольовий склад за методом водної витяжки (ГОСТ 26423-85; ГОСТ 26424-85; ГОСТ 26425-85; ГОСТ 26426-85; ГОСТ 26427-85; ГОСТ 26428-85, ДСТУ ISO 11265, ДСТУ 7537:2014) [100-106];
- гідролітичну кислотність за ДСТУ 7537 [107];
- склад обмінних катіонів і ємність вбирання (ГОСТ 26210-91, ГОСТ 26487-85, ГОСТ 26950-86, ДСТУ ISO 11260) [108-111].

4. Відбір проб для визначення якості води проводили згідно ДСТУ ISO 5667-6:2009. Хімічний склад поливної води з водосховища на р. Самара визначали за ДСТУ 2730-1994(2015) [112].

5. Проаналізовано кліматичні показники району досліджень: кількість опадів, температура повітря та ґрунту.

Поливи призначали відповідно вологості в розрахунковому шарі ґрунту 0,6–0,8 м. Поливну норму розраховували за формулою О.М. Костякова (за дефіцитом вологості розрахункового шару)

$$m = 100 \cdot \alpha \cdot h \cdot (\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{ф}}), \quad (2.1)$$

де  $m$  – поливна норма, м<sup>3</sup>/га;

$\alpha$  – щільність будови ґрунту, г/см<sup>3</sup>;

$h$  – глибина зволоження шару ґрунту, м;

$\beta_{\text{НВ}}$  – вологість ґрунту, що відповідає НВ, % від маси сухого ґрунту;

$\beta_{\text{Ф}}$  – фактична вологість ґрунту перед поливом, % від маси сухого ґрунту.

Під час співпадіння чергового поливу і атмосферних опадів поливи не проводили, коли кількість опадів перевищувала 10 мм.

У 2011 році на дослідних ділянках вирощували ячмінь ярий сорту Партнер. Вологість ґрунту підтримували на рівні 70-70-65 % НВ у шарі 0,6 м. За вегетаційний період провели 3 поливи поливною нормою 300-450 м<sup>3</sup>/га: перший полив – 25 квітня, в фазу кушіння рослин, нормою 400 м<sup>3</sup>/га; другий полив – 13 травня, в фазу трубкування, нормою 450 м<sup>3</sup>/га; третій полив – 10 червня, в фазу колосіння, нормою 300 м<sup>3</sup>/га. Зрошувальна норма за період вегетації склала 1150 м<sup>3</sup>/га.

У 2012 році на дослідних ділянках вирощували пшеницю озиму сорту Дніпрянка. Вологість ґрунту підтримували на рівні 65-70-65 % НВ у шарі 0,8 м. Вологозарядковий полив проводили нормою 600 м<sup>3</sup>/га. За вегетаційний період провели 3 поливи поливною нормою 300-400 м<sup>3</sup>/га: перший полив – 9 квітня в фазу трубкування, нормою 300 м<sup>3</sup>/га; другий полив – 20 травня в фазу колосіння, нормою 400 м<sup>3</sup>/га; третій полив – 11 червня в фазу квітування, нормою 400 м<sup>3</sup>/га. Зрошувальна норма за період вегетації склала 1100 м<sup>3</sup>/га, а з урахуванням вологозарядкового поливу – 1700 м<sup>3</sup>/га.

У 2013 році на дослідних ділянках вирощували пшеницю озиму сорту Дріада. Вологість ґрунту підтримували на рівні 65-70-65 % НВ у шарі 0,8 м. Вологозарядковий полив проводили нормою 600 м<sup>3</sup>/га. За вегетаційний період провели 3 поливи поливною нормою 300-400 м<sup>3</sup>/га: перший полив – 14 квітня в фазу трубкування, нормою 300 м<sup>3</sup>/га; другий полив – 15 травня в фазу колосіння, нормою 400 м<sup>3</sup>/га; третій полив – 14 червня в фазу квітування, нормою 400 м<sup>3</sup>/га. Зрошувальна норма за період вегетації склала 1100 м<sup>3</sup>/га, а з урахуванням вологозарядкового поливу – 1700 м<sup>3</sup>/га.

У 2014 році на дослідних ділянках вирощували кукурудзу на зерно гібриду Гардемарин 185. Вологість ґрунту підтримували на рівні 70-70-70 %

НВ у шарі 0,6 м. За вегетаційний період провели 4 поливи поливною нормою 300-400 м<sup>3</sup>/га: перший полив – 11 травня в фазу 5-7 листків, нормою 300 м<sup>3</sup>/га; другий полив – 10 червня в фазу 8-9 листків, нормою 300 м<sup>3</sup>/га; третій полив – 12 липня в фазу викидання волоті, нормою 300 м<sup>3</sup>/га, четвертий полив – 13 серпня в фазу молочно-воскової стиглості, нормою 400 м<sup>3</sup>/га. Зрошувальна норма за період вегетації склала 1300 м<sup>3</sup>/га.

У 2015 році на дослідних ділянках вирощували пшеницю озиму сорту Марія 2013. Вологість ґрунту підтримували на рівні 65-70-65 % НВ у шарі 0,8 м. Вологозарядковий полив проводили нормою 600 м<sup>3</sup>/га. За вегетаційний період провели 3 поливи поливною нормою 300-400 м<sup>3</sup>/га: перший полив – 13 травня в фазу формування стебла, нормою 300 м<sup>3</sup>/га; другий полив – 25 травня в фазу колосіння, нормою 400 м<sup>3</sup>/га; третій полив – 9 червня в фазу квітання, нормою 400 м<sup>3</sup>/га. Зрошувальна норма за період вегетації склала 1100 м<sup>3</sup>/га, а з урахуванням вологозарядкового поливу – 1700 м<sup>3</sup>/га.

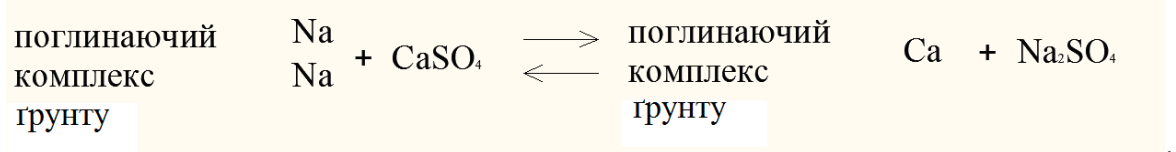
Аналіз території досліджень виявив ознаки деградаційного процесу ґрунту, а саме вторинне осолонцювання. Основною причиною засолення ґрунтів є сухий теплий клімат, в умовах якого при великому випаровуванні поливної води неналежної якості із вільної поверхні, що перевищує кількість атмосферних опадів, водорозчинні солі акумулюються в верхніх шарах ґрунту на слабодренуваних та безстічних територіях. Ця причина призводить до зниження родючості і продуктивності зрошуваних ґрунтів, та до іригаційного осолонцювання території.

Традиційним прийомом усунення вторинного осолонцювання і підвищення родючості солонцевих ґрунтів є гіпсування. У якості хімічного меліоранту використовують гіпс та фосфогіпс. Найпоширеніший та найдоступніший є фосфогіпс. Використання фосфогіпсу в сільському господарстві регламентується ТУ 6-34-5762326-1-93 [24].

## 2.5 Розрахунок доз внесення меліорантів

Застосуванням одного з ефективних способів подолання процесів осолонцювання: хімічної меліорації кальцієвмісними меліорантами займались і займаються вчені в різних країнах (США, Угорщина, Україна, Казахстан, Російська Федерація, Білорусь та ін.), але не наведено чіткої рекомендації щодо розрахункових норм внесення гіпсу, як хімічного меліоранту для конкретних природно-кліматичних умов [39,113-116].

Найчастіше застосовують метод розрахунку меліоративних доз внесення меліоранту з витісненням обмінного натрію з ґрунтового вбирного комплексу



Розрахункова формула на витіснення обмінного натрію має вигляд [117],

$$D_{фz} = 0,086 \cdot H \cdot d \cdot Na, \quad (2.2)$$

де  $Na$  - вміст обмінного натрію, ммоль/100 г ґрунту;

$H$  - глибина орного шару ґрунту, см;

$d$  - середньовиважена щільність шару ґрунту, г/см<sup>3</sup>;

0,086- молярна маса еквівалентна гіпсу, г/ммоль.

Оскільки на території досліджень поливи проводять водою II класу якості - «Обмежено придатна», виникає необхідність проводити заходи з



попередження осолонцювання ґрунту мінералізованими водами. Формула для розрахунку у цьому випадку має вигляд

$$D_{\text{фг}} = 0,086 \cdot (A - 0,5 \cdot T) \cdot B, \quad (2.3)$$

де  $A$  – вміст натрію у поливній воді, мг-екв/л;

$B$  – зрошувальна норма води, м<sup>3</sup>/га в рік;

$T$  – сума катіонів у воді, мг-екв/л.

Для малонатрієвих солонців з вмістом обмінного натрію менше 5 % розрахована доза меліоранту базується на межі коагуляції колоїдної фракції ґрунту [118-120]

$$D_e = 0,086 \cdot K \cdot H \cdot d, \quad (2.4)$$

де  $K$  - кількість кальцію в гіпсі, що необхідно для коагуляції колоїдів в ґрунті, мг-екв/100 г ґрунту.

Дозу меліоранту за коагуляційно-пептизаційним методом визначали за методикою Лактіонова Б.І.: наважку (100 г повітряносухого ґрунту), відібрану з відповідного горизонту, перемішували з різною кількістю фосфогіпсу (20, 50, 100, 150 і т.д мг) і потім засипали в циліндри, в які наливали по 100 мл води. Після цього суміш старанно розбовтували і залишали на добу для седиментації ґрунтових колоїдів. Мінімальна наважка фосфогіпсу, при якій пройшло повне осідання суспензії і є необхідна кількість кальцію.

Для малонатрієвих солонцюватих ґрунтів застосовують метод допоглинання ґрунту кальцію з розчину  $\text{CaCl}_2$  або  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ . Наважку ґрунту 25 г висипали у конічну колбу ємкістю 250 мл, добавляли 50 мл 0,2 н розчину  $\text{CaCl}_2$ . Збовтували п'ять хвилин та залишали на добу, періодично помішуючи. Через добу вміст колби знову збовтували протягом п'яти

хвилин та фільтрували через беззольний фільтр. Відбирали 10 мл прозорого фільтрату, переносили у мірну колбу на 100 мл та доводили дистильованою водою до мітки. Потім відбирали 10 мл розчину та титруванням визначали величину кальцію. За формулою визначали дозу меліоранту.

В наших дослідах, у якості меліоранта обрано відходи виробництва фосфорних добрив – фосфогіпс. Перед проведенням меліорації визначали екологічно безпечну норму внесення [121]

$$D_e = \frac{(ГДК - C_2)}{C_1} \cdot \frac{H \cdot d}{C_{\phi_2} (100 - W)} \cdot 10^3, \quad (2.5)$$

де ГДК - гранично допустима концентрація хімічних елементів у ґрунтів, мг/кг;

$C_1$  та  $C_2$  – вміст хімічного елементу у меліоранті та ґрунті, відповідно, мг/кг;

$H$  - глибина орного шару ґрунту, см;

$C_{\phi_2}$  - вміст гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) у фосфогіпсі, %;

$W$  - вологість фосфогіпсу, %.

Для досліджень використовували фосфогіпс з «Дніпровського заводу мінеральних добрив» м. Кам'янське. Якісні показники фосфогіпсу, який використовували для дослідів наведено у табл. 2.6 згідно ТУ У 24.1-31980517-002:2005.

Структуру урожаю зерна пшениці озимої визначали за модельними снопами у фазі дозрівання на дослідних ділянках. У фазі повної стиглості проводили збирання та облік урожаю методом зважування. Під час обліку врожаю проводили дисперсійний аналіз даних. Статистико-математичну обробку цифрового матеріалу виконували методами варіаційного, кореляційного й дисперсійного аналізів [5].

Таблиця 2.6 – Характеристика фосфогіпсу

№ зп	Показник	Показник норми	Значення
1	Агрегатний стан, зовнішній вигляд, запах	Вологий сипучий продукт від білого до коричневого кольору із специфічним запахом	Вологий сипучий продукт білого кольору без запаху
2	Масова частка сульфату кальцію ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), % не менше	80	98,4
3	Масова частка гігроскопічної води, % не більше	26	4,5
4	Масова частка водорозчинних фтористих з'єднань, % не більше	0,6	0,1
5	Масова частка загальних фосфатів ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), % не більше	10	1

#### Висновки до розділу 2:

1. Дослідна ділянка за фізичними, морфологічними та агрохімічними показниками представлена чорноземом звичайним малогумусним вилугуваним на суглинковому лесі. За деякими фізико-хімічними показниками цей ґрунт має ознаки фізичної і фізико-хімічної солонцюватості.

2. В роки проведення досліджень спостерігали за погодними умовами. Кліматичні умови характеризувались великою амплітудою добових і річних температур, переважна кількість опадів випадає у теплий період і має зливовий характер, що значно знижує їх ефективність при вирощуванні сільськогосподарських культур.

3. Аналіз якості зрошувальної води за небезпекою її токсичного впливу на рослини та небезпекою осолонцювання ґрунту показав, що вона відноситься до II класу якості води «Обмежено придатна». Тому її використання повинно супроводжуватися заходами спрямованими на попередження подальшого іригаційного осолонцювання ґрунтів.

4. Польові та лабораторні досліді проводили згідно із загальнометодологічними принципами з урахуванням чинних нормативних документів та стандартів.

5. Для попередження іригаційного осолонцювання території у якості хімічного меліоранту було обрано фосфогіпс (ТУ У 24.1-31980517-002:2005) норми внесення розраховували на витіснення обмінного натрію для малонатрієвих солонців (методи Пфєффера в модифікації Молодцова, Ігнатової, 1990 р.); за допоглинанням ґрунтом кальцію (Гринченко О.М. 1980р.); за коагуляційно-пептизаційним методом (Лактіонов Б.І., 1963 р.).

### РОЗДІЛ 3

## ВПЛИВ ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ НА ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІРИГАЦІЙНО ОСОЛОНЦЬОВАНИХ ЧОРНОЗЕМІВ

### 3.1 Особливості використання фосфогіпсу як хімічного меліоранту

Одним з методів поліпшення стану ґрунтів є внесення хімічних меліорантів (гіпс, фосфогіпс, крейда, вапно, хлористий кальцій) [24, 39, 115, 122].

У якості хімічного меліоранту найбільш розповсюдженими є гіпс та фосфогіпс. Позитивна дія фосфогіпсу на властивості осолонцьованих ґрунтів є більш суттєвою в порівнянні з гіпсом, про що свідчать результати досліджень в різних країнах (Україна, Іспанія, Румунія, США, Індія) [123]. Для меліорації солонцевих ґрунтів в Україні використовують фосфогіпс-дігідрат. Вміст діючої речовини (гіпсу) у фосфогіпсі приблизно 90 %. Фосфогіпс-дігідрат, на відміну від гіпсу, не втрачає первісної сипучості при зволоженні та наступним висиханням. Він має більш високу розчинність в порівнянні з гіпсом, містить деяку кількість кислоти, яка може нейтралізувати соду. У якості меліоранту в наших дослідках використовували фосфогіпс, що регламентується в сільському господарстві ТУ У 24.1-31980517-002:2005 (табл.2.7). Вміст у фосфогіпсі сульфату кальцію становить 99,4 %, водорозчинних фтористих з'єднань – не більше 0,1 %. До його складу входять фосфати - не більше 0,1 %.

Одним із стримуючих факторів використання фосфогіпсу, як хімічного меліоранту на іригаційно осолонцьованих чорноземах є вміст додаткових сполук у його складі (стронцій, фтор, кадмій та ін.), що можуть бути небезпечними для здоров'я людини та тварин [121, 124]. Фосфогіпс з «Дніпровського заводу мінеральних добрив» м. Кам'янське, що

використовували для досліджень отриманим при переробці фосфоритової сировини, де вміст стронцію становить 14 мг/кг при граничній концентрації 600 мг/кг. За ступенем впливу на організм людини цей фосфогіпс є мало небезпечною речовиною.

Фосфогіпс, який використовували для досліджень відноситься до першого класу, що використовують для сільського господарства [121]. Виробник зберігає меліорант у критих складських приміщеннях, щоб виключити можливість перезволоження, розпилення та забруднення сторонніми домішками. При транспортуванні та зберіганні повинні виконуватись певні умови [74, 125].

Ще одним стримуючим фактором використання фосфогіпсу у якості меліоранту є радіаційний фон деяких його компонентів. У США проводили дослідження радіаційного фону рослин, що вирощували за використання фосфогіпсу в якості меліоранту. Встановлено, що в ґрунті і рослинах рівень радіації набагато нижчий допустимого [ 82]. Для з'ясування цього питання в наших дослідженнях проводили вимірювання радіаційного фону досліджуваного фосфогіпсу та ґрунту.

Визначення радіаційного фону проводили геологічним приладом СРП-68-01 "Пошук", що призначений для пошуку радіоактивних руд і належить до класу вимірювачів потужності дози (дозиметрів). Його широко застосовують в сільському і лісовому господарствах для визначення радіоактивності продуктів харчування, урожаю, кормів, сировини, ґрунту, добрив, води. Прилад широко використовують служби цивільного захисту для вимірювання рівнів радіації (фону) (рис.3.1) [126].

Прилад СРП-68-01 вимірює потік р-випромінень у межах від 0 до  $10\ 000\ \text{с}^{-1}$  ; потужність експозиційної дози  $\gamma$ -випромінення в межах від 0 до 3000 мкР/год.

Допустима норма радіації становить 25-30 мкР/год. Значення радіаційного фону для відкритої місцевості становить 8-12 мкР/год, для приміщень – 15-20 мкР/год.

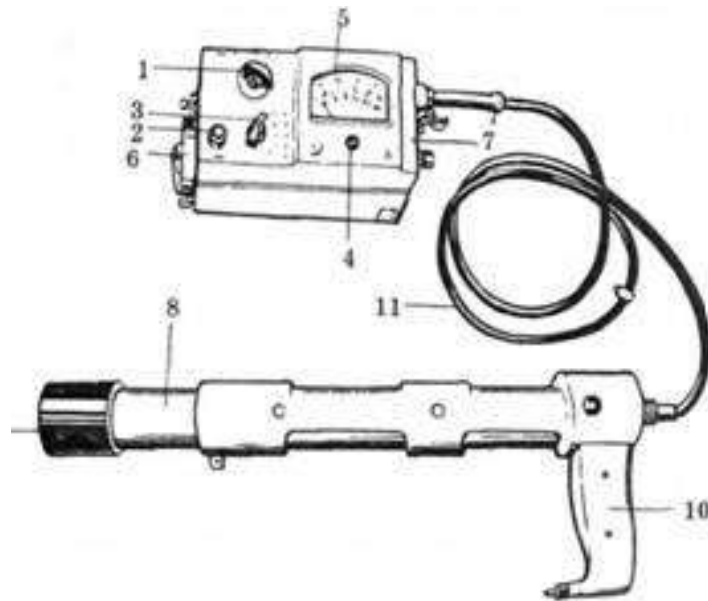


Рисунок 3.1 – Прилад СПР-68-01

1 – перемикач діапазонів; 2 – ручка звукової сигналізації; 3 – перемикач режиму роботи; 4 – коректор стрілки приладу; 5 – шкала приладу; 6 – контрольне джерело; 7 – батарейний відсік; 8 – блок детектування; 9 – гумовий ковпачок блока детектування; 10 – ручка блока детектування; 11 – кабель.

Радіаційний фон дослідної ділянки становив 10,5 мкР/год (рис.3.2), ґрунту на дослідній ділянці – 11,0-12,0 мкР/год, а самого фосфогіпсу – 12,5 мкР/год.



а)

б)

Рисунок 3.2 – Визначення радіаційного фону на дослідній ділянці

а – визначення радіаційного фону фосфогіпсу; б – визначення радіаційного фону ґрунту

За визначеними показниками радіаційного фону ґрунт дослідної ділянки та фосфогіпс має показники у 8 разів нижче допустимої норми, що прийнята Організацією Об'єднаних Націй (ООН) по промислового розвитку для матеріалів що утилізуються у природному середовищі.

Аналіз фосфогіпсу показав деяке збільшення елементів відносно гранично допустимих концентрацій по хрому, нікелю та алюмінію (табл.3.1). Розрахований клас небезпеки промислових відходів за LD<sub>50</sub> показав індекс токсичності рівний 3,8, що відноситься до III класу придатності (помірно небезпечні) та відповідає вимогам застосування його в умовах сільського господарства.

Таблиця 3.1 – Характеристика фосфогіпсу

Хімічний елемент		Гранично допустима концентрація інгредієнтів, що входять до складу промислових відходів	Вміст елементу у фосфогіпсі	
формула	назва	мг/кг	мг/кг	%
Ba	барій	-	62,4	0,01
P	фосфор	-	200	0,02
Cr	хром	60	98,9	0,01
Pb	свинець	32 <sup>1</sup> (130*)	63,1	0,01
Ni	нікель	4 <sup>1</sup> (80*)	80,5	0,01
Zn	цинк	50	46,3	0,00
Co	кобальт	5	4	0,00
Sr	стронцій	600	577	0,06
Mn	марганець	140	99,2	0,01
Al	алюміній	200	300	0,03
B	бор	-	27,8	0,00
Ca	кальцій	-	968690	98,4
Cd	кадмій	-	20,7	0,00
Fe	залізо	1000	420	0,04
K	калій	-	7078	0,72
Mg	магній	-	2741	0,28
Na	натрій	-	3891	0,40

1 – санітарно-епідеміологічне значення; \* - концентрація у чорноземі



Існують рекомендації, що перед внесенням меліоранту у ґрунт його необхідно помолоти до відповідної фракції, оскільки чим менше фракція фосфогіпсу, тим більше контакту між частинами гіпсу та ґрунту, вище його розчинність та меліоративна дія [24,127]. Гіпсове борошно повинно повністю проходити крізь сито діаметром в 5 мм, а крізь сито діаметром 1 мм – на 55-60 %. Але при поверхневому способі внесення фосфогіпсу можлива велика частка втрат меліоранту за рахунок його розвіювання вітром. Оскільки фосфогіпс гарно розчинюється у воді, то в умовах зрошення розмір його часток може бути досить великим (більше 2 мм).

У досліджах використовували фосфогіпс досить великих фракцій: фракції понад 5 мм – 15,6 %, вміст фракцій 5-2 мм – 44,4 %, менших 2 мм – 40 %.

У зв'язку з тим, що солонці залягають у більшості випадків плямами на родючих ґрунтах, гіпс вносять тільки на ці плями. Якщо солонцюватих плям на площі більше 25-30 % і залягають вони на фоні процесів осолонцювання, гіпсування проводять на всьому масиві, але гіпс вносять диференційованими нормами. При наявності солонців на площі понад 50 % гіпс треба вносити рівномірно на всю площу за встановленою нормою [128].

Фосфогіпс вносили за допомогою розкидача мінеральних добрив типу РУМ – 500. Меліорант вносили рівномірно по всіх ділянках дослідів, нерівномірність не перевищує  $\pm 10$  %. При внесенні меліоранту рух машини проводився поперек напрямлення пануючих вітрів та співпадав з напрямком попередньої оранки. Після внесення фосфогіпсу було проведено оранку плугом марки ПЛН-3-35.

На поле гіпс вивозили в той же день, коли проводили гіпсування. Залишати гіпс в купах не можна, бо він може розвіюватися вітром, а у вологу погоду швидко утворюються грудочки, для подрібнення яких треба затратити додаткові матеріальні ресурси та робочу силу.

Найкращим часом за даними багатьох дослідників є внесення меліоранту восени під зяблеву оранку [26, 129]. Вносити гіпс можна і навесні

по зяблевій оранці, або одразу після весняної оранки та розкидати його перед закриттям вологи [24]. Це в умовах зрошення помітно зменшує ефективність гіпсу в перший рік застосування. Для визначення оптимальних строків внесення фосфогіпсу нами було закладено досліди із внесенням меліоранту восени і навесні.

Існують також розбіжності у результатах досліджень різних вчених щодо часу дії меліоративного ефекту від внесення фосфогіпсу на фізико-хімічні властивості та продуктивність осолонцьованих ґрунтів. Українські дослідники С.А. Балюк, В.Я. Ладних та ін. вважають, що меліоративний ефект зберігається протягом 5-7 років, а потім необхідно повторювати внесення меліоранту [130, 131]. Деякі вчені спостерігали позитивні результати після 10 років при внесенні великих норм меліоранту [132-135]. Інші дослідники рекомендують проводити хімічну меліорацію малими дозами (до 3 т/га) із запасом на 2-3 роки при розкидному способі внесення. Результати дослідів зводяться до того, що навіть при дуже високій нормі внесення (понад 20 т/га) і поливі мінералізованими водами меліоративний ефект не перевищував 5 років.

Такі неоднозначні дані і рекомендації вчених можна пояснити різними фізико-хімічними властивостями дослідних ґрунтів, різною якістю меліорантів, використанням різних розрахункових формул для визначення норми, способів внесення тощо. Польові досліди проведені нами також для вирішення питання тривалості дії фосфогіпсу внесеного різними нормами в якості хімічного меліоранту.

### 3.2 Розрахунок норми внесення фосфогіпсу

При розрахунку норми внесення фосфогіпсу використовують меліоративну, агрономічну та екологічно безпечну формули визначення норм меліорантів [121]. Агрономічна норма залежить від відсоткового збільшення врожаю при проведенні хімічної меліорації. Дослідження показали, що агрономічна норма рівна меліоративній або менша, а норму визначають на основі багаторічних дослідів [136]. При використанні у якості хімічного меліоранту фосфогіпсу, який має специфічні домішки, необхідно враховувати, що норма повинна бути екологічно безпечною. Розрахункова доза не повинна перевищувати екологічно безпечну норму внесення.

Розрахунок меліоративної норми внесення в наших дослідях проводили за рекомендаціями К.К. Гедройца: витісненням кальцієм в меліоранті обмінного натрію з ґрунтового вбінного комплексу [24, 39, 115, 122, 137, 50]. При меліорації солонців Лісостепу України та багатонатрієвих типів ґрунтів за І. М. Антиповим-Каратаєвим дозу меліоранту розраховують на половину вмісту обмінного натрію, тобто на його «активну частину» [117, 138]. Визначено, що така норма в цих умовах дає кращі результати, оскільки відраховується малоактивна частина обмінного натрію [139]. Можливе підвищення норми меліоранту на заміщення всього обмінного натрію, але це економічно не виправдано.

Різниця між загальною кількістю обмінного натрію (Na) та допустимим його вмістом (Na - K·T) складає кількість обмінного натрію, який необхідно замінити на кальцій. У цьому виразі T – ємкість обмінного поглинання шару, мг-екв на 100 г ґрунту; K – допустимий вміст обмінного натрію у ґрунті, частка від T. Для заміщення надлишкового обмінного натрію у 1 г ґрунту необхідно подати

$$\frac{0,086(Na - K \cdot T)}{100} \quad (3.1)$$

грамів гіпсу, а для витіснення надлишку натрію з шару ґрунту 1 см на площі 1 га необхідно внести гіпс (в т на 1 га)

$$\frac{0,086(Na - K \cdot T)100000000}{100 \cdot 1000000}, \quad (3.2)$$

або після скорочення

$$0,086 \cdot (Na - K \cdot T). \quad (3.3)$$

Для видалення надлишкового обмінного натрію з всього шару ґрунту з об'ємної маси  $d$  для ґрунтів з обмінним натрієм менше 5% частиною  $(K \cdot T)$  можна знехтувати, тоді формула має вид (2.2) (пункт 2).

У якості хімічного меліоранту в наших дослідженнях було обрано фосфогіпс з певною часткою діючої речовини, а усі формули доз меліоранту розраховані на чисту гіпсову сполуку. Розрахунок меліоративних доз внесення фосфогіпсу проводили за формулами з урахуванням відсоткового вмісту діючої речовини (гіпсу) та вологи у фосфогіпсі.

Меліоративну норму, що розрахована на витіснення обмінного натрію для малонатрієвих солонців розраховували за формулою

$$D_{\text{фз}} = 0,086 \cdot \frac{H \cdot d \cdot Na}{C_{\text{фз}} (100 - W)} \cdot 10^4, \quad (3.4)$$

де  $Na$  - вміст обмінного натрію, ммоль/100 г ґрунту;

$H$  - глибина орного шару ґрунту, см;

$d$  - середньовиважена щільність шару ґрунту, г/см<sup>3</sup>;

0,086 - молярна маса еквівалентна гіпсу, г/ммоль;

$C_{\text{фз}}$  - вміст гіпсу ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) у фосфогіпсі, %;

$10^4$  – коефіцієнт перерахунку даних в т/га;

$W$  - вологість фосфогіпсу, %.

Для ґрунтів з щільністю 1,10-1,3 г/см<sup>3</sup>, потужністю орного шару ґрунту 30 см та кількістю обмінного натрію 0,35 ммоль/100 г ґрунту норма для обраного фосфогіпсу на витіснення обмінного натрію становить 1,4 т/га.

Норми меліоранту можна розраховувати за формулою допоглинання ґрунтом кальцію із розчину  $\text{CaCl}_2$  (Соколовський О.Н., Грінченко О.М.) [140, 141]. Як показали дослідження, цей метод найбільш простий при проведенні аналізів та визначенні норми меліоранту. Розрахунок меліоративної норми допоглинання проводили за формулою [142]

$$D_{\text{фз}} = 0,086 \cdot N \cdot d(Ca_c - Ca_s) \frac{100}{C_{\text{фз}} (100 - W)(100 - N)} \cdot 10^4, \quad (3.5)$$

де  $Ca_c$  - кількість іонів кальцію, які поглинені солонцевим ґрунтом з насиченого розчину, ммоль/100 г ґрунту,

$Ca_s$  - кількість іонів кальцію, які знаходились у розчині, ммоль/100 г ґрунту,

$N$  - вміст у фосфогіпсі частинок крупніших 5 мм, %.

Виходячи з проведених досліджень норма допоглинання ґрунтом кальцію становить 3 т/га.

На малонатрієвих солонцях рекомендують дозу меліоранту розраховувати за коагуляційно-пептизаційним методом [73, 119, 120, 143] (Лактіонов Б.М., Мамаєва Л.Я., Панов Н.П.), де норму визначають за межею коагуляції високодисперсної фракції ґрунту

$$D_{\phi_2} = 0,086 \cdot \frac{H \cdot d \cdot K}{C_{\phi_2} (100 - W)(100 - N)} \cdot 10^4, \quad (3.6)$$

де  $K$  - кількість кальцію гіпсу, що необхідно для коагуляції колоїдів ґрунту, мекв/100 г ґрунту.

Після проведених досліджень встановлено норму за коагуляційно-пептизаційним методом – 3 т/га.

Поливи на дослідній ділянці проводили водою, яку відносять до II класу якості води «Обмежено придатні», тому хімічна меліорація повинна включати меліоративні норми направлені на попередження подальшого іригаційного осолонцювання ґрунтів. Норму фосфогіпсу при поливі мінералізованими водами розраховують за формулою

$$D_{\text{фг}} = 0,086 \cdot (A - 0,5 \cdot T) \cdot B \cdot K \cdot 10^{-3}, \quad (3.7)$$

де  $A$  – вміст натрію у поливній воді, мекв/л;

$B$  – зрошувальна норма води, м<sup>3</sup>/га;

$K$  – коефіцієнт перерахунку фосфогіпсу на гіпс;

$T$  – сума катіонів у воді, мекв/л,

$10^{-3}$  - коефіцієнт перерахунку даних в тонни.

За формулою (3.7) визначили розрахункову норму, яка рівна 1,4 т/га.

Фосфогіпс як хімічний меліорант вимагає ведення розрахунку екологічно безпечної норми внесення, яка була б нешкідлива для агроценозів. Розрахунок ведуть на елемент, який перший досяг рівня, або ближчий до рівня гранично допустимих значень. Для розрахунку екологічно безпечної дози фосфогіпсу використовували формулу (2.5) (пункт 2). Екологічно безпечну норму розраховували за стронцієм [121]. Отримали, що

$$D_e = \frac{(600 - 577)}{10} \cdot \frac{30 \cdot 1,4}{98,4(100 - 4,5)} \cdot 10^3 = 10,3 \text{ т/га.}$$

Агрономічну норму розраховують на збільшення врожайності та встановлюють за даними багаторічних дослідів. За даними досліджень ННЦ «Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім.О.Н.Соколовського» НААН України агрономічна норма внесення кальцієвмісних меліорантів для Степу становить 4-6 т/га [28].

Отже, виходячи з фізико-хімічних властивостей ґрунту дослідної ділянки та наведених меліоративних розрахункових формул визначення норм внесення фосфогіпсу було встановлено наступні норми: 1,4 т/га - за вмістом обмінного натрію та за небезпекою осолонцювання при поливі водою II класу; 3 т/га - за методом допоглинання; 6 т/га - за коагуляційно-пептизаційним методом. Одна з встановлених норм співпала з рекомендованою агрономічною нормою (6 т/га), та жодна з них не перевищила екологічно безпечну норму (10,3 т/га).

### 3.3 Аналіз хімічного складу водної витяжки ґрунту

За агрокліматичним районуванням України Дніпропетровська область знаходиться у посушливій дуже теплій частині, більшість території потерпає від періодичних посух [144]. Ведення сільського господарства у таких умовах зумовило використання штучного зрошення. Зрошення, як фактор підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва впливає на різні природні компоненти: ґрунт, рослинний покрив, мікроклімат, підґрунтові води та ін. [61, 145].

Більшість дослідників вважають, що солонцюватість є зональною ознакою ґрунтів області (Соколовський О.М., Соболев С.С., Кисель В.Д., Можейко А.М. та ін.) [146]. Поряд з цим Прасолов Л.І. та Антипов-Каратаєв І.М. відмічають відмінності характеристик ґрунтів Степу України з

солонцевими ґрунтами. Згідно результатів багаторічних досліджень до початку проведення землеробства ґрунт дослідної ділянки не мав ознак солонцюватості. Ґрунт ділянки досліджень відноситься до чорнозему звичайному малогумусному із зернистою структурою, вмістом кальцію у ґрунтовому поглинаючому комплексі до 80 %, нейтральною реакцією середовища, вмістом гумусу у верхніх шарах до 6 %. Підґрунтові води залягають на глибині до 7 м. Аналіз характеристики ґрунтів за роки спостережень показав зміну їх фізичних та хімічних властивостей на дослідній ділянці на контрольних варіантах в сторону погіршення. Піднявся рівень підґрунтових вод до 3 м. Ступінь засолення ділянки характеризувався як середньо засолений. За вмістом водорозчинних солей підвищився вміст хлоридів та сульфатів на 10 % за аніонним складом, та підвищився вміст натрію. Ці зміни пов'язані з інтенсивним веденням сільського господарства, а саме багаторічне зрошення земель водою низької якості.

За даними багаторічних досліджень видно, що полив навіть прісними водами негативно впливає на якість ґрунту [3, 32]. Зрошення слабо мінералізованими водами [147] приводить до погіршення їх фізичних, фізико-хімічних і водно-повітряних властивостей, що приводить до ущільнення ґрунту. Полив мінералізованими водами протягом 15 років привів до змін типу водного режиму з автоморфного до гігморфного. Підвищення рівня солей порушило рівновагу у ґрунтовому розчині саме завдяки поливу водою неналежної якості [148]. Проведені раніше дослідження показали, що полив мінералізованими водами збільшує вміст натрію у ґрунтовому розчині в 10-47 разів та знижує співвідношення кальцію до натрію [25, 32].

Тривале зрошення водою II класу якості води «Обмежено придатна» (рис.3.3, 3.4) призвело до вимивання карбонатів кальцію з орного шару ґрунту, що негативно вплинуло на властивості чорнозему: утворення органічної речовини та її накопичення, підтримання стабільності ґрунтової



реакції, утворення сприятливого водного, повітряного, поживного, теплового режимів та попередження процесів осолонцювання [134, 135, 149-151].

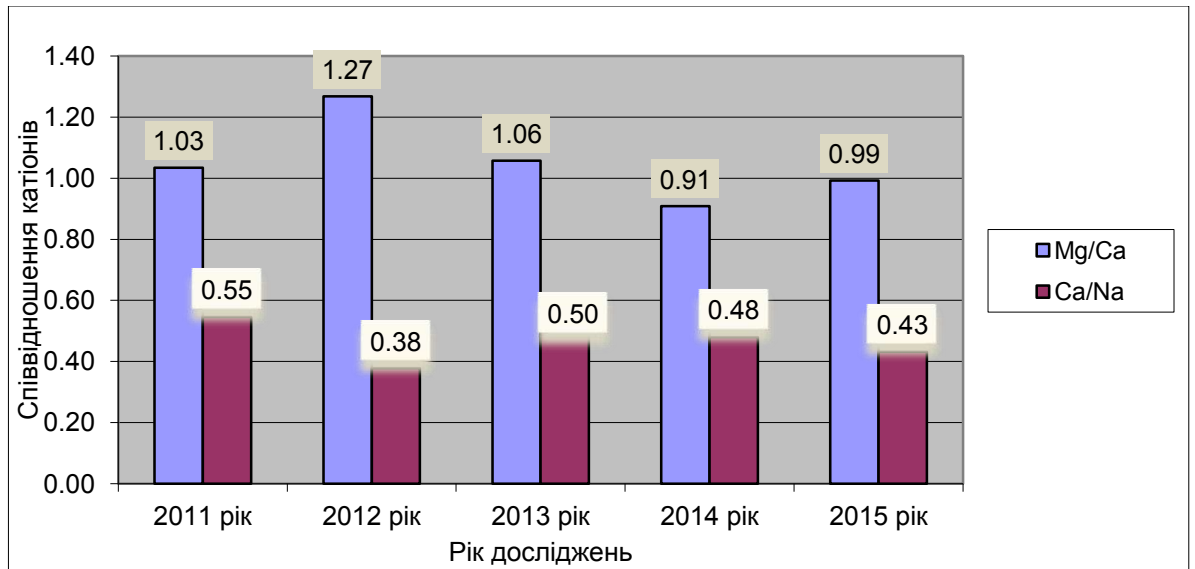


Рисунок 3.3 – Зміна співвідношень катіонів магнію, кальцію та натрію у поливній воді за роки досліджень

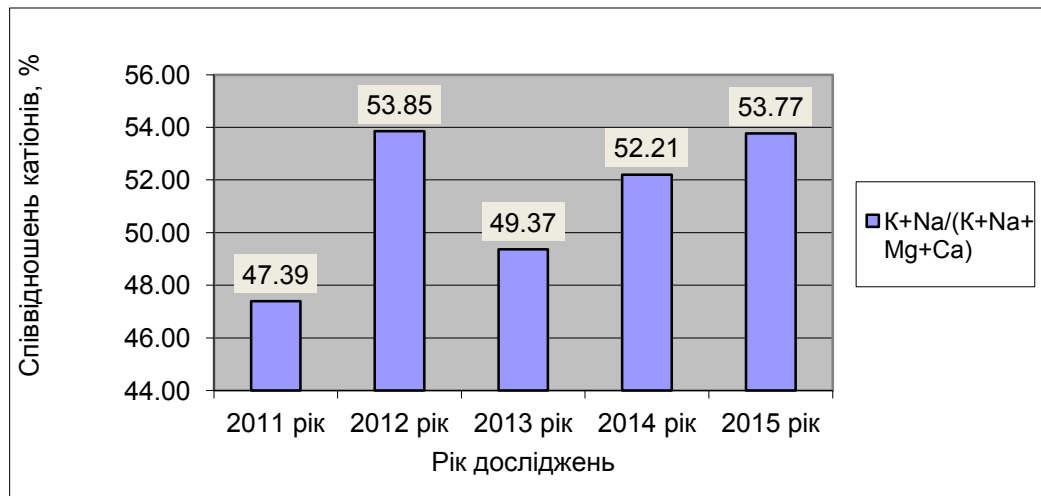


Рисунок 3.4 – Зміна якості поливної води за роками досліджень

Для поліпшення несприятливого фізичного та хімічного стану іригаційно осолонцюваних чорноземів застосовують хімічну меліорацію. До хімічної меліорації відносять внесення кальцієвмісних речовин (гіпс, фосфогіпс, крейда, вапно, хлористий кальцій) та кислот (сульфат заліза і алюмінію, пірит) [39, 40, 113]. Вплив різних хімічних меліорантів на

хімічний склад водної витяжки досліджувався багатьма дослідниками [127, 152-155].

Дослідження показали, що ступінь впливу гіпсування на малонатрієві солонці різна і залежить від дози та виду меліоранту [146]. При одноразовому внесенні фосфогіпсу дозою 4 т/га, яка розрахована на повне витіснення натрію з ґрунтового поглинаючого комплексу, зміна властивостей малонатрієвих солонців мала зворотній характер. Основною причиною такої негативної дії фосфогіпсу було недостатнє атмосферне зволоження на території. Встановлено, що навіть при високій дозі внесення фосфогіпсу (12 т/га у три прийоми по 4 т/га) вже через 9 років до глибини 80 см не спостерігаються сульфат-іони у водній витяжці при достатньому атмосферному зволоженні [146].

При зрошенні застосування фосфогіпсу позитивно впливає на фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунту, що відображено у наукових роботах [156-158].

Систематичне (щорічне) застосування фосфогіпсу нормами, які розраховані на вміст натрію у поливній воді, істотно послабляє процес осолонцювання ґрунтів, сприяє вторинному мікроагрегуванню, підвищує продуктивність польових культур. Необхідно зауважити, що на меліорованих ділянках при довготривалому поливі агресивними поливними водами виникає якісна перебудова складу водорозчинних солей. Відмічено вимивання кальцію у нижчі горизонти ґрунту, накопичення сульфатів та інших солей натрію у гумусових горизонтах. Оскільки у фосфогіпсі міститься приблизно 0,5-1,5 % рухомого фосфору систематичне застосування підвищених доз цього меліоранту приводить до зафосфачування ґрунту. Для запобігання цього негативного фактору необхідно скоротити використання фосфорних добрив. Доведено, що одноразове внесення фосфогіпсу в ґрунт з початковим вмістом фтору 0,9-1,1 мг/кг дозою 5-10 т/га не привело до накопичення водорозчинного фтору у ґрунті. Лише при внесенні 20-50 т/га меліоранту дещо підвищило вміст, та збільшення його кислоторозчинних

форм в 1,3–3,0 рази [159]. У такому випадку при проведенні хімічної меліорації фосфогіпсом необхідно орієнтуватися на гранично допустимі значення концентрації фтору та орієнтуватися на екологічно безпечну норму внесення при розрахунках.

Аналіз водної витяжки ґрунту у дослідях показав збільшення водорозчинних солей по аніонах – сульфатів, по катіонах – кальцію при внесенні кальцієвмісних меліорантів [68, 160-166].

Зміна середніх показників ґрунту дослідної ділянки за роки спостережень з аналізів водної витяжки по аніонах та катіонах наведена у табл. 3.2 (Додаток Г).

Для аналізу лабораторних результатів необхідно встановити хімізм (тип) та ступінь засолення [167].

Хімізм (тип) засолення визначали за складом аніонів і катіонів у орному шарі ґрунту. При визначенні типу засолення ґрунтів беруть до уваги передусім аніони [167].

Існує декілька способів визначення типу засолення. Перший спосіб полягає у визначенні відсоткового вмісту окремих аніонів (у мекв) від їх суми. В найменування типу засолення включають ті аніони, вміст яких перевищує 20 % від суми аніонів. При цьому аніон, що переважає, у назві стає на останнє місце. Вміст аніонів  $\text{CO}_3$  не враховують, оскільки вони входять у величину загальної лужності [167].

Таблиця 3.2 – Зміна показників водної витяжки ґрунту за роками досліджень при хімічній меліорації

Варіант досліджу	Аніони / катіони		Рік досліджень					Na/Ca	«Сумарний ефект» токсичних іонів, мекв	Токсичні іони, %
			2011	2012	2013	2014	2015			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 - без внесення фосфогіпсу і без зрошення (контроль)	аніони	$\text{HCO}_3^{-1}$	0,3243	0,5900	0,3480	0,3879	0,3600	4,32	0,97	0,26
		$\text{Cl}^{-1}$	0,9900	0,7000	0,8970	0,9324	0,9590			
		$\text{SO}_4^{-2}$	2,3067	2,5070	2,4217	2,3006	2,2530			
	катіони	$\text{Ca}^{+2}$	0,6210	0,5970	0,5736	0,5800	0,6000			
		$\text{Mg}^{+2}$	0,5800	0,4900	0,4700	0,4872	0,4500			
		$\text{Na}^{+1}$	2,4200	2,7100	2,6231	2,5537	2,5220			
2 - без внесення фосфогіпсу зі зрошенням (контроль)	аніони	$\text{HCO}_3^{-1}$	0,2200	0,5750	0,3400	0,3596	0,3587	13,02	1,77	0,34
		$\text{Cl}^{-1}$	1,2150	1,2480	1,2700	1,2560	1,3570			
		$\text{SO}_4^{-2}$	2,9907	2,7500	2,6500	2,7548	2,7800			
	катіони	$\text{Ca}^{+2}$	0,2537	0,3130	0,3200	0,3000	0,3123			
		$\text{Mg}^{+2}$	0,1560	0,2780	0,2840	0,2040	0,3689			
		$\text{Na}^{+1}$	4,0160	3,9820	3,6560	3,8664	3,8145			
	аніони	$\text{HCO}_3^{-1}$	0,1693	0,5464	0,2800	0,3423	0,3402			

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3 - внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га без зрошення		Cl <sup>-1</sup>	1,1589	0,9870	1,1987	1,1160	1,1200	4,01	1,67	0,39
		SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	3,1700	2,7884	2,6940	3,2000	2,8800			
	катиони	Ca <sup>+2</sup>	0,7300	0,7000	0,6780	0,9500	0,8904			
		Mg <sup>+2</sup>	0,3633	0,4242	0,3950	0,7083	0,7280			
		Na <sup>+1</sup>	3,4049	3,1976	3,1045	3,0000	2,7218			
4 - внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га без зрошення	аніони	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	0,2970	0,4862	0,2730	0,3350	0,3395	2,50	1,72	0,42
		Cl <sup>-1</sup>	1,0957	1,0000	1,0987	1,0570	1,1000			
		SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	3,2990	2,8000	2,7768	3,3586	3,0200			
	катиони	Ca <sup>+2</sup>	1,0240	1,0000	0,9870	1,3486	1,2430			
		Mg <sup>+2</sup>	0,6280	0,3952	0,4015	0,7920	0,8611			
		Na <sup>+1</sup>	3,0397	2,8910	2,7600	2,6100	2,3554			
5 - внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га без зрошення	аніони	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	0,2892	0,2560	0,2580	0,3300	0,4303	1,34	1,73	0,41
		Cl <sup>-1</sup>	1,1220	0,8790	0,8987	0,8670	0,9640			
		SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	3,3250	3,0000	2,8453	3,4500	3,1466			
	катиони	Ca <sup>+2</sup>	1,5600	1,4780	1,4250	2,0240	1,8760			
		Mg <sup>+2</sup>	0,6875	0,3642	0,3890	0,5230	0,8580			

Кінець таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Na <sup>+1</sup>	2,4887	2,2928	2,1880	2,1000	1,8069			
6 - внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га зі зрошенням	аніони	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	0,3188	0,4800	0,3155	0,3580	0,1894	1,87	1,7	0,47
		Cl <sup>-1</sup>	0,9826	0,6270	0,8500	0,8923	0,8753			
		SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	2,7427	2,7000	2,5215	2,8090	2,7880			
	катиони	Ca <sup>+2</sup>	1,1246	1,1000	1,0923	1,2900	1,2794			
		Mg <sup>+2</sup>	0,5208	0,4500	0,3667	0,5693	0,7400			
		Na <sup>+1</sup>	2,3987	2,2570	2,2280	2,2000	1,8333			
7 - внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га зі зрошенням	аніони	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	0,3700	0,4340	0,2918	0,3639	0,3467	1,17	1,55	0,43
		Cl <sup>-1</sup>	0,8980	0,6211	0,8560	0,8760	0,8750			
		SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	3,0380	3,0195	2,7640	3,2967	3,2600			
	катиони	Ca <sup>+2</sup>	1,5790	1,5200	1,4890	2,1526	2,1000			
		Mg <sup>+2</sup>	0,4270	0,4656	0,4200	0,4160	0,7820			
		Na <sup>+1</sup>	2,3000	2,0890	2,0028	1,9680	1,5997			
8 - внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га зі зрошенням	аніони	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	0,3699	0,5670	0,2490	0,3564	0,3410	0,77	1,54	0,43
		Cl <sup>-1</sup>	0,8760	0,6120	0,7970	0,8327	0,7845			
		SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	3,4248	3,3660	3,1751	3,6034	3,5770			
	катиони	Ca <sup>+2</sup>	2,1570	2,1000	2,0000	2,7345	2,6900			
		Mg <sup>+2</sup>	0,2670	0,4770	0,4390	0,4000	1,0000			
		Na <sup>+1</sup>	2,2467	1,9680	1,7821	1,6580	1,0125			

Інший спосіб визначення типу засолення ґрунтується на величинах співвідношення одних аніонів до других і наведений у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Тип засолення ґрунтів за аніонним складом [167]

Тип засолення	Відношення аніонів, мекв			Додаткові умови
	$\text{Cl}^{-1} / \text{SO}_4^{-2}$	$\text{HCO}_3^{-1} / \text{Cl}^{-1}$	$\text{HCO}_3^{-1} / \text{SO}_4^{-2}$	
Гідрокарбонатний		Більше 2,5	Більше 2,5	-
Хлоридний	Більше 2,5	-	-	-
Сульфатно-хлоридний	2,5-1,0		-	-
Хлоридно-сульфатний	1,0-0,25		-	-
Сульфатний	Менше 0,25	-	-	-
Содовий	-	Більше 2,5	-	HCO <sub>3</sub> більше Ca + Mg Na більше Mg Na більше Ca
Хлоридно-содовий	-	2,5-1,0	-	
Содово-хлоридний	-	1,0-0,25	-	
Сульфатно-содовий	-	-	2,5-1,0	
Содово-сульфатний	-	-	1,0-0,25	
Сульфатно-або хлоридно-гідрокарбонатний	-	Більше 1,0	Більше 1,0	Na менше Ca Na менше Mg HCO <sub>3</sub> більше Na

Наведені результати досліджень за аніонним складом показали підвищення іонів  $\text{SO}_4^{-2}$  по відношенню до контролю без зрошення, та без внесення фосфогіпсу за всі роки спостережень. Кількість сульфатів за середнім показником в роки досліджень при зрошенні збільшилась на 18 % у порівнянні з контролем без зрошення. Це пояснюється надходженням сульфат іонів у ґрунт при зрошенні разом з поливною водою. У незрошуваному варіанті на контрольній ділянці кількість сульфатів поступово зменшувалась, але найбільше значення спостерігали у 2012 році - 2,51 мекв/100 г ґрунту, а найменше – 2,25 мекв/100 г ґрунту у 2015 р.

Максимальну концентрацію  $\text{SO}_4^{-2}$  у порівнянні з контрольними варіантами відмічали у варіантах з внесенням фосфогіпсу без зрошення

(варіант 8). За середніми показниками значення варіюється з 2,67 до 3,43 мекв/100 г ґрунту, що більше на 0,31–1,07 мекв/100 г ґрунту у порівнянні з незрошуваним варіантом. Кількість сульфатів у варіантах 6,7,8 збільшувалась пропорційно збільшенню норми внесення фосфогіпсу. За роками концентрація поступово зменшувалась на 1,5 % на другий рік післядії, та на 7,5 % у третій рік післядії. При внесенні меліоранту повторно спостерігали підвищення сульфат-іону на 2,2 % у порівнянні з першим роком по 7 варіанту та на 11,9 % по 8 варіанту, що пояснюється додаванням іона при внесенні з фосфогіпсом. При порівнянні післядії на другий рік внесення меліоранту після першого та повторного внесення спостерігали зменшення абсолютних показників. При першому внесенні меліоранту на другий рік післядії різниця склала 0,02–0,06 мекв/100 г ґрунту, при повторному внесенні різниця скоротилась до 0,02–0,04 мекв/100 г ґрунту, що говорить про більш стійке накопичення сульфатів і ґрунті ще з першого внесення фосфогіпсу.

У варіантах з внесенням фосфогіпсу при зрошенні за середніми показникам в усі роки досліджень відбувається збільшення іонів  $SO_4^{2-}$  на 0,11 – 0,35 мекв/100 г ґрунту у порівнянні із зрошуваним контролем, та на 0,53 – 0,77 мекв/100 г ґрунту на контролі без зрошення. У варіантах без зрошення вміст сульфату пропорційний нормі внесення фосфогіпсу в якості хімічного меліоранту та зменшується за роками. На третій рік післядії іони  $SO_4$  зменшились у 3-му варіанті на 17,8 % по відношенню до першого року, та на 18 і 16,9 % у варіантах 4 та 5 відповідно, що на 4,5–27 % більше в порівнянні з варіантами без зрошення. Така тенденція пояснюється вимиванням іонів сульфату поливною водою. При внесенні повторно фосфогіпсу відбувається збільшення сульфату на 32,2 та 36,1 % у порівнянні з першим роком післядії, що більше на 3,2 та 4,1 % у варіантах без зрошення. Післядія при другому внесення меліоранту на 2-ий рік зменшувалась на 0,32–0,30 мекв/100 г ґрунту у порівнянні з першим роком. При першому внесенні



меліоранту на другий рік післядії різниця склала 0,33–0,4 мекв/100 г ґрунту. Таку ж тенденцію спостерігали у варіантах без зрошення.

Чіткої закономірності зміни гідрокарбонатів за роками досліджень не було встановлено. Спостерігали зменшення кількості  $\text{HCO}_3^{-1}$  при зрошенні і внесенні фосфогіпсу та підвищення показників у випадку внесення фосфогіпсу за відсутності поливів.

Під час поливів та внесенні меліоранту кількість гідрокарбонатів за середніми показниками зменшилась на 0,04–0,06 мекв/100 г ґрунту по відношенню до контрольних значень зі зрошенням. При відсутності поливів та внесенні фосфогіпсу відбувається зменшення показників  $\text{HCO}_3^{-1}$  на 0,03–0,07 мекв/100 г ґрунту у порівнянні з незрошуваним контролем.

Зміна норми внесення фосфогіпсу суттєво не вплинула на концентрацію гідрокарбонатів. Спостерігали збільшення  $\text{HCO}_3^{-1}$  при нормі внесення 3 т/га у зрошуваному варіанті до 3 % у порівнянні з нормою 1,4 т/га, та наступне зменшення на 10,7 % при нормі 6 т/га, тоді як при відсутності поливів ця різниця збільшувалась поступово на 8 %, а потім на 4 %.

При зв'язуванні у гіпотетично токсичні сполуки найбільш небезпечними для росту та розвитку рослин виступають іони хлору. Усі солі хлору є токсичними для сільськогосподарських культур [167], але для деяких культур  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  більш токсичніший, ніж  $\text{NaCl}$ , а для кукурудзи – навпаки [168]. Сірка, яка входить до складу іона  $\text{SO}_4$  має найважливіше значення у розвитку рослин і є складовою частиною багатьох компонентів клітин, відіграє велику роль у формуванні властивостей і структурних перетвореннях білкової молекули, в окисно-відновних процесах і енергетичному обміні. Хлор негативно впливає на процеси активного поглинання і переміщення сульфатів у рослинах, що може негативно позначитись на якості врожаю.

За роки досліджень спостерігали чітку тенденцію до збільшення іонів хлору у зрошуваних варіантах, що пояснюється надходженням іонів виключно з поливною водою. На контрольних ділянках при зрошенні

кількість хлору збільшилась у 1,5 рази в порівнянні з не зрошуваним варіантом. Внесення фосфогіпсу при зрошенні знизило концентрацію Cl на 13–34 % у порівнянні із зрошуваним контролем. Без зрошення внесення меліоранту суттєво не вплинуло на концентрацію хлору у ґрунті: при нормі 1,4 т/га фосфогіпсу середні показники за роки досліджень у порівнянні з незрошуваним варіантом залишились на рівні 0,85 мекв/100 г ґрунту; при нормах 3, 6 т/га знизилась на 8,5 та 14,7 %.

Суттєвої закономірності між різними нормами внесення фосфогіпсу за роками досліджень не спостерігали. У варіантах з внесенням меліоранту без зрошення відмічали зниження Cl при збільшенні норми на 0,085 та 0,022 мекв/100 г ґрунту. На контрольній ділянці без поливу не відмічали логічну закономірність зміни концентрації хлору, тоді як на меліорованій ділянці спостерігали зменшення іону на другий рік післядії на 32–15 % завдяки перерозподілу солей зі збільшенням іонів  $SO_4$ .

Для визначення типу засолення за співвідношеннями найбільших за значенням аніонів (табл.3.3) наведений графік на рис. 3.5. За хімічним складом водної витяжки ґрунту дослідні ділянки у варіантах з внесенням фосфогіпсу при зрошенні та без нього за аніонними складовими мають сульфатний тип засолення. На контролі без внесення меліоранту та без зрошення спостерігали содово-сульфатний тип засолення у 2011 році. В інші роки спостережень відмічали також сульфатний тип засолення [169].

У контрольному варіанті без внесення фосфогіпсу та при зрошенні хімізм ділянки змінювався з сульфатного на хлоридно-сульфатний у 2015 році, що пояснюється надходженням 14,65 мекв/л хлору з поливною водою у цей період. Основною причиною зміни типу засолення у варіантах з меліорантом є внесення фосфогіпсу, з яким надходять у ґрунт іони сульфату (табл.3.4, Додаток Д).

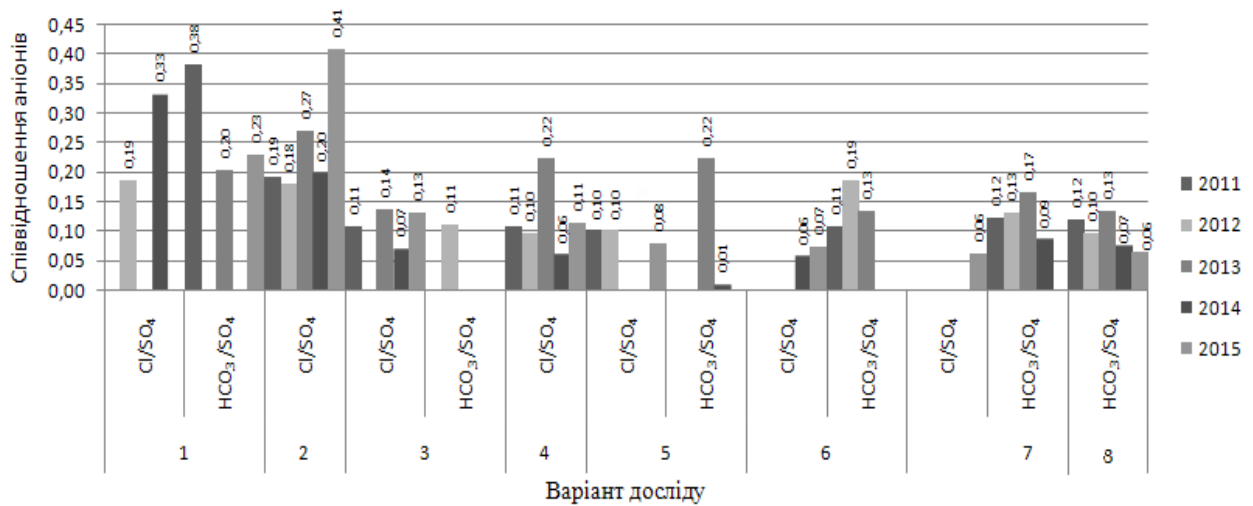


Рисунок 3.5 – Співвідношення більших аніонів за роками досліджень по варіантах дослідів (1-8)

1 – без внесення фосфогіпсу без зрошення (контроль); 2 – без внесення фосфогіпсу зі зрошенням (контроль); 3 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га без зрошення; 4 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га без зрошення; 5 – внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га без зрошення; 6 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га зі зрошенням; 7 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га зі зрошенням; 8 – внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га зі зрошенням

За катіонним складом найбільша кількість припадає на іони натрію в усіх варіантах дослідів. Кількість натрію суттєво збільшується при зрошенні, що доводить гіпотезу значного потрапляння цього іону з поливною водою. При порівнянні контрольних ділянок кількість Na у зрошуваному варіанті за середніми показниками збільшилась на 34 % (рис. 3.6).

Внесення фосфогіпсу, як і в багатьох раніше проведених дослідів, привело до зменшення кількості іонів натрію. У варіантах з внесенням фосфогіпсу та зрошенням натрій знизився на 20–43 %. Внесення фосфогіпсу без зрошення привело до зменшення іонів натрію на 15–32 % у порівнянні з контролем без зрошення.

Таблиця 3.4 - Хімізм та ступінь засолення ґрунтів дослідної ділянки

Варіант досліджу	Ступінь засолення / хімізм (тип) засолення	Рік досліджень				
		2011	2012	2013	2014	2015
В1	еСl, мекв	0,61	1,39	0,76	1,01	1,07
	S <sub>ТОКС.СОЛЕЙ</sub> , %	0,21	0,32	0,29	0,22	0,26
	хімізм (тип)	СдС Н	С Н	С Н	С КН	С КН
В2	еСl, мекв	1,39	1,69	1,99	1,69	2,08
	S <sub>ТОКС.СОЛЕЙ</sub> , %	0,3	0,35	0,36	0,34	0,34
	хімізм (тип)	С Н	С Н	С Н	С Н	ХС Н
В3	еСl, мекв	1,39	1,49	1,63	1,8	2,06
	S <sub>ТОКС.СОЛЕЙ</sub> , %	0,37	0,38	0,35	0,45	0,44
	хімізм (тип)	С Н	С Н	С Н	С Н	С Н
В4	еСl, мекв	1,39	1,52	1,96	1,76	1,99
	S <sub>ТОКС.СОЛЕЙ</sub> , %	0,39	0,39	0,37	0,46	0,47
	хімізм (тип)	С Н	С Н	С Н	С Н	С Н
В5	еСl, мекв	1,7	1,62	1,88	1,7	1,77
	S <sub>ТОКС.СОЛЕЙ</sub> , %	0,4	0,38	0,38	0,46	0,45
	хімізм (тип)	С Н	С Н	С Н	С Н	С Н
В6	еСl, мекв	1,6	1,51	1,75	1,79	1,85
	S <sub>ТОКС.СОЛЕЙ</sub> , %	0,58	0,41	0,4	0,48	0,47
	хімізм (тип)	С Н	С Н	С Н	С Н	С Н
В7	еСl, мекв	1,5	1,41	1,56	1,62	1,67
	S <sub>ТОКС.СОЛЕЙ</sub> , %	0,42	0,41	0,4	0,48	0,46
	хімізм (тип)	С Н	С Н	С Н	С Н	С Н
В8	еСl, мекв	1,5	1,48	1,48	1,58	1,67
	S <sub>ТОКС.СОЛЕЙ</sub> , %	0,41	0,41	0,41	0,47	0,47
	хімізм (тип)	С Н	С Н	С Н	С Н	С Н

Найбільшу зміну кількості іонів натрію (зменшення на 2,0 мекв / 100 г ґрунту) спостерігали у варіанті з нормою внесення 6 т/га на другий рік післядії повторної хімічної меліорації фосфогіпсом.

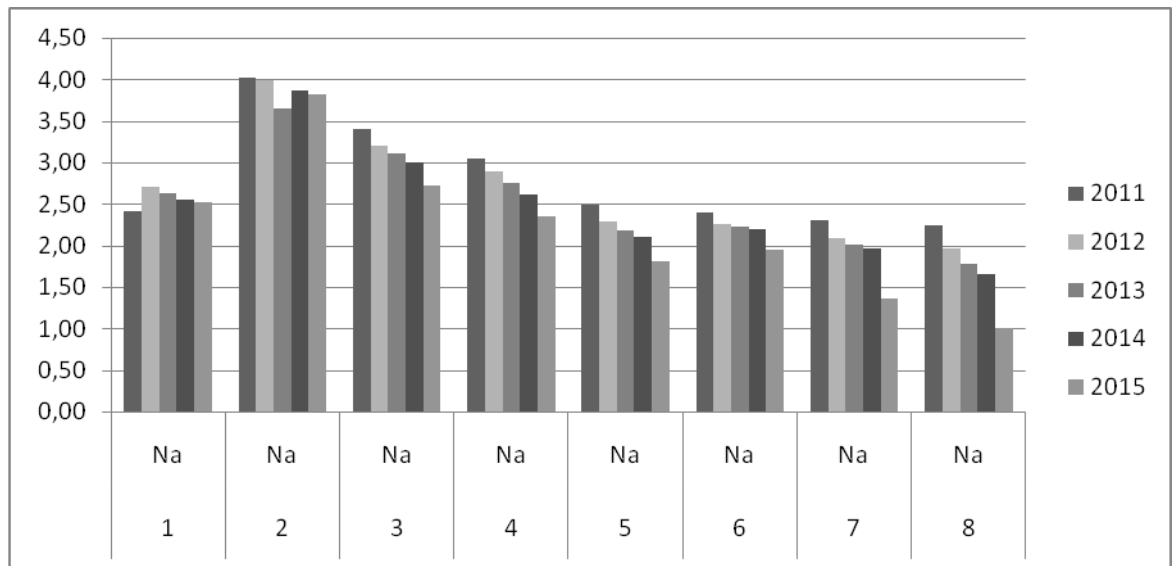


Рисунок 3.6 – Вміст іонів  $Na^+$  за роками досліджень по варіантах дослідів (1-8)

Найкраще по відношенню до контролю на витіснення іонів при зрошенні на другий рік післядії при першому та другому внесенні меліоранту зреагували варіанти з нормою 1,4 т/га. Різниця значень по відношенню до контрольного зрошеного варіанту у другий рік післядії першого внесення склала 0,17 мекв/100 г ґрунту, а на другий рік після повторного внесення – 0,23 мекв/100 г ґрунту. При нормі 3 т/га ця різниця склала 0,11 та 0,20 мекв/100 г ґрунту відповідно.

За роками досліджень кількість іону натрію у зрошеному варіанті за другий рік післядії при першому внесенні фосфогіпсу знизилась на 5 % при нормі 3 т/га, на 6 % при нормі 1,4 т/га та на 8 % при 6 т/га. На третій рік післядії спостерігали зменшення відсотка, а саме: до 3 % при нормі 1,4 т/га, та 5 % при 3 т/га. Повторне внесення меліоранту в запас на три роки показало більші зміни іону натрію. На другий рік післядії при повторному внесенні фосфогіпсу іони  $Na^+$  зменшились вже на 9,3–9,75 % у порівнянні з 5–8 % при першому внесенні. Це свідчить про те, що навіть малі дози внесення меліорантів (1,4 т/га), які розраховані на витіснення натрію з поливної води, можуть стримувати процеси накопичення натрію у ґрунті і переводити з активної стадії солонцювання у пасивну при поливах водами II класу придатності.

За роками досліджень кількість іону натрію у варіанті без зрошення за другий рік післядій при першому внесенні фосфогіпсу знизилась на 0,43 мекв/100 г ґрунту при нормі 1,4 т/га, на 0,5 мекв/100 г ґрунту при нормі 3 т/га та на 0,57 мекв/100 г ґрунту при 6 т/га. На третій рік післядії при нормі 3 т/га спостерігали однакову різницю, що й у другий рік післядій. При нормі 1,4 т/га різниця була навіть більша на 0,06 мекв/100 г ґрунту у порівнянні з другим роком післядії. Повторне внесення меліоранту в запас на три роки показало більші зміни іону натрію. На другий рік післядії при повторному внесенні фосфогіпсу іони Na зменшились на 0,23, 0,58 та 0,62 мекв/100 г ґрунту відповідно для норм 1,4, 3 та 6 т/га.

Як і у варіантах з поливами у дослідях з внесенням фосфогіпсу та без зрошення найбільшу різницю зміни кількості натрію у порівнянні з незрошуваним контролем спостерігали при нормі 6 т/га – 1,52 мекв/100 г ґрунту за другий рік післядії після повторного внесення фосфогіпсу. Внесення фосфогіпсу повторно в запас на перший рік післядії не дало такої суттєвої зміни у іонах натрію як при зрошенні. Для норм 1,4 та 3 т/га різниця склала 0,35 та 0,59 мекв/100 г ґрунту, що на 0,04 та 0,03 мекв/100 г ґрунту менше, ніж різниця за третій рік післядії при першому внесенні. Цей факт говорить про те, що без зрошення норми фосфогіпсу 1,4 та 3 т/га при повторному внесенні не в змозі замінити іони натрію, як це відбувається при нормі 6 т/га.

Внесення фосфогіпсу як хімічного меліоранту суттєво вплинуло на хімічний склад водної витяжки в усіх варіантах досліду. Особливістю є деяке зменшення кількості іонів кальцію у зрошуваних варіантах в порівнянні з незрошуваними. Кількість іонів  $Ca^{++}$  за середніми показниками зрошуваних варіантів збільшилась на 0,89 мекв/100 г ґрунту у порівнянні зі зрошуваним контролем. Концентрація кальцію у варіантах без поливів збільшилась на 1,13 мекв/100 г ґрунту (рис. 3.7). Це пояснюється доброю розчинністю іонів  $Ca^{++}$  і вимиванням їх при поливах.

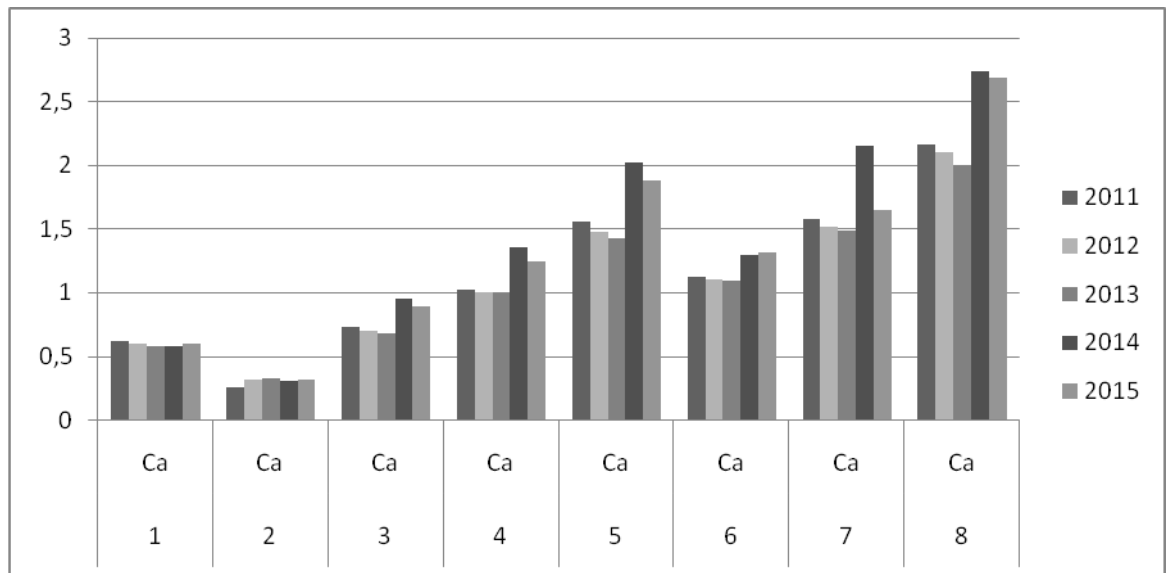


Рисунок 3.7 – Вміст іонів  $Ca^{++}$  за роками досліджень по варіантах дослідів (1-8)

Максимальну концентрацію  $Ca^{++}$  у порівнянні з контрольними варіантами відмічали у варіантах з внесенням фосфогіпсу та без зрошення. Середні показники змінюються з 1,18 до 2,33 мекв/100 г ґрунту, що в середньому більше на 1,13 мекв/100 г ґрунту у порівнянні з незрошуваним контролем. Як і у випадку з сульфатами кількість кальцію у варіантах з внесенням меліоранту збільшувалась пропорційно збільшенню норми внесення фосфогіпсу. За роками досліджень концентрація поступово зменшувалась на 2,9 % на другий рік післядії, та 2,6 % у третій рік післядії. Спостерігали підвищення кальцію при внесенні меліоранту повторно у порівнянні з першим роком на 12,8 % у 6 варіанті, на 26,5 % у 7 варіанті, та на 21,11 % у 8 варіанті, що пояснюється додаванням іона  $Ca^{++}$  при внесенні з фосфогіпсом. При порівнянні післядії на другий рік внесення меліоранту після першого та повторного внесення спостерігали тенденцію зменшення абсолютних показників. При першому внесенні меліоранту на другий рік післядії різниця склала 0,025–0,059 мекв/100 г ґрунту, при повторному внесенні різниця знизилась – 0,011–0,053 мекв/100 г ґрунту. Відбувається менше розчинення іонів кальцію та накопичення його у ґрунті ще з першого внесення фосфогіпсу.

У варіантах без зрошення вміст кальцію пропорційний нормі внесення фосфогіпсу як хімічного меліоранту та зменшується за роками. При проведенні поливів та внесенні фосфогіпсу за середніми показниками в роки досліджень відбувається збільшення іонів  $Ca^{++}$  на 0,49–1,37 мекв/100 г ґрунту у порівнянні з зрошуваним контролем та на 0,19–1,07 мекв/100 г ґрунту при контролі без зрошення. При внесенні повторно фосфогіпсу відбувається збільшення кальцію на 23 та 24 % у порівнянні з першим роком післядії. При першому внесенні меліоранту на другий рік післядії різниця склала 0,025–0,059 мекв/100 г ґрунту, при повторному внесенні різниця збільшилась – 0,05–0,15 мекв/100 г ґрунту. Така тенденція пояснюється більш інтенсивним процесом вимивання іонів кальцію зрошувальною водою.

Зміна іонів  $Mg^{++}$  за роками досліджень не показала чіткої закономірності. Найбільшу концентрацію іонів магнію спостерігали на контролі без зрошення з внесенням фосфогіпсу. У деякі роки можна побачити тенденцію до збільшення показників магнію при збільшенні норми меліоранту, а при відсутності поливів відбувається зворотна дія – при збільшенні норми фосфогіпсу кількість магнію зменшується.

Під час проведення поливів та внесенні меліоранту магній за середніми показниками збільшився на 0,26–0,35 мекв/100 г ґрунту по відношенню до контрольних значень зі зрошенням. При відсутності поливів та внесенні фосфогіпсу відбувається збільшення показників  $Mg^{++}$  на 0,007–0,03 мекв/100 г ґрунту у порівнянні з незрошуваним контролем.

Найбільшу концентрацію іонів магнію спостерігали у 2015 році у варіантах без зрошення та з внесенням фосфогіпсу: 0,75–1,00 мекв/100 г ґрунту, що на 23–40 % відрізняється від середніх значень за всі роки спостережень.

За катіонним складом хімізм засолення ґрунтів визначають з урахуванням двох катіонів, які наявні у більшій кількості (табл.3.5).



Таблиця 3.5 - Тип засолення ґрунтів за катіонним складом [167]

Тип засолення	Відношення катіонів, мекв		
	Ca/Mg	Na/Mg	Na/Ca
Кальцієвий	Більше 2,5	-	-
Магнієво-кальцієвий	2,5-1,0	-	-
Кальцієво-магнієвий	1,0-0,25	-	-
Магнієвий	Менше 0,25	-	-
Натрієвий	-	Більше 2,5	-
Магнієво-натрієвий	-	2,5-1,0	-
Натрієво-магнієвий	-	1,0-0,25	-
Кальцієво-натрієвий	-	-	2,5-1,0
Натрієво-кальцієвий	-	-	1,0-0,25

Дослідження показали, що за катіонним складом переважають іони кальцію та натрію. Визначали їх співвідношення Na/Ca (рис.3.7) та встановлювали хімізм засолення. Найбільші співвідношення Na/Ca спостерігали у контрольному зрошуваному варіанті: 15,83–11,43 мекв/100 г ґрунту, що пояснюється надходженням іонів натрію разом з поливною водою. У варіантах з внесенням фосфогіпсу за всі роки спостережень відбувається зменшення співвідношення, що свідчить про зниження інтенсивності процесу осолонцювання. Найкращі варіанти у цьому випадку – 6, 7 та 8, тут середній показник у 2 рази менший в порівнянні з зрошуваним варіантом. Оскільки при зрошенні відбувається більш швидке розчинення та виведення кальцію у нижні горизонти, та надходження натрію з поливною водою, то це приводить до збільшення співвідношення Na/Ca у варіантах з внесенням фосфогіпсу та зрошенням.

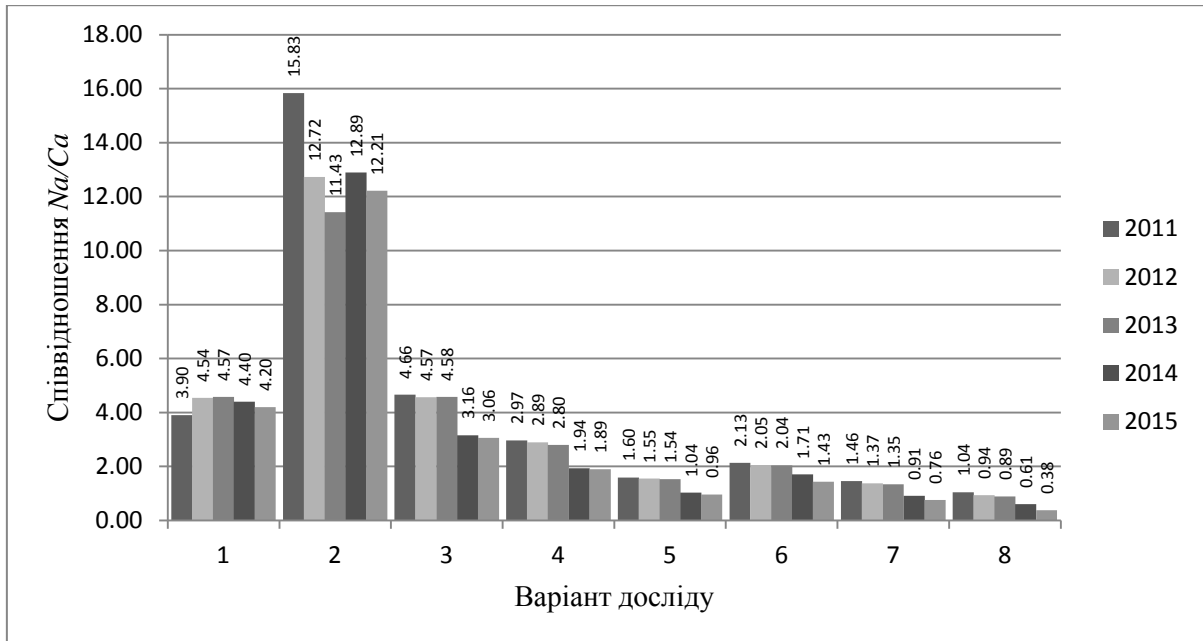


Рисунок 3.7 – Співвідношення Na/Ca за роками досліджень по варіантах дослідів (1-8)

За отриманими співвідношеннями ґрунт у варіантах з внесенням фосфогіпсу та контроль зі зрошенням відносять до натрієвого типу засолення (табл.3.3). На контрольному варіанті В1 без зрошення спостерігається процеси розсолення: хімізм змінився з натрієвого (2011-2014 рр.) до кальцієвого-натрієвого (2015р.).

Ступінь засолення ґрунту визначають як за окремими іонами у відсотковому вигляді так і з врахуванням «сумарного ефекту» токсичних солей. Суміші солей менш токсичні ніж їх чисті накопичення, тому і враховують «сумарний ефект» від сумішей, який менш токсичний за окремі іони. Можливі варіанти солей та їх кількість встановлюють гіпотетично, виходячи з загальної суми за аніонами та катіонами. «Сумарний ефект» токсичних іонів виражають в еквівалентах хлору виходячи із співвідношення:  $1\text{Cl}^{-1}=0,1\text{CO}_3^{-2}=(2,5-3,0)\text{HCO}_3^{-1}=(5,6-6,0)\text{SO}_4^{-2}$ . Потім за табл. 3.6 визначають ступінь засолення ґрунту (Додаток Д). Наявність превалюючих нейтральних сульфат-іонів та іонів кальцію не враховують, так як їх вважають нетоксичними.

Таблиця 3.6 – Класифікація ґрунту за ступенем засолення з врахуванням «сумарного ефекту» токсичних іонів [167]

Ступінь засолення	„Сумарний ефект” токсичних іонів, мекв
Незасолені	Менше 0,3
Слабко засолені	0,3-1,5
Середньо засолені	1,5-3,5
Сильно засолені	3,5-7,5
Дуже сильно засолені	Більше 7,5

За встановленим хімізмом (типом) засолення визначали ступінь засолення за вмістом токсичних солей у % (табл.3.4). За вмістом токсичних солей усі варіанти (крім В1) мають значення 0,3-0,6 %, що відповідно до сульфатного (С) типу засолення характеризуються середнім ступенем. У варіанті В1 для сульфатного (С) типу значення потрапляють в діапазон 0,15-0,3 %, що характерно слабозасоленому типу (2011, 2013, 2014, 2015 рр.).

«Сумарний ефект» токсичних іонів в еквівалентах хлору (мекв) майже завжди співпадає з ступенем засолення, визначеному за вмістом токсичних солей (%). У нашому випадку виключення склав варіант В1, де у 2014 та 2015 рр. значення потрапили у діапазон 0,3-1,0 мекв ґрунт - середньозасолений.

Багато вчених приділяють велику увагу рН водного розчину, оскільки саме від цього показника залежить кількість та якість водорозчинних солей, які знаходяться у ґрунті. Під час гідролізу змінюється кислотність середовища, що залежить від початкових наявних солей у ґрунті. Так, при великій кількості катіонів натрію у ґрунтовому поглинаючому комплексі рН водного розчину має показники більше 8 (лужне середовище). Такі показники у деяких випадках несприятливі для більшості сільськогосподарських культур. Збільшенні показники лужності підвищують пептизацію колоїдів, що приводить до погіршення фізичних властивостей та

водного режиму ґрунту [168, 170-173]. Однак, дослідження Золотуна В.П. показали, що рН до 8,6 значень не чинить негативної дії на родючість, фізичні та хімічні властивості ґрунту [134, 174].

Дослідження показали зменшення показника рН при меліорації фосфогіпсом саме завдяки кислій реакції фосфоритів [82]. Наші дослідження показали також зменшення показника реакції ґрунтового розчину при внесенні фосфогіпсу до 6,7 на другий рік післядії (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Зміна рН ґрунту за роками досліджень

Фактор А	Фактор Б	Роки досліджень				
		2011	2012	2013	2014	2015
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	7,4	7,2	7,4	7,5	7,5
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4т/га	7,17	6,7	7,2	7,24	7,12
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3т/га	7,29	6,89	7,26	7,27	7,18
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6т/га	7,37	6,97	7,34	7,34	7,25
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	7,5	7,4	7,5	7,8	7,9
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4т/га	7,22	6,75	7,21	7,31	7,20
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3т/га	7,36	6,91	7,3	7,35	7,27
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6т/га	7,43	7,0	7,38	7,41	7,34

По відношенню до контролю в усіх варіантах з внесенням фосфогіпсу спостерігали зменшення показників на 3,1–6,9 %. Реакція ґрунтового розчину

підвищувалась пропорційно збільшенню норми внесення фосфогіпсу. Найбільше зменшення рН за середніми показниками у роки досліджень відбувалась у варіантах зі зрошенням – 0,31–0,48, тоді як у варіантах без зрошення ця різниця становить 0,15–0,31.

За роками досліджень спостерігали тенденцію до згасання меліоративного ефекту фосфогіпсу. Найнижчі показники ґрунтового розчину відмічали на другий рік післядії: зменшення на 0,43–0,47 при зрошенні, та на 0,4–0,47 без поливу. Зміна рН в більшій мірі відповідає зміні солей за роками досліджень.

Найкращі показники зміни ступеня засолення та хімізму відмічали у варіантах В5 та В7.

Дослідження зміни сольового складу ґрунтового профілю на третій рік післядії показали найбільше накопичення солей у шарі 0-15 см: 4,22 мекв/100г ґрунту у варіанті з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га зі зрошенням (В7) (рис.3.8) [175].

Варіант В5 збільшив кількість солей на 0,19 мекв/100г ґрунту по відношенню до початку меліорації. При В7 кількість солей на 0,022 та 0,01819 мекв/100г ґрунту більше у порівнянні з В5 до шару 0-30 см. У шарі 45-60 см спостерігали накопичення водорозчинних солей сульфату натрію після меліорації фосфогіпсом для В5 (3,7 мекв/100г ґрунту), тоді як для В7 - шар 75-60 см (3,43 мекв/100г ґрунту). Для шару 90-105 см кількість солей відновлюється до початкових умов.

В усіх варіантах дослідів концентрація іонів  $Cl^{-1}$  та  $SO_4^{-2}$  зменшується за профілем, але все-таки перевищує межу токсичності 0,3 та 2 мекв/100г ґрунту. При зрошенні найбільшу концентрацію іонів  $HCO_3^{-1}$  відмічали у шарі 15-30 см (0,62 мекв/100г ґрунту).

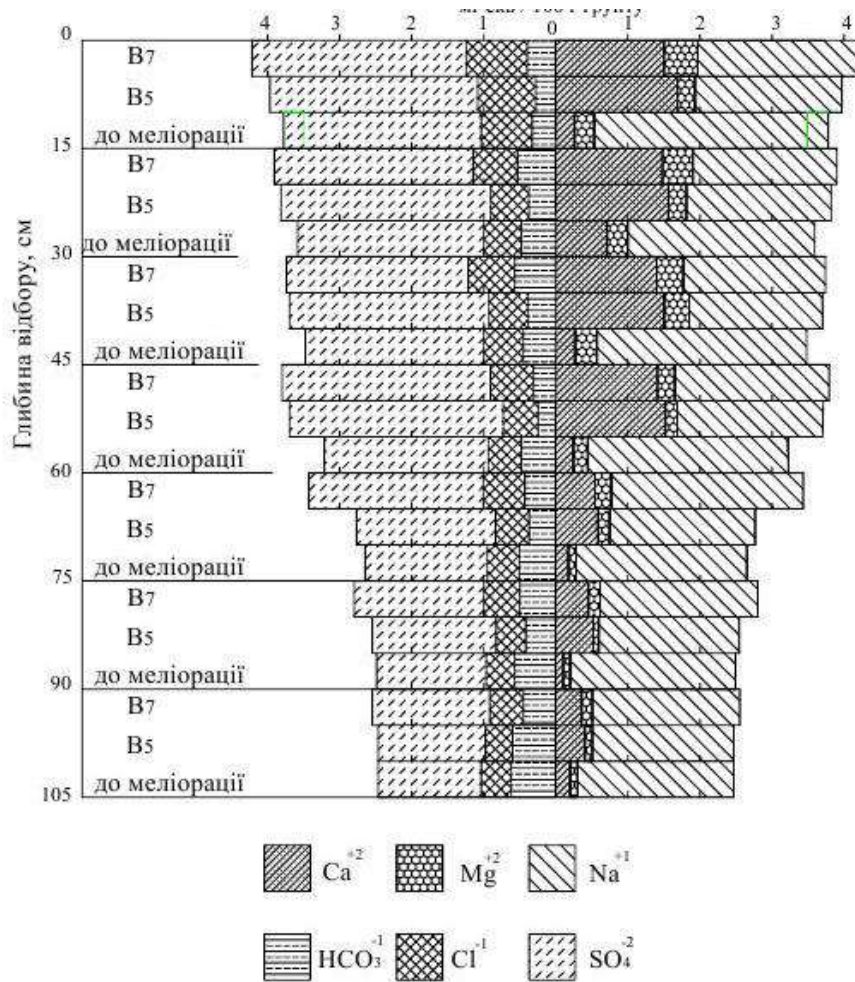


Рисунок 3.8 - Вплив фосфогіпсу при зрошенні та без поливів на сольовий профіль (третій рік післядії), мекв/100г ґрунту

B7 - внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га зі зрошенням; B5 - внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га без зрошення

Концентрація натрію до проведення досліджень у шарі 0-15 см складала 3,25 мекв/100г ґрунту. Внесення меліоранту зменшило кількість до 2,04 мекв/100г ґрунту, при зрошенні до 2,25 мекв/100г ґрунту, що пояснюється надходженням іонів з поливною водою. За профілем відбувається підтягування іонів  $Na^{+1}$  при B7 до шару 60-75 см (2,66 мекв/100г ґрунту), для B5 до шару 45-60 см (2,03 мекв/100г ґрунту). У нижніх горизонтах концентрація поступово вирівнюється до початкових умов.

При внесенні фосфогіпсу відбувається основний позитивний меліоративний ефект: збільшення іонів  $Ca^{+2}$  по всьому профілю. Найбільша

кількість іонів кальцію у B5 (шар 0-15 см) - 1,69 мекв/100г ґрунту. За профілем при проведенні меліорації на третій рік післядії іони  $Ca^{+2}$  концентруються у шарі 45-60 см - 1,41-1,51 мекв/100г ґрунту, що долає дефіцит цього елемента у ґрунтовому профілі.

Виходячи з вище зазначеного, можна зробити висновок, що використання фосфогіпсу, як хімічного меліоранту на іригаційно осолонцьованих чорноземах позитивно впливає на хімічний склад ґрунту:

- на дослідних ділянках за аніонним складом у варіантах з внесенням фосфогіпсу при зрошенні та без нього спостерігали сульфатний тип засолення. На контролі без внесення меліоранту та без зрошення спостерігали содово-сульфатний тип засолення у 2011 році та хлоридно-сульфатний у 2014 році. За катіонним складом на початку досліджень скрізь у варіантах досліду був натрієвий тип засолення, а далі він змінювався на натрієво-кальцієвий та кальцієво-натрієвий хімічний тип засолення;
- виходячи з «сумарного ефекту» токсичних іонів, ступінь засолення дослідних ділянок характеризувався, як середньо засолений, далі поступово змінювався на слабо засолений тип (варіанти з внесенням фосфогіпсу нормою 3 та 6 т/га зі зрошенням);
- реакція ґрунтового розчину була близькою до нейтральної – 6,7–7,9;
- за середніми показниками співвідношення катіонів натрію до кальцію найкращими виявились результати з внесенням фосфогіпсу нормою 3 та 6 т/га при зрошенні;
- проведення хімічної меліорації фосфогіпсом на іригаційно солонцьованих ґрунтах при зрошенні та без нього приводить до збільшення загальної суми солей у шарі ґрунту 0-15 см в порівнянні з початковими параметрами (до 4,22 мекв/100г ґрунту). При внесенні фосфогіпсу нормою 6 т/га без зрошення спостерігали накопичення солей у шарі 45-60 см при зрошенні та внесенні фосфогіпсу нормою 3 т/га солі концентруються у шарі 75-60 см.

### 3.4 Зміна обмінних основ у ґрунтовому поглинаючому комплексі під впливом меліоранту

За даними Ковди В.А., зрошення суттєво впливає на стан ґрунтів. Постійна зміна непромивного водного режиму ґрунтів на іригаційно-промивний значно активізує ґрунтові процеси. При зрошенні мінералізованими водами, вони набувають особливу направленість [146]. Систематичне чередування поливів і поєднання засолення та розсолення ґрунтів приводить до кількісних змін та якісних перебудов складу ґрунтового розчину у перевагу натрієвих солей.

За Гедройцем К.К., якщо у своєму хімічному складі ґрунти містять велику кількість іонів натрію, ґрунтовий поглинаючий комплекс вбирає більше саме цих іонів за рахунок витіснення іонів кальцію. Наявність великої кількості натрію у ґрунті приводить до пептизації колоїдів під час поливу таких ґрунтів, що погіршує фізичний стан ґрунту. Він стає безструктурним, липким, в'язким, утворюється кірка. Багато досліджень підтвердили, що солонцеві ґрунти виникають не лише при наявності значної кількості солей натрію, а ще й при періодичному засоленні та розсоленні і вилученні продуктів обміну [3].

Домінантне положення іонів натрію у ґрунтовому розчині обумовлює активне вбудовування його у ґрунтовий поглинаючий комплекс не тільки орного шару, а й глибших горизонтів. Багаторічні дослідження сольового режиму та динаміки складу поглинених катіонів при різноманітній мінералізації хлоридно-натрієвих поливних вод показали, що цей процес починається вже при відношенні в катіонній частині ґрунтового розчину натрій : кальцій – 1,5:1 та відношенню натрію до суми кальцію та магнію – 1,1:1,0. Наявність натрію у ґрунтовому поглинаючому комплексі обумовлюється витісненням кальцію та вилуговуванням його у нижчі горизонти. Наступний етап осолонцювання, як зазначалось раніше, -



дезагрегація ґрунту та погіршення його фізичних властивостей. Одночасно з осолонцюванням відбувається і осолодіння, у результаті якого велику роль грають процеси вертикального (профільного) і горизонтального (поверхнево-ерозійного) елюювання. Поверхнево-ерозійне елюювання частіше проявляються у осінньо-зимовий період та в більшості залежить від мікрорельєфу, температур та кількості опадів. Механізм полягає у наступному: дощ та талі води за рахунок низької проникності затримуються на поверхні ґрунту, дезагригована ґрунтова маса утворює водну суспензію, причому великі частки швидко осідають, а тонкі фракції преміюються до від'ємних форм рельєфу. У результаті цього на підвищених ділянках до початку весни формується мікропрофіль осолоділого солонцю. Поливи мінералізованими водами та інтенсивне водокористування сільськогосподарських культур у весняно-літній період викликає сезонне накопичення солей у верхніх частинах ґрунту та стримують процеси елюювання. За рахунок прогресуючого характеру осолонцювання з часом орний шар повністю дезагрегується, потім під ним починає формуватися ілювіальний горизонт. При зрошенні хлоридно-натрієвими водами підвищеної мінералізації ці явища спостерігаються вже через 6–7 років [146]. Кінцева стадія осолонцювання ґрунтів при тривалому зрошенні мінералізованими водами – формування солонців, для яких характерна повна дезагрегація орного шару, накопичення поглиненого натрію до 15–20 % від ємкості поглинання, перерозподіл мулистій фракції по профілю та формування елювіального та ілювіального горизонтів [146].

Досліджувана ділянка має невелику кількість обмінного натрію (5,27 %), але її профіль характерний для солонцевих ґрунтів з чіткою диференціацією горизонтів на надсолонцевий потужністю 5–25 см, солонцевий (20–30 см) та підсолонцевий (10–20 см) горизонти, та інші фізичні та хімічні показники, які характерні для солонцевих ґрунтів. Скіпання від 10 %-ої соляної кислоти спостерігали на глибині 45–47 см, карбонати в формі білозірки зустрічались з 55–60 см. У складі водорозчинних

солей до глибини 140 см та більше значно домінують сполуки натрію. При підтягуванні до поверхні натрій конкурує з кальцієм та магнієм за вміст у ґрунтовому поглинаючому комплексі. Це є основною причиною соленакопичення у малонатрієвих ґрунтах.

Зрошення мінералізованими водами сприяє підвищенню запасів гумусових речовин, але їх груповий та фракційний склад погіршується. Спостереження за динамікою складу поглинених катіонів показали, що навіть при відносно невисокому вмісті натрію у поливній воді відбувається прогресуюче накопичення цього іона у ґрунтовому поглинаючому комплексі до глибини 60 см та більше [147]. Дуже сильне погіршення складу поглинених катіонів відбулося при зрошенні водами підвищеної мінералізації. При цьому суттєве підвищення кількості поглиненого натрію та вилуговування кальцію викликали підвищення рН ґрунтового розчину орного шару з 7,63 до 8,41.

І.М. Антипов-Каратаєв довів, що одновалентні іони мають велику рухливість, особливо натрій, що легко вилуговується і виноситься потоком води в нижні горизонти. У сухий період без проведення зрошення відбувається, навпаки, підтягування солей натрію на поверхню. Завдяки цьому натрій періодично витискає кальцій та магній з ґрунтового вбирного комплексу. Солонцюватість ґрунту характеризується не лише наявністю ввібраних іонів натрію, що мають високу гідратацію. Порівнюючи дані аналізів водних витяжок слабо засолених ґрунтів [168] (при різному співвідношенні ґрунт–вода) спостерігали підвищення вмісту натрію в розчині у міру розбавлення системи «ґрунт–вода». Водна витяжка у таких умовах має в 2-3 рази більше натрію в порівнянні з ґрунтовым розчином, але для магнію та кальцію показники з водної витяжки та ґрунтового розчину майже однакові.

Дослідженнями встановлено стадійність процесу сорбції натрію, відбувається стрімке поглинання в перші 2–3 роки зрошення, далі затухання та через 3–5 років перехід у стійкий стан [39]. При довготривалому зрошенні

осолонцювання проходить у нижчі горизонти ґрунту. Це приводить до активізації сольових процесів: зростання кількості ввібраного натрію, особливо у посушливих районах. Така зміна приводить до збільшення величини гідрофільності, пептизованості, набухання та водовіддачі [167, 171].

Ступінь осолонцювання ґрунтів залежить від багатьох факторів найголовнішими з яких є якість поливної води, вирощувані сільськогосподарської культури, тривалість та режим зрошення, гідротермічні умови місцевості, склад та властивості ґрунту. Якість поливної води завжди ставили на перше місце з усіх причин зміни властивостей ґрунту як вітчизняні так і закордонні вчені. Основними критеріями вважають загальну мінералізацію, співвідношення катіонів та значення рН. Встановлено, що при поливі слабо кислими хлоридно-натрієвими та сульфатно-натрієвими водами виникають процеси осолонцювання ґрунтів (К.М. Іванова, Т.П. Крюгер, Т.Н. Кочеркова, Ю.Є. Кізяков) [170]. У США для виявлення показника можливого засолення застосовують натрієве адсорбційне відношення SAR, яке розраховують за формулою [ 171]

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{0.5(Ca^{2+} + Mg^{2+})}}$$

Недоліком цього способу є відсутність врахування резервів кальцію у ґрунті.

Зрошення ґрунтів слабо мінералізованою водою вже на 5 рік привело до слабкого та середнього осолонцювання як за натрієм так і за магнієм [32]. За даними досліджень вміст обмінного магнію досяг 7 мекв/100 г ґрунту, а натрію – 1–2 мекв/100 г ґрунту, що становило 28–36 та 3–7 % суми обмінних основ [63]. За численними даними, якщо кількість адсорбованого ґрунтовим поглинаючим комплексом натрію перевищує 3–10 % загального складу катіонів, то ґрунти стають дисперсними та слабопроникними. Родючість таких ґрунтів значно знижується [63].

Якщо переважаючим катіоном, що адсорбується вбирним комплексом є кальцій, то ґрунт набуває тенденції до оструктурування, його легко обробляти, а водопроникність стає досить високою. Магній, що міститься в поливній воді, за впливом на ґрунт має проміжне між натрієм і кальцієм місце [172].

Дослідженнями І.М. Антипова-Каратаєва було доведено, що переважанням в складі поглинутих основ обмінного магнію над кальцієм змінює ґрунт у бік погіршення його агрономічних властивостей. Було також встановлено, що магній сприяє розчинності гумусу, а гумат магнію, що утворюється, токсично діє на розвиток кореневої системи ячменю. І.Я. Половицький підкреслює, що значно поширеним у природі малонатрієвим (магнієвим) солонцям притаманні всі характерні властивості типових багатонатрієвих солонців: безструктурність і набухання маси ілювіального горизонту в вологому стані, повільне дозрівання ґрунту при висиханні, слабка рухливість води, поганий обмін повітря, сильне стискування і розтріскування ґрунтової маси в сухому стані, тощо [173].

За В. Геммерлінгом, частка поглинутого магнію у складі ґрунтового поглинаючого комплексу зростає по мірі заглиблення у ґрунтовий профіль. На основі власних вишукувань та аналізу інших досліджень він зробив висновок, що у поверхневому горизонті степових ґрунтів вміст магнію по відношенню до кальцію зростає по мірі пересування на південь. В. Геммерлінг вважав, що степові ґрунти у минулому в результаті процесів вивітрювання пережили стадію осолонцювання. На його думку відбулося це завдяки тому, що натрій при вивітрюванні переходить у розчини в першу чергу та у великій кількості (більше кальцію та магнію). Частка магнію збільшується за рахунок того, що карбонат магнію на відміну від карбонату кальцію більш розчинний, тому він активніше входить у ґрунтовий поглинаючий комплекс [170].

Для поліпшення стану іригаційно осолонцьованих чорноземів бажано вилучати ці землі зі зрошення. Однак, дані досліджень показали, що

шестирічне вилучення чорнозему звичайного зі зрошення не повернуло ґрунт до значень незрошуваних ґрунтів: залишкові кількості внесених з поливною водою хлоридів та сульфатів магнію та натрію (у водорозчинній та обмінно-поглинутій формах) та низьке співвідношення кальцію до натрію у водному розчині зумовлюють слабкий ступінь іригаційної деградації цього ґрунту [39].

Проведення хімічної меліорації на осолонцюватих ґрунтах більш ефективніше у порівнянні з іншими способами. Внесення різних кальцієвмісних меліорантів підвищує вміст іонів кальцію у ґрунтовому вбирному комплексі [119, 146, 160, 161, 174]. Внесення фосфогіпсу у якості хімічного меліоранту нормами, розрахованими на вміст натрію у поливній воді, зменшило інтенсивність накопичення обмінного натрію [157]. При постійному поливі водою II класу вже через п'ять років виникла необхідність підвищити норму у 2 рази. Інші дослідження довели, що застосування норм меліорантів, виходячи з кількості увібраного натрію, не поліпшує стан осолонцюваних ґрунтів [120]. Солонцюватість можна контролювати при розрахунках норм за межею коагуляції, як визначалося раніше.

Нез'ясованість цих питань дає підґрунтя для досліджень впливу хімічної меліорації на зміни у ґрунтовому поглинаючому комплексі при відповідних умовах: якість поливної води; тип ґрунту та його засолення; вид меліоранту, норма внесення та тривалість дії.

Наші дослідження показали, що при поливі водою II класу придатності на чорноземі звичайному проявляються ознаки солонцюватості: підвищується частка обмінного натрію та магнію (табл. 3.6), зменшується відсоток обмінного кальцію. Хоча, показники хімічної характеристики ґрунту були не досить високі, спостерігали суттєві ознаки осолонцювання візуально: ґрунт безструктурний, липкий, щільний, низько водопроникний.

На контрольних ділянках (варіанти 1,2 табл. 3.8) спостерігали стрімкі процеси осолонцювання, особливо у зрошуваних варіантах. За 5 років досліджень кількість обмінного натрію в умовах зрошення зросла з 4,5 до

5,27 % від суми обмінних катіонів. У незрошуваному контролі середнє значення обмінного натрію – 4,28 % від суми обмінних катіонів, що на 15 % нижче цього показника при зрошенні, але і в цьому випадку проходять процеси вторинного осолонцювання ґрунтів. Співвідношення обмінного кальцію до магнію (рис. 3.9) по 2-му варіанту становить 2,53, а по 1-му 2,76, що говорить про витіснення обмінного кальцію магнієм з ґрунтового вбирного комплексу. Сума обмінних катіонів у контрольних варіантах істотно не змінювалась і становила 28,3 – 28,87 мекв/100 г ґрунту.

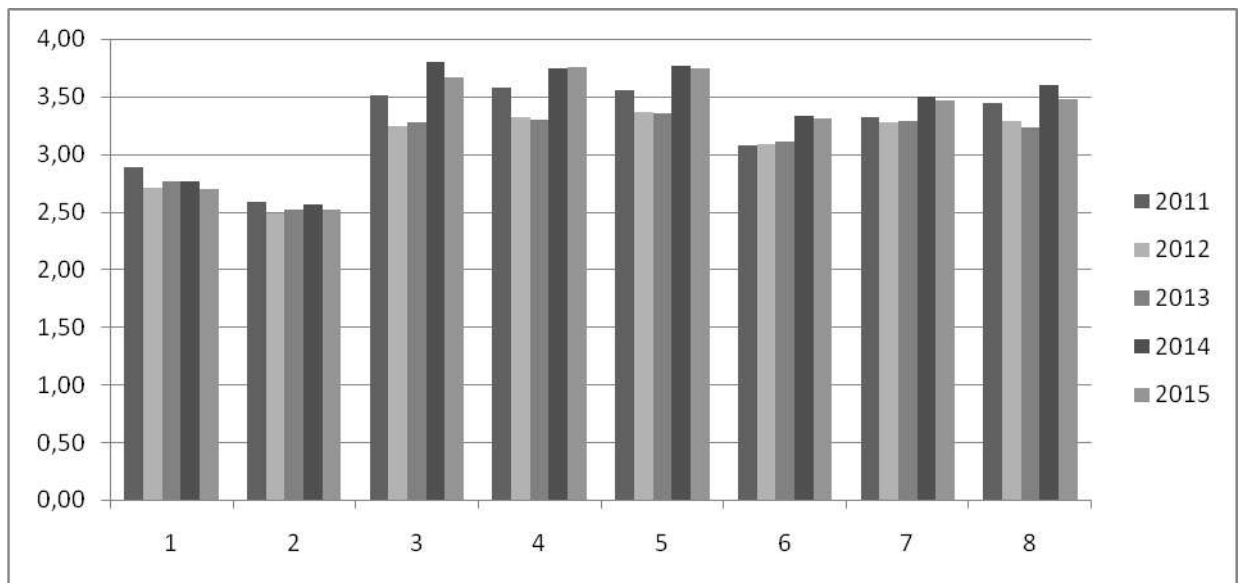


Рисунок 3.9 – Співвідношення обмінного кальцію до магнію по варіантах дослідів за роками досліджень: 1 – без внесення фосфогіпсу без зрошення (контроль); 2 – без внесення фосфогіпсу зі зрошенням (контроль); 3 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га без зрошення; 4 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га без зрошення; 5 – внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га без зрошення; 6 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га зі зрошенням; 7 – внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га зі зрошенням; 8 – внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га зі зрошенням

При внесенні фосфогіпсу у якості хімічного меліоранту різними нормами спостерігали зменшення обмінного натрію у порівнянні з контрольним варіантом на 2,3 % від суми обмінних катіонів при відсутності поливів, та на 3,7 % від суми обмінних катіонів при зрошенні. Цей фактор вказує на більш суттєвий вплив хімічної меліорації фосфогіпсом саме при зрошенні [176].

Таблиця 3.8– Зміна обмінних катіонів під дією фосфогіпсу в орному шарі ґрунту (30 см) за роки досліджень

Варіант досліджу	2011 рік				2013 рік				2014 рік				2015 рік			
	Сума обмінних катіонів, мекв/100 г ґрунту	% від суми обмінних катіонів			Сума обмінних катіонів, мекв/100 г ґрунту	% від суми обмінних катіонів			Сума обмінних катіонів, мекв/100 г ґрунту	% від суми обмінних катіонів			Сума обмінних катіонів, мекв/100 г ґрунту	% від суми обмінних катіонів		
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
1	28,76	71,28	24,69	4,03	28,34	70,29	25,41	4,24	28,53	70,10	25,38	4,25	28,3	69,61	25,80	4,19
2	28,87	68,90	26,60	4,50	28,27	67,92	26,95	5,13	28,58	68,23	26,59	5,18	28,48	67,77	26,97	5,27
3	29,43	75,77	21,58	2,65	26,79	74,65	22,77	2,58	29,29	77,84	20,48	1,67	28,45	77,33	21,09	1,58
4	30,01	76,31	21,33	2,37	27,28	74,96	22,76	2,27	29,59	77,73	20,75	1,52	28,97	77,80	20,71	1,48
5	30,63	76,40	21,48	2,12	27,88	75,44	22,67	2,08	30,37	78,04	20,71	1,25	29,57	78,12	20,87	1,01
6	27,21	73,87	24,00	2,13	26,76	74,36	23,92	1,72	27,65	75,95	22,82	1,23	27,43	75,94	22,97	1,09
7	28,27	75,70	22,76	1,54	27,88	75,32	23,32	1,36	29,7	77,04	21,91	1,05	28,86	76,92	22,11	0,97
8	29,96	76,28	22,23	1,49	27,57	75,70	23,03	1,27	28,43	77,4	21,7	0,9	27,95	76,92	22,18	0,89

1 - без внесення фосфогіпсу без зрошення (контроль); 2 - без внесення фосфогіпсу зі зрошенням (контроль); 3 - внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га без зрошення; 4 - внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га без зрошення; 5 - внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га без зрошення; 6 - внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га зі зрошенням; 7 - внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га зі зрошенням; 8 - внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га зі зрошенням

Спостерігається тенденція до зменшення обмінного натрію при збільшенні норми внесення фосфогіпсу. У варіантах без зрошення найменші показники обмінного натрію відмічали при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га – 2,12 % від суми обмінних катіонів у перший рік післядії та 2,08 % від суми обмінних катіонів на третій рік післядії. Після повторного внесення фосфогіпсу в запас найкращими показники були знову при нормі 6 т/га – 1,25 % на перший рік післядії та 1,01 % від суми обмінних катіонів на другий рік післядії. Значення обмінного натрію знизились з 4,48 % до 1,01 %, але залишились в межах слабого ступеня осолонцювання [177].

Як і у варіантах без зрошення, при поливах спостерігали тенденцію до зменшення обмінного натрію при збільшенні норми внесення меліоранту. У даному випадку найкращим виявився варіант внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га. Після першого року післядії значення обмінного натрію складало 1,49 % від суми обмінних катіонів, а на третій рік післядії це значення зменшилось до 1,27 % від суми обмінних катіонів. Повторне внесення нормою 3 т/га зменшило присутність обмінного натрію у ґрунтовому вбирному комплексі до 0,98 % від суми обмінних катіонів на перший рік післядії, та до 0,89 % від суми обмінних катіонів на другий рік післядії. Це вказує на те, що у ґрунті сповільнились процеси осолонцювання.

Можливо, саме значна кількість обмінного магнію (25,44 – 21,65 % від суми обмінних катіонів, табл.3.8) надає негативні візуальні характеристики дослідного ґрунту. Обмінний магній збільшується при зрошенні на 1,43 % від суми обмінних катіонів у контрольних ділянках. Внесення фосфогіпсу послаблює дію обмінного магнію і витискає його з ґрунтового вбирного комплексу кальцієм. Зменшення обмінного магнію на 3,66 % від суми обмінних катіонів у порівнянні з контрольним варіантом без зрошення, та на 4,04 % від суми обмінних катіонів у порівнянні з контрольним варіантом зі зрошенням. Зі згасанням меліоративного ефекту від дії фосфогіпсу відбувається збільшення відсотку обмінного магнію: з 21,46 % від суми



обмінних катіонів у варіантах без зрошення на перший рік післядії до 22,73 % від суми обмінних катіонів на третій рік післядії; з 22,95 % від суми обмінних катіонів у варіантах зі зрошенням на перший рік післядії до 23,42 % на третій рік післядії.

Збільшення відсотку обмінного кальцію при проведенні хімічної меліорації позитивно вплинуло на фізичний стан зрошуваних ґрунтів. Обмінний кальцій збільшувався при збільшенні норми внесення фосфогіпсу. Найбільші показники спостерігали у варіантах без зрошення, де відсотковий вміст у порівнянні з контролем зріс на 6,07 % від суми обмінних катіонів за середнім показником в роки досліджень. Зі зрошенням кількість обмінного кальцію збільшилась на 7,71 % від суми обмінних катіонів у порівнянні з контролем.

З співвідношень обмінного кальцію до магнію (рис.3.9) видно, що при зрошенні без внесення меліоранту кількість обмінного магнію зростає, а кількість обмінного кальцію зменшується. Так на контролі зі зрошенням співвідношення кальцію до магнію має найменше значення і становить 2,53 за середнім показником в роки досліджень. Найбільше співвідношення припадає на варіанти без зрошення та внесення фосфогіпсу – 3,50–3,56 одиниць. Показник збільшується пропорційно збільшенню норми внесення меліоранту: найменше значення – 3,18 спостерігали при нормі 1,4 т/га під час зрошення, а найбільше – 3,56 при нормі 6 т/га без зрошення.

Найбільші значення співвідношень обмінних кальцію до магнію спостерігали при повторному внесенні меліоранту у варіантах без зрошення 3,75–3,8 одиниць, у варіантах зі зрошенням 3,33–3,59. Виходячи з цих співвідношень кращим виявився варіант з внесенням фосфогіпсу нормою 6 т/га без зрошення.

Наші дослідження чорнозему звичайного малогумусного при зрошенні водою II класу придатності, які були направлені на виявлення дії зрошення на водорозчинний та обмінний склад солей, показали що відбувається зміна співвідношення катіонів натрію та кальцію. Було відмічено, що

співвідношення цих катіонів у водній витяжці залежить від складу ґрунтового поглинаючого комплексу. Для виявлення закономірності відношення катіонів натрію до кальцію зіставляли з середнім вмістом натрію у ґрунтовому поглинаючому комплексі. Експериментальні та теоретичні дослідження вказують на те, що ця залежність носить пряmolінійний характер. Аналіз наших досліджень показав, що ця залежність більш точніше описується рівнянням  $y^{0.5} = a + b \cdot \ln x$ , де  $y$  - відсотковий вміст обмінного натрію у ґрунтовому поглинаючому комплексі, %;  $a$  – коефіцієнт рівний 1,13;  $b$  - коефіцієнт рівний 0,44;  $x$  - співвідношення  $Na/Ca$  водної витяжки (рис. 3.10).

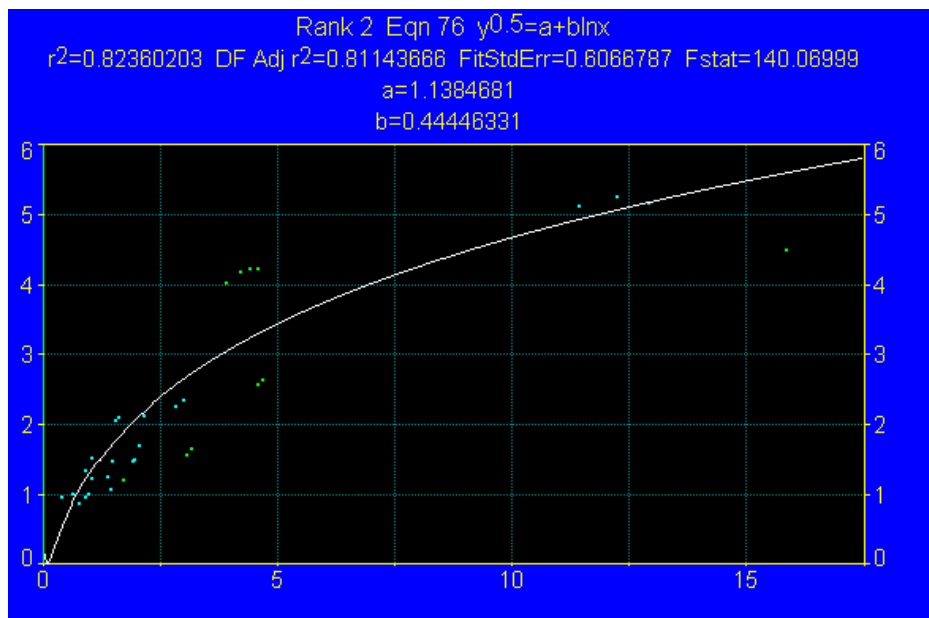


Рисунок 3.10 - Залежність відсотка обмінного натрію у ґрунтовому поглинаючому комплексі від співвідношення  $Na/Ca$  водної витяжки

За цим рівнянням можна спрогнозувати значення обмінного натрію у ґрунтовому поглинаючому комплексі знаючи співвідношення  $Na/Ca$  водної витяжки.

Таким чином, проведення хімічної меліорації фосфогіпсом для запобігання осолонцювання чорнозему звичайного привело до покращення показників ґрунтового вбирного комплексу. Кращі результати на витіснення обмінного натрію спостерігали при внесенні фосфогіпсу нормою

розрахованою за межею коагуляції (6 т/га) без зрошення. При зрошенні кращим виявився результат при внесенні фосфогіпсу за нормою допоглинання (3 т/га). Для співвідношень обмінних кальцію до магнію кращим виявився варіант з внесенням фосфогіпсу нормою 6 т/га без зрошення. Залежність відсотка обмінного натрію у ґрунтового поглинаючому комплексі від співвідношення  $Na/Ca$  водної витяжки описується рівнянням  $y^{0.5} = a + b \cdot \ln x$ .

### 3.5 Гранулометричний склад ґрунту після хімічної меліорації

Гранулометричний склад є головним критерієм у встановленні назви ґрунтів при їх класифікації за Н.А.Качинським [134]. Він показує відповідне співвідношення в ґрунті механічних елементів різних розмірів (гранулометричних фракцій) у відсотках і впливає практично на всі його властивості [82, 134]. Ґрунти за гранулометричним складом поділяють на фізичний пісок (частки > 0,01 мм) та фізичну глину (частки < 0,01 мм). Цей розподіл базується на генезисі ґрунту, при цьому однаковий відсотковий вміст фізичної глини буде відігравати різну роль у підзолистих ґрунтах, чорноземах та солонцях, оскільки має різні діапазони значень. При вмісті фізичної глини 43 % підзолистий ґрунт відносять до важкого суглинку, чорнозем – до суглинку середнього, солонці – до глини легкої [178].

Формування родючості повністю залежить від гранулометричного складу ґрунту. Гранулометричний склад впливає на теплові, повітряні, водні, фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунтів. Кількість та якість обмінних іонів, накопичення та розподіл гумусу, окисно-відновні процеси залежать від механічного складу ґрунту. Доведено, що легкі ґрунти за гранулометричним складом легко обробляються, швидко прогріваються, мають гарний повітряний та водний режим, але погано утримують вологу, мають малу

ємність поглинання, низький рівень гумусу та елементів живлення. Важкі ґрунти, навпаки, дуже добре утримують вологу, мають високу ємність поглинання, більш насичені гумусом та елементами живлення. Водночас важкосуглинкові та глинисті ґрунти мають помірну водопроникність, здатність запливати, утворювати кірку, злипатись. За цими критеріями кращими вважають суглинкові ґрунти [178].

Найактивнішою агрономічною складовою ґрунту є фракція  $< 0,001$  мм [134]. Саме ця фракція насичена гумусом, азотом, глинисті частини цієї фракції формують поглинальну здатність ґрунту та його структуру.

Сприятлива водотривка структура базується на оптимальному поєднанні глинистих частинок з оптимальним вмістом гумусу, елементів натрію, кальцію, вміст обмінних основ. Змінюється ситуація при надмірному зволоженні, надмірному вмісті у ґрунтовому вбирному комплексі воднем, натрієм та зниженні гумусу.

Нашими дослідженнями встановлено, що ґрунт на дослідній ділянці за механічним складом змінюється в бік поважчання при віддалені від р. Дніпро з легкосуглинкового до важкосуглинкового і легко глинистого з переважанням в його фракціях часток пилу (від 0,05 до 0,001 мм). Найбільш поширені в цьому районі чорноземи пилувато-важкосуглинкові, в механічному складі яких (орний шар 0-20 см) міститься фізичної глини (часток менших за 0,01 мм) від 45 до 55 %, а часток мулу (менших за 0,001 мм) від 27 до 35 % [85, 86].

В результаті проведених раніше досліджень встановлено, що при зрошенні гранулометричний склад ґрунтів вниз по профілю збільшує відсоток мулу та дрібного пилу. Це пояснюється дезагригацією крупних частинок поливною водою та подрібнення їх у пил і мул [13, 100, 178, 179,]. Також зрошення переносить мілку мулисту фракцію з верхніх шарів ґрунту у нижні. Дослідження на чорноземі південному після 17 років зрошення показали результати із зменшенням фізичної глини у орному шарі з 40,32 до 38,99 % [180]. Відмічалось, також, поважчання шару 20-40 см. Під час

іригаційного осолонцювання не так стрімко, але спостерігаються ті ж самі процеси, що приводять до знеструктурення ґрунтів та утворення у нижніх горизонтах ущільненого шару.

Інші дослідження доводять полегшення гранулометричного складу у верхніх горизонтах та поважчання у нижчих при зрошенні [35, 181]. Спостерігалась тенденція до збільшення пилуватої фракції у верхніх горизонтах при поливі.

Неоднозначність результатів досліджень викликає зацікавленість цим питанням. Можливо це пояснюється конкретними умовами проведення зрошення, особливістю ґрунтів, рельєфу місцевості та ін.

Дані гранулометричного складу ґрунту за середніми показниками по роках досліджень (2011-2013 рр.) наведено у табл. 3.9.

З наведених даних видно, що і зрошення і хімічна меліорація фосфогіпсом покращило гранулометричний склад ґрунту дослідної ділянки. Суттєво відрізняються значення розміру часток зі зрошуваним та незрошуваним варіантами. При зрошенні відбувається зменшення найбільш агрономічно цінної фракції ґрунту (1,000-0,250 мм) на 0,26 % в орному шарі (0-30 см), тоді як в підорному шарі (30-60 см) спостерігається збільшення на 0,05 %. Інші фракції фізичного піску збільшувались по відношенню до контрольного незрошеного варіанту в середньому на 0,7 % в орному та підорному шарах ґрунтового профілю [182].

За значеннями часток фракцій фізичної глини відбувається зменшення відсотку на 0,12-0,06 % при зрошенні у порівнянні з неполивним варіантом. Ці дослідження підтверджують факт вимивання мулистий фракції та руйнування часток більше 0,25 мм при поливах.

Таблиця 3.9 – Гранулометричний склад ґрунту дослідної ділянки (середнє за 3 роки досліджень)

Варіант досліджу	Шар ґрунту, см	Розмір часток (мм), значення (%)					
		1,000-0,250	0,250-0,050	0,050-0,010	0,0100-0,005	0,005-0,001	<0,001
1	0-30	4,07	34,89	33,55	2,08	8,96	16,44
	30-60	5,16	29,46	35,82	3,69	7,56	18,28
2	0-30	3,81	35,73	33,87	1,96	8,90	16,24
	30-60	5,21	31,38	34,98	2,20	7,48	18,07
3	0-30	4,42	35,48	34,24	1,56	8,14	14,39
	30-60	5,20	30,61	36,0	3,34	7,0	16,57
4	0-30	4,49	35,76	34,57	1,62	8,25	14,68
	30-60	5,27	30,87	36,4	3,40	7,1	16,75
5	0-30	4,51	35,90	34,85	1,67	8,37	14,83
	30-60	5,30	31,00	36,48	3,42	7,18	16,78
6	0-30	4,00	36,10	34,25	1,58	8,31	14,10
	30-60	5,38	31,54	35,0	2,05	7,10	16,00
7	0-30	4,21	36,28	34,53	1,60	8,43	14,14
	30-60	5,42	31,61	35,1	2,1	7,14	16,23
8	0-30	4,37	36,37	34,64	1,68	8,4	14,36
	30-60	5,51	31,75	35,5	2,1	7,16	16,30

1 - без внесення фосфогіпсу без зрошення (контроль); 2 - без внесення фосфогіпсу зі зрошенням (контроль); 3 - внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га без зрошення; 4 - внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га без зрошення; 5 - внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га без зрошення; 6 - внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га зі зрошенням; 7 - внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га зі зрошенням; 8 - внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га зі зрошенням

Хімічна меліорація фосфогіпсом без зрошення позитивно вплинула на кількість фракцій фізичного піску. Відбулося збільшення на 0,54 - 0,91 % у порівнянні з контрольним незрошуваним варіантом. Вміст фізичної глини

навпаки зменшився на 0,87 – 1,13 %. Значення відсотка вмісту фракцій збільшувалось зі збільшенням норми внесення меліоранту, а саме при нормі 1,4 т/га це значення було 4,42 %, а при нормах 3 та 6 т/га – 4,49 та 4,51 % відповідно. Більш суттєве підвищення значень фізичного піску саме в орному шарі ґрунту на 0,35 -0,44 %, тоді як у підорному шарі ця різниця складає 0,4 – 0,11 %. Це свідчить про більш ущільнений підорний шар ґрунту.

У варіантах зі зрошенням спостерігали також збільшення частинок зі збільшенням норми внесення меліоранту, збільшення фракцій фізичного піску та зменшення фракцій фізичної глини. В орному шарі ґрунту відбулося збільшення фракцій фізичного піску на 0,31-0,35 % у порівнянні з контрольним зрошуваним варіантом, що на 0,23–0,56 % менше варіантів без зрошення. Вміст фізичної глини навпаки зменшився на 0,89–1,04 %. Значення відсотка вмісту фракцій (1,000–0,2500 мм) збільшувалось зі збільшенням норми внесення меліоранту. Так при нормі 1,4 т/га це значення було 4,00 %, при нормах 3 та 6 т/га – 4,21 та 4,37 відповідно, що на 0,42-0,14 % менше у порівнянні з незрошуваними варіантами. Це вказує на меншу реакцію ґрунту на фосфогіпс ніж на зрошення. У підорному шарі вміст фізичного піску збільшився на 0,12–0,4 %, а вміст фізичної глини зменшився на 0,73–0,87 % у порівнянні з контрольним зрошуваним варіантом. Як і у варіантах без зрошення при зрошенні відбувається ущільнення підорного шару ґрунту.

Ґрунти класифікують ще за такою генетичною ознакою, як – структура. З'єднані між собою механічні елементи агрегатів утворюють структуру ґрунту. Якісний склад, форма, розміри у одного типу ґрунту буде різна в залежності від місця відбору, горизонту та пори року [163, 183]. Ґрунти бувають структурні та безструктурні. Структурна форма розділена на різні частинки з відповідною формою та величиною – грудки. Безструктурний стан містить окремі механічні елементи, які не з'єднані між собою або мають вигляд суцільної зцементованої маси. Основна характеристика структурних частинок не форма, а їх властивості (розмір, водостійкість, пористість та ін.).

У результаті численних досліджень доведено, що зрошення та механічний обробіток порушують структуру ґрунту [63, 179, 13, 163, 183-185]. Надмірний обробіток ґрунту приводить до зменшення структурності через механічний розпад частинок. При зрошенні, як зазначалось раніше, руйнуються водостійкі агрегати, що викликано безпосередньо фізичною дією води на частинки та через зміну хімічних властивостей ґрунту під дією води. Це приводить до утворення поверхневої кірки та збільшення щільності ґрунту [185, 186].

На початку проведення зрошення у дослідному господарстві ґрунт мав дрібногрудкувату структуру. Проведення обробітку ґрунту у вологому стані та надмірне зволоження привело до ущільнення ґрунту, незадовільного проникнення води і повітря у нижні горизонти. Гумусово-елювіальний горизонт (0-30 см) має порохувату структуру в сухому стані брилистий і тріщинуватий. Підорний шар ґрунту дослідної ділянки має грудкувато-зернисту структуру, сухий, коріння відсутнє. Наступний гумусово-перехідний горизонт (30-45 см) має темно-сіре забарвлення згори та змінюється на бурий при заглибленні вниз по профілю, структура горіхувато-грудкувата, злегка ущільнений, сухий, перехід у наступний горизонт поступовий. Перехідний горизонт майже відсутній (45-50 см) неоднорідний за кольором із затіканням гумусу, горіхувата структура, вологий, скіпає від 10 %-ої соляної кислоти. Верхня частина ґрунтоутворюючої породи (50-110 см) має темно-бурий колір, структура у верхній частині горіхувата, що донизу переходить у грудкувату, складення ущільнене, вологість свіжа, перехід у ґрунтоутворюючу породу поступовий. Ґрунтоутворююча порода (110-150 см) перехід поступовий, світло-бурий колір, ущільнений, структура горіхувато-грудкувата, палевий лес, зустрічаються прожилки карбонатів.

Отже, проведені дослідження показали, що відбувається вимивання мулистої фракції та руйнування часток більше 0,25 мм при поливах (зменшення відсотку часток фракцій фізичної глини на 0,12-0,06 % при зрошенні у порівнянні з неполивним варіантом). Під впливом хімічної



меліорація фосфогіпсом без зрошення відбувається збільшення фракцій фізичного піску на 0,54-0,91 % у порівнянні з контрольним незрошуваним варіантом; вміст фізичної глини навпаки зменшився на 0,87 – 1,13 %. Значення відсотка вмісту фракцій фізичного піску збільшувалось зі збільшенням норми внесення меліоранту. В усіх варіантах дослідів відбувається ущільнений підорного шар ґрунту.

У варіантах зі зрошенням спостерігали також збільшення фракцій фізичного піску та зменшення фракцій фізичної глини. При поливі фракційний склад ґрунту менше реагує на фосфогіпс ніж на зрошення.

Зрошення привело до втрати агрономічно-цінної структури дослідного ґрунту (дрібногрудочкувата). Проведення хімічної меліорації привело до покращення структури дослідного ґрунту.

### 3.6 Зміна щільності, пористості, кіркоутворення та водопроникності ґрунту в результаті хімічної меліорації

Внаслідок руйнування ґрунтових агрегатів під впливом зрошувальної води при високій інтенсивності дощу й наступному склеюванні мікроагрегатів у крупніші при висиханні після поливу очікується збільшення вмісту брилистої фракції структури ґрунту.

Структура з багатьох причин визначає щільність складу ґрунту і його пористість і, отже, умови обміну води й повітря. Зрошення сприяє збільшенню природних циклів зволоження – осушення, а також величин піків цих параметрів. Швидкий перехід із сухого стану в вологий і порівняно швидко висушування сприяє диспергуванню й ущільненню ґрунтів [186].

У дослідях на чорноземах південних Одеської області об'ємна маса орного шару незрошуваних ґрунтів змінювалась від 0,9–1,15 г/см<sup>3</sup> у квітні до 1,05–1,25 г/см<sup>3</sup> у серпні, а зрошуваних ґрунтів – відповідно від 0,9–1,20 до

1,10–1,35 г/см<sup>3</sup> [144, 187]. На грунтах з овочевими сівозмінами внаслідок механічного впливу крапель, а також після поливного обробітку зволоженого ґрунту до кінця вегетаційного періоду щільність орного шару досягла 1,35–1,4 г/см<sup>3</sup>, а при екстремальних значеннях – до 1,55 г/см<sup>3</sup>. Загальна пористість при зрошенні зменшується на 5–10 %, змінюється також її характер. Разом з тим деякі параметри – механічний склад, питома маса – за 12 років не змінилась.

Проведені дослідження виявили зміну щільності ґрунту: підвищення показників із заглибленням по профілю з 0,99 до 1,63 г/см<sup>3</sup> (0–100 см) [35]. У дослідях Мінашина виявлено, що при зрошенні відбувається збільшення щільності ґрунту та зменшення загальної пористості, що приводить до зниження їх водопроникності, тобто зрошення супроводжується злитизацією [35].

Злитизація зрошуваних чорноземів є найвищим ступенем знеструктурення та ущільнення чорноземів. Верхній шар ґрунту при цьому становиться гідрофільним та сильно набухає. У сухому стані він тріскається на щільні (1,7–1,9 г/см<sup>3</sup>) крупні тумбовидні брили.

У працях В.А. Турулевій, І.В. Козуненко, Г.В. Стоми та ін. висвітлені процеси злитизації на зрошуваних чорноземах Ростовської області [35]. Ці вишукування на зрошенні передкавказських чорноземів показали зменшення кількості середніх (1–2 мм) агрегатів. Це привело до зниження водостійкості та збільшення щільності орного та підорного горизонтів. При збільшенні щільності відбувається погіршення аерації. У дослідженнях Стоми Г.В. на незасолених передкавказських чорноземах при зрошенні слабомінералізованими слаболужними водами відбуваються процеси злитизації (масивне складення, брилисто-горіхувата структура, зниження пористості, підвищення щільності). Дослідження Є.Н. Аніканової доводять, що зрошення приводить до погіршення водно-фізичних властивостей чорноземів. Дослідження зрошуваних ґрунтів Дону та Західного Манича також показами ущільнення верхніх шарів ґрунту з утворенням брил,

утворення кірки, що приводить до розтріскування ґрунту та надмірному випаровуванню вологи з нижніх горизонтів [ 35].

Найбільше значення щільності твердої фази відмічали у нижніх горизонтах (40-100 см), як на засолених ділянках, так і не засолених ділянках. Це пояснюється більшим накопиченням гумусу у верхніх шарах.

Утворення кірки після зрошення залежить від мінералогічного складу ґрунтів. Наявність мулистої фракції високодисперсних набрякаючих мінералів стимулює злитизацію в циклах зрошення – осушення [113]. На структурних та добре водопроникних ґрунтах утворення кірки слабке або незначне.

Іригаційна кірка негативно впливає не лише на розвиток рослин, фізичні та інші властивості ґрунтів, але шкідлива й тим, що щороку при обробітку ґрунтів малопотужні елювійовані й дисперговані шари залучаються при обробітку в орний шар [32].

Багато в чому умови утворення кірки визначаються характером зволоження ґрунтів. Найпотужніші кірки утворюються при поливах напуском чи затопленням. Більш ощадним є режим зволоження способом дощування. Проте у цьому випадку постає питання про руйнування ґрунтової структури під ударами дощових крапель [144].

Існують превентивні та безпосередні способи боротьби з іригаційними кірками. Превентивні способи боротьби полягають у зниженні інтенсивності обробітку ґрунтів важкими знаряддями, удосконалення якості дощу при зрошенні, поліпшення якості поливних вод, уникнення затримання вологи при поливі, залучення бобових та злакових трав у сівозміну. Безпосередніми способами є руйнування кірки після поливів спеціальними розпушувачами [39].

Для запобігання іригаційної деградації чорноземів та підвищення продуктивності цих ґрунтів науковці Інституту ґрунтознавства та агрохімії НААН України пропонують наступні заходи: раціональний режим зрошення (поливні норми 300-400 м<sup>3</sup>/га), передполивне щілювання міжрядь просапних

культур на глибину 15-20 см, щілювання на полі з багаторічними травами, щорічне внесення на 1 га 330-350 кг мінеральних добрив та 10-15 т/га гною, один раз за сівозміну обов'язкова оранка на 30-40 см із внесенням по оранці 5 т/га фосфогіпсу і один раз за ротацію – по 5 т/га під оранку на 20-25 см [185].

Для боротьби з іригаційною деградацією проводили дослідження з внесення фосфогіпсу і контролювали щільність та водостійких агрегатів [3]. Встановлено зв'язок між водостійкими агрегатами та щільністю складення ґрунту: «у рік проведення меліорації щільність складення ґрунту зменшилась на 0,08-0,14 г/см<sup>3</sup> (у контролі – 1,41 г/см<sup>3</sup>), у післядії першого року – на 0,06-0,19 г/см<sup>3</sup> (у контролі – 1,40 г/см<sup>3</sup>), другого року – на 0,07-0,14 г/см<sup>3</sup> (у контролі – 1,39 г/см<sup>3</sup>)». Тобто проведення хімічної меліорації на чорноземах південних при поливі привело до зниження щільності до нормальних значень – 1,28-1,30 г/см<sup>3</sup> [3].

Інші дослідження впливу фосфогіпсу як хімічного меліоранту показали зменшення щільності у шарі ґрунту 0-10 см у післядії другого року до 1,26 г/см<sup>3</sup> [32].

Багато вчених довели, що солонцеві ґрунти характеризується слабкою водопроникністю [91,31]. Водопроникність їх тим нижча, чим більший вміст увібраного натрію в колоїдному комплексі.

Зрошення чорноземів приводить до зміни водоміцності структурних агрегатів. У перші роки зрошення вона практично завжди знижується, але через деякий час (5-7 років) часто відбувається її підвищення за рахунок переоструктурення ґрунтової маси та утворення якісно нової структури зі зміною внутрішньоагрегатної пористості, що підвищує водоміцності. Але це, так звана, «хибна» водоміцність, вона не має агрономічної цінності. Деградація структури ґрунтів, яка обумовлена зменшенням об'єму шпаринного простору, що відбувається за рахунок крупних міжагрегатних пор інфільтрації та аерації, так і більш мілких внутрішньоагрегатних вологопровідних пор, приводить до зниження водоутримуючої здатності

зрошуваним чорноземів, негативно відображається як на водному, так і на повітряному режимах ґрунту [45].

Для боротьби з водовідачею на солонцевих ґрунтах проводили хімічну меліорацію, а саме: вносили гіпс та фосфогіпс [53,48]. За даними цих досліджень внесення гіпсу різко зменшує кількість зв'язної вологи. На солонцевих чорноземах при гіпсуванні кількість недоступної вологи зменшилась на 10-15 %, а на солонцях – на 20-25 %. Внесення гіпсу збільшує водовіддачу солонцюватих чорноземів у 2-3 рази, а солонців – у 5-10 раз.

Гіпсування солонців сприятливо впливає на польову вологість ґрунтів, збільшує її у сухі періоди на 1-3 %.

Внесення фосфогіпсу на другий рік післядії показало найбільш високу водостійкість структури (38,5 %) орного шару [48].

Під впливом хімічної меліорації фосфогіпсом відбулась зміна водопроникності зрошуваного чорнозему південного, що говорить про ефективність її проведення [3, 180]. Проведення хімічної меліорації фосфогіпсом покращило водопроникність ґрунту [188]. У цих дослідях швидкість всмоктування та фільтрація були нижчими в порівнянні з незрошуваним контролем (в 1,7 разів). На думку авторів причина полягає у підвищенні щільності зрошуваного іригаційно осолонцюваного ґрунту. В порівнянні зі зрошуваним контролем без меліорантів варіанти з внесенням меліоранту швидкість всмоктування та фільтрація були вищими в 1,4 рази [3].

Пористість ґрунту – це сумарний об'єм пор різних за формою, розміром, направленням (за Качинським Н.А.).

Загальна пористість у пісках та супісках складається з проміжків між ґрунтовими частинками у ґрунтах важкого гранулометричного складу, в оструктурених – з пор між елементарними ґрунтовими частинами, макро- та мікроагрегатами (міжагрегатна пористість) та усередині них (агрегатна пористість). Пористість ґрунту є функцією щільності. З пористістю зв'язані

водопроникність, водоутримуюча здатність та обмін повітрям ґрунтової товщі з атмосферою, проникненню коріння рослин та організмів [123].

Величину загальної пористості визначають за співвідношенням щільності твердої фази ґрунту до щільності ґрунту. Результати наших досліджень щільності ґрунту наведено у табл. 3.10.

На контрольних ділянках без внесення фосфогіпсу та без зрошення за всі роки спостережень значення щільності змінювалось у невеликих діапазонах від 1,35 до 1,37 г/см<sup>3</sup>, тоді як при зрошенні ця різниця була 1,36-1,41 г/см<sup>3</sup>. За середніми показниками в усі роки досліджень значення щільності ґрунту на контрольних ділянках при зрошенні було на 4,6 % більше щільності на контролі без зрошення.

Таблиця 3.10 – Щільність будови шару ґрунту (0-30 см) за хімічної меліорації, г/см<sup>3</sup>

Зрошення	Варіант досліджу	Роки досліджень				
		2011	2012	2013	2014	2015
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	1,37	1,37	1,35	1,35	1,36
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	1,24	1,27	1,25	1,20	1,21
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	1,22	1,25	1,23	1,19	1,19
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1,21	1,24	1,21	1,17	1,18
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	1,36	1,38	1,40	1,39	1,41
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	1,27	1,30	1,28	1,23	1,20
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	1,25	1,27	1,24	1,2	1,19
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1,22	1,25	1,26	1,18	1,2

Ці факти свідчать про суттєвий негативний вплив зрошення на щільність ґрунту в порівнянні з його обробітком.

Внесення фосфогіпсу у якості хімічного меліоранту суттєво вплинуло на показники щільності у бік покращення. Навіть при внесенні меліоранту зберігається тенденція до збільшення щільності у варіантах зі зрошенням у порівнянні з незрошуваними аналогами. Найкращими варіантами при відсутності поливів є варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га. За середніми показниками варіант з внесенням фосфогіпсу нормою 6 т/га був менше на 0,16 г/см<sup>3</sup> у порівнянні з контролем, тоді як при нормах 1,4 та 3 т/га ця різниця становили 0,12 та 0,14 г/см<sup>3</sup> відповідно. По роках досліджень спостерігали тенденцію до збільшення щільності у посушливі роки. Найнижчі показники щільності у варіантах без зрошення відмічали у перший рік післядії при повторному внесенні фосфогіпсу. Значення щільності у цьому періоді становило 1,17-1,2 г/см<sup>3</sup>, що на 0,04-0,96 г/см<sup>3</sup> менше у порівнянні з післядією першого року при першому внесенні.

При зрошенні фосфогіпс показує кращі результати, у порівнянні з незрошуваними варіантами. За середніми показниками по відношенню до зрошеного контролю значення щільності змінюються з 1,7 г/см<sup>3</sup> до 0,2 г/см<sup>3</sup>, що на 20-30 % більше у порівнянні з незрошуваними аналогами. Тобто при зрошенні дія фосфогіпсу як хімічного меліоранту на щільність складення ґрунту більш суттєва у порівнянні з незрошуваними варіантами. Під час проведення поливів найкращими варіантами виявились з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га та внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га. За середніми показниками варіант з внесенням фосфогіпсу нормою 3 та 6 т/га менше на 0,2 г/см<sup>3</sup> у порівнянні з контролем, тоді як при нормі 1,4 т/га ця різниця становили 0,17 г/см<sup>3</sup>. За роками досліджень спостерігається таж сама тенденція, що і при відсутності поливів (збільшення щільності у посушливі роки та найнижчі показники у перший рік післядії при повторному внесенні

фосфогіпсу). Значення щільності на перший рік післядії при повторному внесенні меліоранту становило 1,18-1,21 г/см<sup>3</sup>.

Пористість ґрунту (табл. 3.11) на контрольних ділянках без внесення фосфогіпсу та без зрошення за всі роки спостереження змінювалась у діапазонах від 50,0 до 50,8 %.

Таблиця 3.11 – Пористість шару ґрунту (0-30 см) під впливом хімічної меліорації, %

Зрошення	Варіант досліджу	Роки досліджень				
		2011	2012	2013	2014	2015
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	50,2	50	50,4	50,5	50,8
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	52	51,1	52	52,35	52,31
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	52,41	51,56	52,14	52,76	52,63
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	52,83	51,9	52,02	53	52,9
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	47,28	47	47,2	47,1	47,13
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	49,45	49,43	49,4	49,51	49,48
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	49,98	50,14	50	49,91	49,84
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	50	50,17	50,1	50,2	50,14

При зрошенні цей діапазон трохи вужчий 47,0-47,28 %. При зрошенні за середніми показниками в усі роки досліджень значення пористості орного



шару ґрунту на контрольних ділянках становить 47,14 %, а при відсутності поливів цей показник на 3,24 % більше. Це пояснюється підвищеними відповідними показниками щільності ґрунту. За роками досліджень в умовах зрошення відмічали тенденцію до зменшення пористості, тоді як без зрошення чітку динаміку не спостерігали, тобто значення змінювались хаотично.

Хімічні меліорації (внесення фосфогіпсу) суттєво вплинули на показники пористості ґрунту. Спостерігали покращення показників пористості в усіх варіантах дослідження порівняно з контролем. Найкращим варіантом при відсутності поливів, як і при дослідженні щільності, є варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га. За середніми показниками варіант з внесенням фосфогіпсу нормою 6 т/га більше на 2,15 % у порівнянні з контролем, тоді як при нормах 1,4 та 3 т/га ця різниця становила 1,57 та 1,92 % відповідно. Посушливі роки приводять до зменшення пористості орного шару ґрунту. Найкращі показники пористості ґрунту відмічали у варіантах без зрошення при повторному внесенні фосфогіпсу як хімічного меліоранту у перший рік післядії. Пористість на перший рік післядії при повторному внесенні збільшилась на 0,17-0,35 % у порівнянні з післядією при першому внесенні меліоранту.

Зрошення приводить до зменшення пористості, але по відношенню до контрольних показників різниця дещо більша. За середніми показниками по відношенню до зрошуваного контролю значення пористості змінюються з 2,31 % до 2,98 %, що на 0,74-0,91 % більше у порівнянні з незрошуваними аналогами. Це ще раз підтверджує той факт, що при зрошенні дія фосфогіпсу як хімічного меліоранту на щільність складення ґрунту більш суттєва у порівнянні з незрошуваними варіантами. У порівнянні з незрошуваним варіантом під час поливів найкращим є варіант з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га. За середніми показниками варіант з внесенням фосфогіпсу нормою 3 та 6 т/га більше на 2,83% та 2,98% відповідно у порівнянні з контролем, тоді як при нормі 1,4 т/га ця різниця

становила 2,31 %. Зрошення не привело до кардинальної зміни пористості, за роками досліджень спостерігали ту ж саму тенденцію, що і при відсутності поливів. Найкраще значення пористості спостерігали на перший рік післядії при повторному внесенні фосфогіпсу як хімічного меліоранту, що становило 49,51-50,2 %.

Водопроникність ґрунту за нашими даними (табл.3.12) на контролі без внесення фосфогіпсу більша у варіантах без зрошення, у порівнянні зі зрошуваними.

Таблиця 3.12 – Водопроникність шару ґрунту (0-30 см) під впливом хімічної меліорації, мм/хв.

Зрошення	Варіант досліджу	Роки досліджень				
		2011	2012	2013	2014	2015
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,14	1,97	2,07	2,0	2,15
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	2,48	2,4	2,45	2,5	2,45
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	2,50	2,47	2,5	2,58	2,54
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,51	2,5	2,52	2,6	2,57
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	1,1	1,06	1,14	1,1	1,05
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	1,7	1,5	1,6	1,81	1,8
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	1,73	1,56	1,71	1,89	1,85
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1,79	1,5	1,77	1,90	1,87

За середніми показниками при зрошенні на контролі водопроникність ґрунту становила 1,09 мм/хв., а на незрошуваних варіантах цей показник був на 0,98 мм/хв. більшим.

Внесення фосфогіпсу суттєво вплинуло на підвищення водопроникності ґрунту в усіх варіантах дослідів. При внесенні фосфогіпсу без зрошення відбулося підвищення середніх показників за всі роки досліджень на 2,46-2,54 мм/хв. Збільшення водопроникності відбувалось пропорційно збільшенню норми внесення меліоранту. Це доводить теорію підвищення водопроникності зрошуваних ґрунтів при проведенні хімічної меліорації кальцієвмісними меліорантами при коагулюванні ґрунтових колоїдів катіонами кальцію. У варіантах без зрошення за водопроникністю кращим був варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га зі значенням 2,54 мм/хв. Найкращі показники водопроникності ґрунту відмічали у варіантах без зрошення при повторному внесенні фосфогіпсу як хімічного меліоранту у перший рік післядії. Водопроникність на перший рік післядії при повторному внесенні збільшилась на 0,02-0,1 мм/хв. у порівнянні з післядією при першому внесенні меліоранту.

При хімічній меліорації та проведенні поливів спостерігали зниження показників водопроникності у порівнянні з незрошуваними варіантами. Внесення фосфогіпсу привело до збільшення показників водопроникності за середніми показниками з 1,68 мм/хв. до 1,77 мм/хв., що на 0,59-0,68 мм/хв. більше у порівнянні з контрольними показниками. Як і в варіантах без зрошення водопроникність ґрунту при хімічній меліорації підвищується зі збільшенням норми внесення меліоранту. Найкращі показники водопроникності ґрунту відмічали у варіантах з внесенням меліоранту нормою 3 та 6 т/га при зрошенні, де відбулося підвищення водопроникності на 0,66 та 0,68 мм/хв. по відношенню до контролю. Як і у варіантах без зрошення за роками досліджень кращим виявився перший рік післядії при повторному внесенні - 1,81-1,9 мм/хв. Цей факт говорить про утворення водостійких агрегатів та зменшенні рухомості мулуватих часток при внесенні кальцію з фосфогіпсом. Завдяки цьому збільшується водостійкість ґрунту, підвищується фільтрація, що допомагає вимиванню солей з ґрунту. Оцінка

водопроникності ґрунту за шкалою Н.А.Качинського показала, що внаслідок дії хімічної меліорації вона із задовільної набула статусу доброї [137].

### 3.7 Вплив фосфогіпсу на родючість іригаційно осолонцьованих ґрунтів

Багаторічні дослідження показали, що через 54 роки розорювання цілини (орні землі розташовані у безпосередній близькості від заповідного Степу) чорнозем типовий втратив більше 50 т гумусу на 1 га, що становить приблизно 10 % від вихідного запасу у метровому шарі [178]. Такі втрати гумусу у перші десятиріччя після розорювання чорнозему не є критичними за сучасними мірками, однак ці втрати досить суттєві, оскільки відносяться до найбільш важливого з агрономічної точки зору ґрунтового профілю – орного шару. Встановлено, що родючість орних земель залежить від вмісту гумусу саме у цьому шарі (Гриценко, Heinzle, Dumartin, Лупіна, Едемський) [179].

Процес дегуміфікації ґрунтів відомий вже давно, однак його кількісна оцінка та масштабність досліджуються недавно.

При розорюванні цілинних земель відбувається різка зміна всього біологічного колообігу речовин та гідротермічних режимів в екосистемі, у тому числі різко змінюється біохімічний цикл вуглецю. Перший результат такого впливу на ґрунт - зниження гумусу. Звичайно, за перші роки розорювання вміст гумусу зменшується на 25-50 % від вихідних значень. Наступний гумусовий стан ґрунту залежить від технології і культури землеробства [178].

Проведені розрахунки показали, що за період ведення землеробства (останні 10 тис. років) ґрунтовий покрив світу втратив органічного вуглецю 253 млрд. т, або  $2,53 \cdot 10^{17}$  г за рахунок антропогенного «бедленда», 60 млрд. т, або  $0,6 \cdot 10^{17}$  г за рахунок сучасних орних земель, у цілому 313 млрд. т, або

$3,13 \cdot 10^{17}$  г, що становить 15,8 % від його вихідного запасу 10 тис. років тому [13].

В Україні водні меліорації та агрохімія розвиваються на фоні вже наявних негативних тенденцій у ґрунотворних процесах. Зрошення, як фактор, який змінює екологічну ситуацію степового ландшафту, не може не впливати на гумусний стан ґрунту. За деякими даними, зрошення разом з мінеральними добривами, приводить до підвищення врожаю, що дозволяє збільшити надходження в ґрунт органічних решток і послабити процес дегуміфікації. Інші дослідники говорять про дегуміфікацію ґрунтів [ 110].

Дослідження загального гумусу чорноземів 2-х терас Дону та Західного Манича не дали достовірних даних про зміну гумусу в результаті зрошення, оскільки зрошувані ґрунти характеризувались вмістом гумусу в орному шарі ґрунту того ж порядку (3-5 %), що й незрошувані [35]. На думку дослідників це відбувається тому, що на зрошуваних землях дослідної території фактично не проводили промивний тип водного режиму.

У дисертації Абдель-Мотталиба говориться про зниження вмісту гумусу у верхній частині ґрунтового профілю в результаті його перетікання вниз. Ці дані не були підтверджені фактичними матеріалами, немає чітко сформульованих і науково обґрунтованих закономірностей зміни вмісту гумусу при зрошенні [ 120].

Дослідження на південних чорноземах Одеської області на Нижньо-Дністровській зрошувальній системі показали, що ґрунтовий покрив досить однорідний: переважають карбонатні та некарбонатні чорноземи південні, середньопотужні, малогумусні, важко суглинкові [181]. Ґрунти характеризуються доброю водопроникністю та фільтраційною здатністю. 13-річне зрошення привело до зниження гумусу на 0,7 %. Зрошення і застосування лише мінеральних добрив привело також до зниження гумусу і азоту в орному шарі ґрунту. Внесення органічних добрив у комплексі з мінеральними привело до збільшення гумусу майже на 0,5 % [ 181].

На темно-каштанових ґрунтах після 34-річного зрошення спостерігали помітне зменшення загального азоту та гумусу – від 2 до 15 відсотків [32]. 30-річне зрошення в умовах півдня України викликало підвищення кількості гумусу у верхніх шарах темно-каштанових ґрунтів і незначне його зниження у солонцях. Є дані, що 14-річне зрошення темно-каштанових ґрунтів в Херсонській області практично не вплинуло на стан гумусу та органічної речовини [109].

Аналіз досліджень зрошуваних чорноземів звичайних та південних дає можливість констатувати, що при зрошенні відбуваються наступні зміни: швидке зменшення запасів гумусу в перші роки (2-3 роки) та більш повільніше у наступні роки (це підтверджують дослідження чорноземів, де за 2 роки зрошення в орному шарі гумус знизився на 0,5 %, а за 12 років – на 0,7 %); збільшення фульватності гумусу; зменшення фракції гумінових кислот, які зв'язані з кальцієм; збільшення рухомості гумусових кислот та міграція їх у нижні частини ґрунтового профілю [32].

Запаси гумусу можливо стабілізувати навіть при зрошенні слабо мінералізованими водами при таких меліоративних заходах: проведенням хімічної меліорації, вирощуванням багаторічних трав та зернобобових культур, внесенням органічних та мінеральних добрив [163, 180, 181, 183].

Не дивлячись на негативний вплив поливів існують можливості інтенсивного використання зрошуваних чорноземів без погіршення їх властивостей. У дослідному господарстві в зоні Інгулецького зрошуваного масиву з мінералізацією поливної води 0,6-1,5 г/л та деякі періоди – 3,5 г/л проводили спостереження за органічною частиною ґрунту [180]. На 1 га площі щорічно вносили 98 – 116 кг азоту і 76 – 89 кг фосфору (в перерахунку на діючу речовину), двічі вносили по 3 т гіпсу і по 60 т гною. У перші роки кількість гумусу в орному шарі збільшилась на 0,20 – 0,34 %, у підорному – на 0,27 %. Через 16 років спостерігали уповільнення процесу накопичення гумусу, стабілізацію та вирівнювання його у ґрунті [ 32].

При гіпсуванні відбувається збільшення вмісту кальцію у верхніх горизонтах солонцевих ґрунтів, що приводить до закріплення органічної речовини та накопиченню гумусу. У дослідях Українського науково-дослідного Інституту землеробства НААН України на солонцях протягом 10 років щорічний приріст гумусу в верхньому горизонті склав 1 т/га. Також при гіпсуванні відмічали значне підвищення кількості загального гумусу та зменшення водорозчинного гумусу.

Дослідження Заяц О.М. показали, що за 6 років спостерігали значне підвищення гумусу у варіантах з внесенням гіпсу повними та половинними дозами. Кількість водорозчинного гумусу, навпаки значно зменшилась.

За даними Козаченко О.І. та Поліщука С.В. на другий рік післядії при внесенні фосфогіпсу нормою 5 т/га відбувається підвищення гумусу на 0,19 % у порівнянні з контролем.

Наші дослідження зміни гумусу в орному шарі ґрунту за роки досліджень підтвердили теорію зменшення органічної частини ґрунту при зрошенні у порівнянні з незрошуваними варіантами (табл. 3.13).

За середніми показниками при зрошенні гумусу спостерігалось на 0,2 % менше у порівнянні з незрошуваним варіантом.

Внесення фосфогіпсу у якості хімічного меліоранту суттєво підвищило вміст гумусу у ґрунті. Не дивлячись на досить стабільні значення гумусу, його вміст при хімічній меліорації за середніми показниками підвищився на 0,24 % у варіантах без зрошення, та на 0,34 % у варіантах зі зрошенням. Отримані дані показують більш позитивну дію зрошення з внесенням фосфогіпсу на органічну частину у порівнянні з варіантами без хімічної меліорації при зрошенні.

Зміна норми внесення меліоранту вплинула на динаміку органічної частини ґрунту на дослідній території. Кількість гумусу збільшувалась при збільшенні норми внесення фосфогіпсу як у варіантах зі зрошенням, так і без нього.

Таблиця 3.13 - Зміна показників гумусу в орному шарі (0-30см) залежно від норми фосфогіпсу та зрошення за роки досліджень, %

Зрошення	Варіант досліджу	Роки досліджень				
		2011	2012	2013	2014	2015
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,32	2,30	2,34	2,37	2,34
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	2,45	2,47	2,45	2,6	2,62
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	2,48	2,50	2,5	2,67	2,69
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,54	2,57	2,57	2,71	2,75
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,15	2,12	2,13	2,14	2,13
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	2,40	2,41	2,39	2,43	2,47
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	2,46	2,46	2,45	2,50	2,54
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,49	2,5	2,49	2,56	2,59

За середніми показниками в усі роки досліджень при зрошенні значення гумусу змінювалось з 2,42 % до 2,53 %, без зрошення ці показники знаходились в межах 2,52 – 2,63 %.

У варіантах без зрошення на другий рік післядії значення гумусу дещо підвищились: з 2,45 до 2,47 % при нормі внесення фосфогіпсу 1,4 т/га, при нормі 6 т/га – з 2,54 до 2,57 %. На третій рік післядії значення для норми



1,4 т/га почали знижуватися до 2,45, тоді як для норми 3 та 6 т/га показники не змінились у порівнянні з другим роком післядії. Найбільші значення гумусу відмічали при повторному внесенні фосфогіпсу на другий рік післядії: 2,62–2,75 %. У дослідях без зрошення найкращим з відновлення органічної частини виявився варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

При зрошенні варіанти з внесенням фосфогіпсу за абсолютним показникам мають менші значення, але по відношенню до контрольних показників приріст гумусу відмічали значно більший. При зрошенні на другий рік післядії значення гумусу підвищується, але не настільки як у варіантах без зрошення: з 2,40 до 2,41 % при нормі внесення фосфогіпсу 1,4 т/га, а при нормі 6 т/га – з 2,49 до 2,50 %. Це пояснюється неможливістю відтворити меліорантом ту частину гумусу, яка була втрачена при зрошенні, але показує процеси поступового гальмування дегуміфікації. Найменші значення гумусу відмічали на третій рік післядії. Для норми 1,4 т/га значення знизились до 2,39 %, а для норми 6 т/га – до 2,49 %. Найбільші значення гумусу, як і в варіантах без зрошення, відмічали при повторному внесенні фосфогіпсу на другий рік післядії (2,47–2,59 %). При зрошенні найкращими з відновлення органічної частини виявились варіанти з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га та восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

Фосфогіпс як хімічний меліорант підвищує продуктивність сільськогосподарських культур, що приводить до збільшення корневих залишків та показників родючості ґрунту, а саме гумусу. Ця зміна говорить про сповільнення процесів дегуміфікації чорноземів звичайних при зрошенні. Найкращими з відновлення органічної частини у порівнянні з контролем були варіанти зі зрошенням. При зрошенні виявили варіанти з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га (підвищення гумусу на 0,35 %) та восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га (підвищення гумусу на 0,39 %). У дослідях без зрошення у порівнянні з контролем

найкращим з відновлення органічної частини виявився варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га (підвищення гумусу на 0,29 %).

### 3.8 Контроль за зміною складу шкідливих хімічних елементів дослідного ґрунту після проведення хімічної меліорації

Фосфогіпс – відхід виробництва ортофосфорної кислоти та є найбільш розповсюдженим кальцієвмісним меліорантом на солонцюватих землях. У відвалах різних підприємств знаходиться близько 90 тис. т фосфогіпсу. На сьогоднішній час утилізація фосфогіпсу не перевищує 5 % від загальних запасів. Цей меліорант має у своєму складі кальцій, що покращує структурний стан ґрунту та зменшує ознаки солонцюватості. Наявність сірки у складі фосфогіпсу сприяє задоволенню потреб у цьому елементі сільськогосподарських рослин при внесенні нормою 2-4 ц/га. Поряд з позитивними елементами фосфогіпс несе з собою багато домішок, деякі концентрації яких негативно впливають на рослини, живі організми та здоров'я людини.

Сьогодні не встановлено стандартної моделі оцінки впливу елементів фосфогіпсу на якість ґрунтів та хімічний склад рослин. Дана система оцінки повинна носити регіональний характер, враховувати біологічні особливості рослин у потребі елементів живлення та їх толерантність до джерела забруднення.

Для визначення впливу хімічної меліорації фосфогіпсом на ґрунт дослідної ділянки було проведено аналіз складу його елементів (табл.3.14).

Таблиця 3.14 – Хімічний склад дослідного ґрунту після проведення меліорації фосфогіпсом

Хімічний елемент		Вміст елементу у ґрунті		Гранично допустима концентрація хімічних речовин у ґрунті
формула	назва	мг/кг	%	мг/кг
Ba	барій	50	7,69	-
Be	берилій	0,1	0,02	10
P	фосфор	50	7,69	-
Cr	хром	7	1,08	6
Pb	свинець	1,5	0,23	20
Sn	олово	0,3	0,05	50
Ga	галій	1	0,15	10
Ni	нікель	5	0,77	50
Y	ітрій	2	0,31	-
Yb	ітербій	0,2	0,03	-
Zn	цинк	5	0,77	23
Zr	цирконій	30	4,61	300
Co	кобальт	1,5	0,23	50
Ti	титан	200	30,77	5000
Cu	мідь	2	0,31	3
V	ванадій	7	1,08	15
Ge	германій	0,15	0,02	-
Mo	молібден	0,15	0,02	5
Li	літій	1,5	0,23	-
La	лантан	2	0,31	-
Sr	стронцій	10	1,54	-
Mn	марганець	70	10,77	140
Bi	бісмут	0,1	0,02	-
Nb	ніобій	1,5	0,23	-
Ag	срібло	2	0,31	-
Ca	кальцій	57,18	8,80	-
Cd	кадмій	10	1,54	3
Fe	залізо	1	0,15	-
Mg	магній	19,08	2,94	-
Na	натрій	112,8	17,35	-

Усі рухомі шкідливі метали, які внесли з фосфогіпсом (свинець, нікель, алюміній) у ґрунті дослідної ділянка не виявились вище ГДК, що

говорить про перехід цих елементів у валову (нерозчинну) форму. Негативного впливу на подальше вирощування сільськогосподарських культур вини не мають.

За даними аналізу ґрунту спостерігається деяке підвищення хрому по відношенню до ГДК. Хром може бути у ґрунті у вигляді різних форм та сполук, що характеризує його активність. Зустрічаються дві форми Cr (III) та дві форми Cr (VI) [184]. Адсорбційна здатність хрому залежить від значення рН, кількості гумусу, оксидів заліза та марганцю [185].

Розподіл хрому іноді порівнюють з розподілом ванадію [35]: для мулистій фракції поймених ґрунтів співвідношення хрому-ванадію більше одиниці, а для чорноземної частини це співвідношення рівне одиниці, що підтверджує наші данні.

За небезпекою хімічних речовин у ґрунті (даними ГДК) визначали з індексу токсичності (33,6), що відповідає IV класу - малонебезпечні. Радіаційний фон ґрунту після проведення хімічної меліорації становив 11 мкР/год (норма 12 мкР/год.).

Проведення хімічної меліорацій фосфогіпсом не відобразилось накопиченням рухомих елементів важких металів та підвищенням радіаційного фону у дослідному ґрунті, що підтверджує екологічність застосування фосфогіпсу запропонованими нормами.

Висновки до розділу 3:

1. Фосфогіпс з Дніпровського заводу мінеральних добрив (м. Кам'янське) за даними лабораторних досліджень відноситься до першого класу, що використовують для сільського господарства, де всі додаткові домішки знаходяться в межах гранично допустимих концентрацій.

2. Виходячи з фізико-хімічних властивостей ґрунту дослідної ділянки та наведених розрахункових формул визначення норм внесення фосфогіпсу було встановлено наступні норми: 1,4 т/га - за вмістом обмінного натрію та за небезпекою осолонцювання при поливі водою II класу; 3 т/га - за методом допоглинання; 6 т/га - за коагуляційно-пептизаційним методом.

Одна з встановлених норм співпала з рекомендованою агрономічною нормою (6 т/га), та жодна з них не перевищила екологічно безпечну норму (153 т/га).

3. На дослідних ділянках за аніонним складом у варіантах з внесенням фосфогіпсу при зрошенні та без нього спостерігали сульфатний тип засолення. На контролі без внесення меліоранту та без зрошення спостерігали содово-сульфатний тип засолення у 2011 році, та хлоридно-сульфатний у 2014 році. За катіонним складом на початку досліджень за всіма варіантами досліду був натрієвий тип засолення, а далі він змінювався на натрієво-кальцієвий та кальцієво-натрієвий хімічний тип засолення.

4. Виходячи з «сумарного ефекту» токсичних іонів, ступінь засолення дослідних ділянок характеризувався, як середньо засолений, далі поступово змінювався на слабо засолений тип (варіанти з внесенням фосфогіпсу нормою 3 та 6 т/га зі зрошенням).

5. Реакція ґрунтового розчину при проведенні хімічної меліорації була близька до нейтральної – 6,7– 7,9.

6. За середніми показниками співвідношення катіонів натрію до кальцію найкращими виявились результати з внесенням фосфогіпсу нормою 3 та 6 т/га при зрошенні.

7. Проведення хімічної меліорації фосфогіпсом для запобігання осолонцювання чорнозему звичайного привело до покращення показників ґрунтового вбирного комплексу. Кращі результати витіснення обмінного натрію спостерігали при внесенні фосфогіпсу нормою розрахованою за межею коагуляції (6 т/га) без зрошення. При зрошенні кращим виявився результат при внесенні фосфогіпсу за нормою допоглинання (3 т/га). Для співвідношень обмінних кальцію до магнію кращим виявився варіант з внесенням фосфогіпсу нормою 6 т/га без зрошення. Залежність відсотка обмінного натрію у ґрунтовому поглинаючому комплексі від співвідношення

$\frac{Na}{Ca}$  водної витяжки описується рівнянням  $y^{0.5} = a + b \cdot \ln x$ .

8. Фосфогіпс покращив гранулометричний склад ґрунту дослідної ділянки, хоча відбулося деяке ущільнення підорного шару ґрунту.

9. На показники щільності найкраще вплинуло внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га та внесення під культивуацію навесні нормою 3 т/га.

10. Оцінка водопроникності за шкалою Н.А. Качинського показала, що внаслідок дії хімічної меліорації вона із задовільної набула статусу доброї. За роками досліджень про зрошенні іде тенденція до зменшення пористості, тоді як без зрошення чітка динаміка не спостерігається: значення змінюються хаотично. Найкращі показники водопроникності ґрунту відмічали у варіантах з внесенням меліоранту нормою 3 та 6 т/га при зрошенні. За цих умов відбулося підвищення водопроникності на 0,66 та 0,68 мм/хв по відношенню до контролю.

11. У дослідях без зрошення у порівнянні з контролем найкращим з відновлення органічної частини виявився варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га (підвищення гумусу на 0,29 %). При зрошенні найкращими з відновлення органічної частини виявили варіанти з внесенням фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га та восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

12. За небезпекою хімічних речовин у ґрунті (даними ГДК) визначали з індексу токсичності (33,6), що відповідає IV класу - малонебезпечні. Радіаційний фон ґрунту після проведення хімічної меліорації становив 11 мкР/год (норма 12 мкР/год). Це підтверджує екологічність застосування фосфогіпсу запропонованими нормами внесення.

## РОЗДІЛ 4

### ВПЛИВ ФОСФОГІПСУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Зважаючи на кліматичні умови Степу України, де щорічні атмосферні опади складають 300-450 мм ведення продуктивного сільського господарства пов'язано зі зрошенням. Близько 35 %, а іноді й 50 % вологи втрачається в основному на фізичне випаровування, поверхневий і підземний стік, а для формування врожаю при оптимальній агротехніці залишається лише 200-300 мм продуктивної вологи [26, 29]. При втратах 10 мм опадів на 0,1 т зерна можлива урожайність становить 2-3 т/га, що підтверджується багаторічними даними [29].

Кліматичні умови приводять до обмеження вирощування вологолюбних культур. Заходи «сухих» меліорацій у степових районах (снігозатримання, насадження лісосмуг, внесення добрив, щілювання та ін.) не можуть повністю ліквідувати різкі коливання урожайності за роками. Лише зрошення може гарантувати високі та стійкі врожаї у посушливі періоди.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва за рахунок зрошення можлива лише за високої загальної культури землеробства [189]. Дослідження ролі комплексу й оптимізації факторів у підвищенні ефективності зрошеного землеробства дозволили зробити висновок, що на зрошуваних землях вирішальне значення у формуванні високих врожаїв завдяки водному фактору не достатньо, тому необхідно враховувати роль комплексу агротехнічних та інших засобів, що найповніше враховують в інтенсивних технологіях і при програмуванні врожаїв сільськогосподарських культур [190].

За даними УкрНДІЗЗ (Остапов В.І., Собко А.А.), встановлено питому частку основних агротехнічних засобів у формуванні продуктивності рослин

на зрошуваних землях: попередник (сівозміна) – 15 %; обробіток ґрунту, догляд за посівами – 10 %; добрива – 35 %; сорт, гібрид – 25%; боротьба зі шкідниками і хворобами рослин – 15 % [29].

За результатами польових досліджень одержали врожаї кукурудзи на зерно з дотриманням усіх агроприйомів без зрошення і внесенням мінеральних добрив – 2,99 т/га, при застосуванні добрив без зрошення – 4,63 т/га, при зрошенні без добрив – 5,06 т/га, а при поєднанні зрошення з необхідною кількістю добрив – 9,14 т/га [29]. Тобто приріст врожаю зерна кукурудзи від внесення добрив становив 50 %, а від зрошення – 70 %. Від зрошення в поєднанні з удобренням цей показник становив більше 200 %.

За результатами досліджень на чорноземах звичайних урожайність зернових культур без зрошення становила 1,9-2,7 т/га, а при зрошенні – 3,5-4,5 т/га. Найбільший приріст врожаю отримали при зрошенні каштанових та світло-каштанових ґрунтів, а саме: збільшення врожаю зерна на 2,5-4,0 т/га у порівнянні з незрошуваними аналогами [26]. Навіть на солонцях урожайність зернових культур збільшилась з 1,3-1,6 т/га на незрошуваних ґрунтах, до 2,8-4,5 т/га при зрошенні [29].

У дослідях, де визначали солестійкість пшениці озимої, було встановлено, що кількість врожаю залежить від ступеня засолення шару ґрунту 0–40 см [191]. Засолення більш глибоких шарів (40-100 см) ґрунту майже не вплинуло на розмір врожайності зерна. На врожай пшениці озимої вплинула інтенсивність нагромадження солей в осінньо-зимовий період. Зниження врожайності під впливом засолення ґрунту відбувається в результаті ослаблення росту рослин, зменшення довжини колоса та абсолютної ваги зерна.

Втрата врожайності середньосолестійких культур (ячмінь, пшениця, кукурудза, просо) при рівні засолення водної витяжки 0,3-0,4 % становить 0-20 % від втрати врожаю. При збільшенні концентрації засолення водної витяжки до 0,40-0,50 % втрата врожаю становить 20-50%. Сильносолестійкі культури (цукровий буряк, кормові коренеплоди, кавун) починають втрачати



врожайність до 20 % при рівні засоленості орного шару водної витяжки 0,40-0,50 %; при концентрації солей 0,50-0,70 % відбувається втрата врожаю до 20-50 % [13].

Інші дослідження показали, що при використанні зрошувальної води I класу придатності за високої культури землеробства на вилучених зі зрошення землях врожайність можливо підвищити на 10-20 % у порівнянні з незрошуваними варіантами [39].

Для запобігання негативного впливу осолонцювання (вилуговування ґрунтів) на урожайність вирощуваних культур проводять хімічну меліорацію кальцієвмісними меліорантами. Облік урожаїв сільськогосподарських культур при післядії зрошення мінералізованою водою в цілому добре узгоджується з післядією комплексу агроприйомів та фізико-хімічними властивостями ґрунту. Продуктивність сільськогосподарських рослин після внесення меліорантів та добрив спостерігається протягом 6 років при внесенні фосфогіпсу, а післядія фосфогіпсу і добрив не менше 7 років, оскільки в ґрунті ще залишається деяка кількість поживних елементів, і тривають процеси розсолонцювання [192]. Найбільша прибавка врожаю по відношенню до контрольних показників була при післядії зрошення фосфогіпсом і добрив. Прибавка врожаю насіння соняшнику в 1-й рік післядії склала 2,63 т/га (134,8 %), кукурудзи на зерно в 3-й рік післядії – 4,94 т/га (91,5 %), надземної маси гірчиці на 6-й рік післядії – 3,3 т/га (56 %), зерна озимої пшениці на 7-й рік післядії – 0,84 т/га (19 %), соломи пшениці озимої 10,05 т/га (11,5%) [193].

Результати досліджень показали, що на солонцюватих чорноземах внесення гіпсу, навіть невеликими нормами (3-4 т/га), протягом багатьох років повністю не було використано, хоча урожайність при цьому підвищилась [194]. Усунення негативних властивостей солонцевих чорноземів (підвищена лужність, погані фізичні властивості ґрунту, порушення в надходженні поживних елементів до рослин та ін.) приводять до розвитку фітобіологічних процесів підвищення ефективної родючості.

Згідно діючих рекомендацій, гіпсування сприяє підвищенню врожаю зернових культур на 0,4–0,7 т/га, цукрових буряків на 3,0-7,0 т/га, продуктивність природних кормових угідь на 0,8-1,0 т/га [23].

Багаторічними дослідженнями провідних наукових установ НААН України доведено, що внаслідок гіпсування солонцевих ґрунтів врожайність зернових культур у зоні Лісостепу підвищується на 0,4-0,8 т/га, цукрових буряків на 3,0-7,0 т/га. В зоні посушливого Степу урожайність зернових культур підвищується на 0,24 т/га. При рядковому внесенні гіпсу по 0,2-0,4 т/га на слабо- і середньосолонцюватих ґрунтах середній приріст урожаю зернових культур досягає 0,2-0,3, а цукрових буряків – 2,7-4,0 т/га. Внесення гіпсу в рядки малими нормами зменшує лужність ґрунтового розчину в прикореневому шарі і поліпшує умови живлення рослин та життєдіяльність корисних мікроорганізмів в ґрунті [195].

Внесення фосфогіпсу у якості хімічного меліоранту під пшеницю озиму по пласту люцерни суттєво не вплинуло на врожайність. Урожайність зерна пшениці озимої на контролі була 4,6-4,8 т/га, а з меліорантом – 4,6-4,9 т/га [196]. Дослідники пояснюють це тим, що в умовах зрошення люцерна є фітомеліорантом. На другий та третій рік післядії відмічали чітку тенденцію до збільшення врожаю. Приріст урожаю кукурудзи в порівнянні з контрольними показниками становив 0,8-0,9 т/га [196].

Інші дослідження показали приріст урожаю зерна проса при внесенні гіпсу на чорнозем звичайний слабосолонцевий при нормі 1 т/га восени під культивування – 0,19 т/га. Внесення гіпсу нормою 4 ц/га навесні під культивування привело до збільшення врожайності проса на 14,8 % по відношенню до контролю [197]. Приріст урожаю качанів кукурудзи на другий рік післядії гіпсу склав 9,1-13,1 %, а стебла – 8,1-9,6 %. При цьому норма гіпсу 1 т/га та 0,4 т/га дали більшу прибавку урожаю качанів кукурудзи (0,40 та 0,38 т/га), ніж норма 0,3 т/га (0,28 т/га).

У прямій дії хімічної меліорації на чорноземах південних найбільший приріст урожайності зерна ячменю ярого отримали у варіантах з внесенням

фосфогіпсу нормою 24 т/га – 0,77 т/га, що на 122,8 % більше контрольних показників [3]. У післядії першого року спостережень кращим виявився варіант з внесенням фосфогіпсу нормою 36 т/га, де приріст врожайності кукурудзи склав 7,50 т/га. Потрійна норма фосфогіпсу сприяла отриманню найвищої врожайності кукурудзи і на другий рік післядії.

Дослідженнями з внесення гіпсу різними розрахунковими нормами встановлено, що внесення гіпсу по увібраному натрію (норма 4 т/га) збільшило урожай пшениці озимої тільки на 0,23 т/га, а при внесенні за порогом коагуляції (20 т/га) приріст склав 1,42 ц/га [143].

Аналіз даних досліджень впливу зрошення, хімічної меліорації фосфогіпсом та обробітку ґрунту показав, що на врожайність впливає внесення меліоранту - 52,1 %, на 32,2 % - фактор зрошення та на 7,3 % впливає обробіток ґрунту [161].

Наші дослідження виявили суттєве підвищення урожайності культур за всі роки досліджень у порівнянні з контролем (табл.4.1, додаток Е) [198]. Урожайність пшениці озимої у варіантах без внесення фосфогіпсу та зрошення в різні роки склала 3,8-4,2 т/га, тоді як у варіантах зі зрошенням урожайність підвищились до 4,44-4,83 т/га (збільшення на 16%). Внесення фосфогіпсу у варіантах без зрошення підвищило урожайність пшениці озимої до 3,97-4,41 т/га (збільшення на 5 %). Урожайність ячменю ярого в незрошуваних умовах при хімічній меліорації фосфогіпсом підвищилась з 2,7 т/га на контролі до 2,91 т/га при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га (збільшення на 7 %). Кукурудза на зерно показала підвищення урожайності при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га без зрошення до 5,27 т/га (підвищення на 0,54 одиниць). Найнижча урожайність при хімічній меліорації без зрошення у варіантах з внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га, де максимальна урожайність пшениці озимої склала 4,3 т/га при повторному внесенні на другий рік післядії.

Таблиця 4.1 – Вплив хімічної меліорації на урожайність сільськогосподарських культур (2011-2015 рр.)

Зрошення,	Варіант досліджу	Урожайність с.-г. культур, ц/га / рік дослідження				
		ячмінь яровий / 2011 рік	пшениця озима / 2012 рік	пшениця озима / 2013 рік	кукурудза на зерно / 2014 рік	пшениця озима / 2015 рік
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,7	3,8	4,1	5,0	4,2
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	2,82	3,88	4,15	5,2	4,3
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	2,87	3,9	4,17	5,22	4,37
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,91	3,97	4,25	5,27	4,41
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	3,29	4,44	4,58	6,54	4,83
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	3,52	4,52	4,64	6,91	4,94
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	3,6	4,65	4,74	7,0	5,19
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	3,69	4,79	4,78	7,08	5,2

Максимальну урожайність без зрошення при хімічній меліорації отримали при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га в усіх варіантах вирощуваних сільськогосподарських культур.

Аналіз факторів, які вплинули на урожайність сільськогосподарських культур в роки досліджень проводили виходячи з кругової діаграми (рис. 4.1). Ця діаграма показує діапазон значень урожайності у загальній

складовій, де можна побачити відсоток розподілу урожайності залежно відповідного фактору.

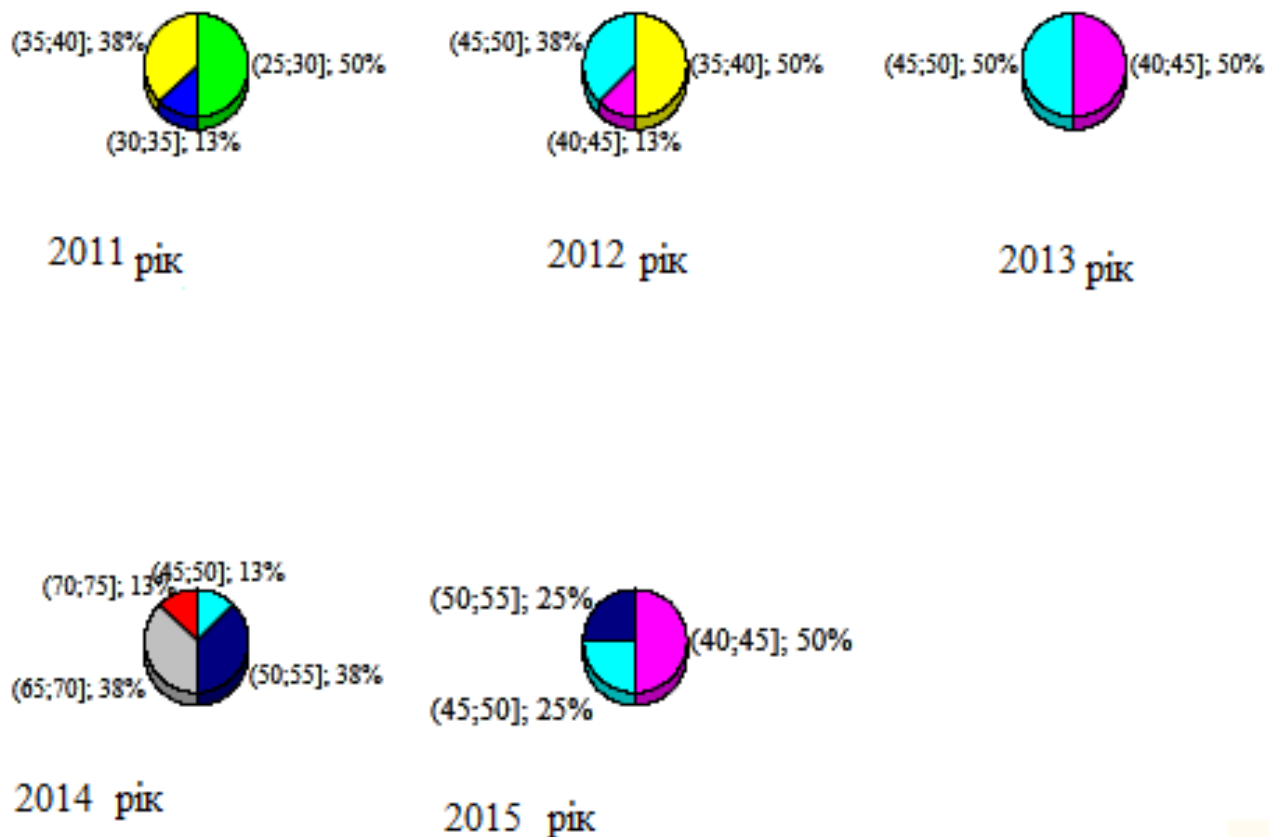


Рисунок 4.1 – Відсоткова частка розподілу урожайності сільськогосподарських культур (середнє за 2011-2015 рр.)

У 2011 та 2012 роках досліджень отримано аналітичну картину розподілу урожайності, де 50 % урожайності розподіляли усі варіанти з внесенням фосфогіпсу та без зрошення, 13 % - варіант зі зрошенням без внесення меліоранту та 38 % - варіанти зі зрошенням та внесенням фосфогіпсу усіма розрахунковими нормами. 2013 рік розподілився лише на дві складові: 50 % - варіанти з внесенням фосфогіпсу усіма нормами та без зрошення, 50 % - варіанти зі зрошенням та внесенням меліоранту усіма розрахунковими нормами.

Повторне внесення фосфогіпсу у якості хімічного меліоранту (2014 рік) привело до більш строкатого розподілу відсотків за частками урожайності (рис. 4.1): 38 % - варіанти з внесенням фосфогіпсу усіма нормами та без

зрошення; 13 % - контрольна ділянка без зрошення та без фосфогіпсу; 13 % - варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га; 38 % - варіанти зі зрошенням та внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 та 3 т/га.

У 2015 році 50 % розподілу урожайності було віднесено до варіантів з внесенням фосфогіпсу усіма нормами та без зрошення. Варіанти зі зрошенням розподілились на 25% - варіанти зі зрошенням та внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 та 3 т/га та 25 % - варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га. Таким чином, варіанти з внесенням фосфогіпсу без зрошення не поступаються у відсотковому розподілі урожайності варіантам з меліорантом та зрошенням. При зрошенні більшу перевагу у розподілі урожайності за відповідними роками набуває варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

Аналіз дисперсного розрахунку (табл.4.2) показав достовірну найменшу істотну різницю між контролем середніх (головних) ефектів та часткових відмінностей, що говорить про достовірність збільшення врожаю як від зрошення, так і від внесення меліоранту.

Найбільший приріст урожайності (рис. 4.2) у варіантах без зрошення спостерігали на перший рік післядії при повторному внесенні фосфогіпсу (2014 р.).

Приріст урожайності кукурудзи на зерно без зрошення при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га склав 0,27 т/га. Інші сільськогосподарські культури показали високі значення приросту урожайності при нормі внесення фосфогіпсу 6 т/га: ячмінь ярий – 0,21 т/га, пшениця озима – 0,17-0,21 т/га. Найнижчі показники приросту відмічали при внесенні фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га: ячмінь ярий – 0,12 т/га, пшениця озима – 0,1-0,05 т/га, кукурудза на зерно – 0,2 т/га. Отже, без зрошення найбільший приріст врожаю відбувається при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

Таблиця 4.2 - Урожайність пшениці озимої за 3 роки досліджень

Варіанти досліджу		Пшениця озима		
Фактор А	Фактор В	показник урожайності, ц/га	середній показник за факторами, ц/га	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,39)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,48)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	4,03	4,12	4,32
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	4,11		4,40
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	4,15		4,50
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	4,21		4,57
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	4,62	4,77	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	4,70		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	4,86		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	4,92		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,078 т/га	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,068 т/га	
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,039 т/га	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,048 т/га	

Зрошення підвищує інтенсифікацію землеробства, але, як показали наші дослідження, не на осолонцьованих ґрунтах (табл.4.1). При зрошенні урожайність ячменю ярого підвищилась на 0,59 т/га, кукурудзи на зерно - на 1,54 т/га у порівнянні з незрошуваним контролем.

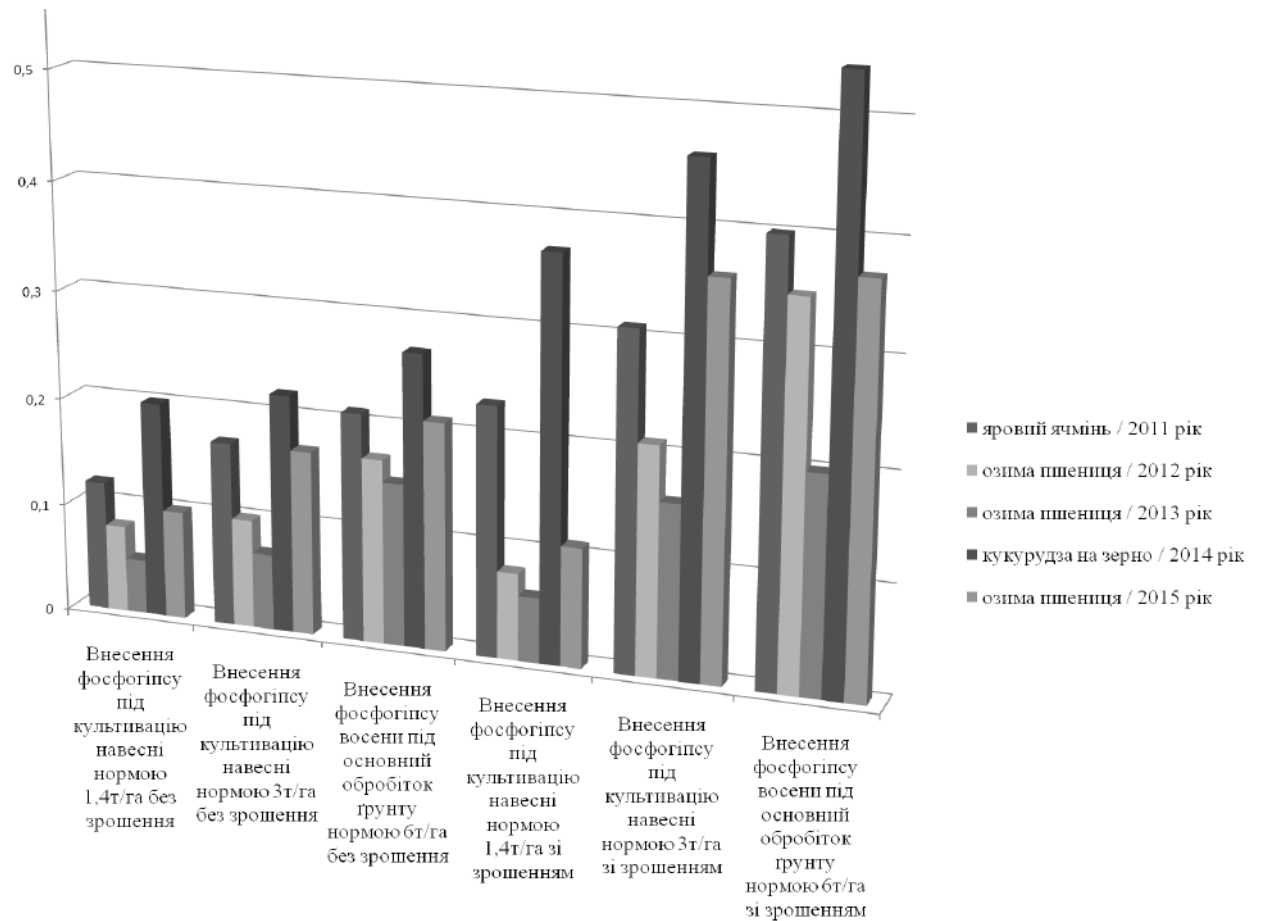


Рисунок 4.2 - Приріст урожайності сільськогосподарських культур по відношенню до контролю, т/га (середнє за 2011-2015 рр.)

Внесення фосфогіпсу зі зрошення підвищувало урожайність пшениці озимої до 4,78-5,20 т/га (збільшення на 4-7 % по відношенню до контролю). Урожайність ячменю ярого в зрошуваних умовах при хімічній меліорації фосфогіпсом підвищилась з 3,29 т/га на контролі до 3,69 т/га при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га (збільшення на 10,8 %). Найнижчу урожайність при хімічній меліорації зі зрошенням виявили у варіантах з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га, де максимальна урожайність пшениці озимої склала 4,94 т/га при повторному внесенні на другий рік післядії. Якщо у варіантах без зрошення значення урожайності пшениці озимої при хімічній меліорації строкато відрізняються між собою (2012 та 2013 роки спостереження), то при



зрошенні ці показники дещо згладжуються за рахунок кращого розчинення залишків меліоранту та засвоєння поживних елементів рослинами.

Зрошення збільшило приріст врожайності (рис.4.2) у перший рік післядії при першому та другому внесенні меліоранту у порівнянні з приростом без зрошення: збільшення урожайності ячменю ярого без зрошення становило 0,12 т/га, а при зрошенні – 0,23 т/га. Приріст урожайності кукурудзи на зерно при зрошенні при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га склав 0,54 т/га, що на 50 % більше незрошеного аналога.

При зрошенні внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га не привело до суттєвих підвищень врожаю пшениці озимої у порівнянні з незрошуваними варіантами. Приріст урожайності для цього варіанту на другий рік післядії меліоранту склав 0,08 т/га, як і у варіанті без зрошення. При повторному внесенні меліоранту на другий рік післядії зрошення підвищило врожай пшениці озимої у порівнянні з незрошуваним варіантом на 10 %. На третій рік післядії внесення меліоранту підвищився приріст урожайності у порівнянні з незрошуваним аналогом до 0,06 т/га (збільшення на 17 %). Приріст урожайності пшениці озимої при нормах 3 та 6 т/га в умовах зрошення суттєво відрізняється лише на другий рік післядії – 40 % (0,14 т/га), тоді як при повторному внесенні ця різниця склала лише 3 % (0,01 т/га). Таким чином, при зрошенні максимальний приріст врожаю відмічали при внесенні фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га та восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

За допомогою програмного комплексу Ексел виявили закономірність залежності (рис.4.3) відсотку вмісту обмінного натрію у ґрунтового вбирному комплексі від зміни врожайності пшениці за роками досліджень.

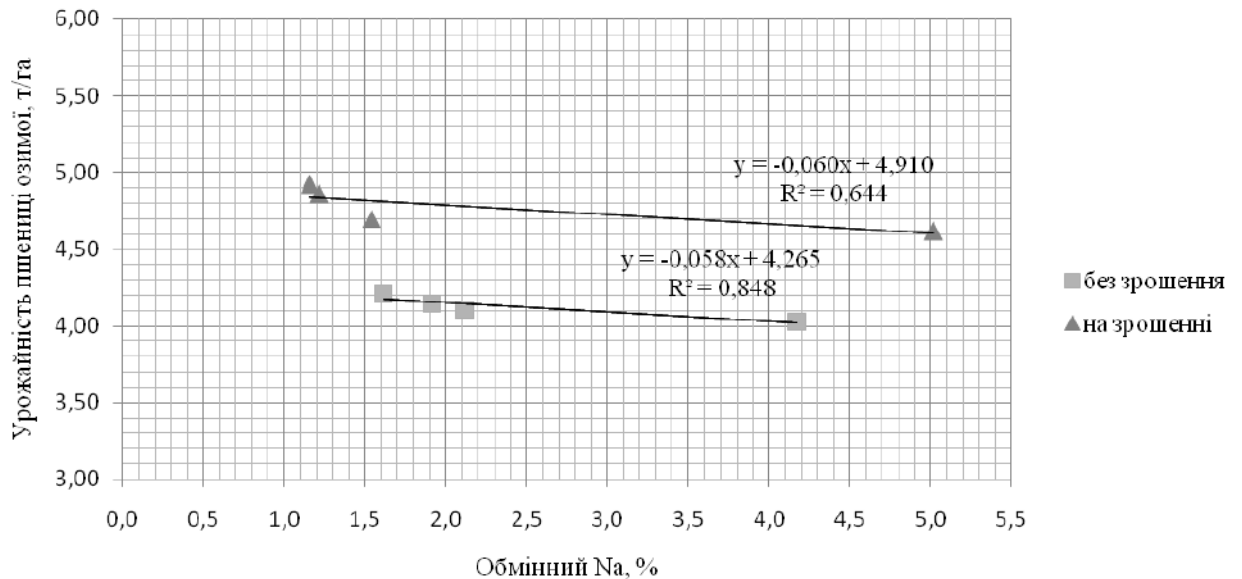


Рисунок 4.3 – Лінія тренда зміни врожайності пшениці від кількості обмінного натрію

Зміна врожайності пшениці озимої від кількості обмінного натрію (рис.4. 3) описується для умов зрошення рівнянням  $y = -0,6075x + 49,104$ ;  $R^2 = 0,6441$  та для незрошуваних варіантів –  $y = -0,5826x + 42,658$ ;  $R^2 = 0,8489$ , де  $x$  - кількості обмінного натрію, %;  $y$  - урожайності пшениці озимої, т/га. Це рівняння дає можливість спрогнозувати врожайність пшениці в залежності від відсоткового вмісту обмінного натрію в ґрунті.

Дослідженнями встановлено, що варіанти з внесенням фосфогіпсу без зрошення не поступаються у відсотковому розподілі врожайності у зрошуваних варіантах. При зрошенні більшу перевагу в розподілі врожайності по роках набув варіант з внесенням фосфогіпсу навесні та восени. Максимальний приріст урожайності в цих умовах відзначали з внесенням фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га та восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га. Це пояснюється надходженням рухомого фосфору та кращим засвоєнням поживних речовин рослинами за рахунок зрошення й поліпшення фізичних та фізико-хімічних властивостей ґрунту фосфогіпсом

#### Висновки до розділу 4:

1. Варіанти з внесенням фосфогіпсу без зрошення не поступаються у відсотковому розподілі урожайності варіантам зі зрошенням. При зрошенні більшу перевагу у розподілі урожайності за відповідними роками набуває варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

2. При зрошенні максимальний приріст врожайності відмічали з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га та восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

3. Без зрошення максимальний приріст врожайності відмічали при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

4. Зміна врожайності пшениці озимої від кількості обмінного натрію описується для умов зрошення рівнянням  $y = -0,6075x + 49,104$ ;  $R^2 = 0,6441$  та для незрошуваних варіантів –  $y = -0,5826x + 42,658$ ;  $R^2 = 0,8489$ , де  $x$  - кількості обмінного натрію, %;  $y$  - урожайності пшениці озимої, т/га.

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ХІМІЧНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ

Для виведення аграрного сектору економіки України на конкурентний європейський ринок необхідно підвищувати ефективність сільськогосподарського виробництва. При розгляданні цього питання виникає два терміни – ефект та ефективність виробництва [199, 200]. Ефект є результатом будь-яких дій. Ефект виробництва показує конкретний приріст продукції, але не відображає ціну ресурсів, які було витрачено на її отримання. Тобто, однакові ефекти можливо отримати з різним ступенем використання ресурсів та подібні ресурси можуть дати різний ефект [201]. При використанні фосфогіпсу у якості хімічного меліоранту ефект – це підвищення врожайності сільськогосподарських культур, а ефективність застосування заходу поліпшення продуктивності солонцюватих ґрунтів – порівняння ефекту з витратами, що дали можливість його отримати. Українські економісти кінця ХХ ст. вважали, що ефективність – це досягнення найбільших результатів з найменшими витратами [202].

Сучасні умови ведення ефективного виробництва у сільському господарстві вимагають від аграрного сектору більш ефективного використання ресурсного потенціалу, особливо землі. Дефіцит ресурсів або погана їх якість суттєво впливають на ефективність сільського господарства. За цієї причини ефективність розглядається як ступінь використання ресурсного потенціалу [203].

Зрошення є основним заходом інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, що підтверджуються чисельними дослідженнями. Зрошення втрачає свій вплив в умовах іригаційного осолонцювання ґрунтів, де в середньому врожайності знижуються на 40-50 %. Хімічна меліорація приводить до підвищення врожайності сільськогосподарських культур до 40 % з паралельним поліпшенням фізико-хімічних властивостей та родючості

ґрунтів, що дає можливість отримати високі врожаї в умовах іригаційного осолонцювання для виробництва населенню необхідних продуктів, ефективного економічного розвитку країни та відтворення основного ресурсного потенціалу – ґрунтів [203].

У наших дослідях при внесенні фосфогіпсу як хімічного меліоранту урожайність сільськогосподарських культур збільшувалась при збільшенні норми внесення (рис.5.1 та 5.2).

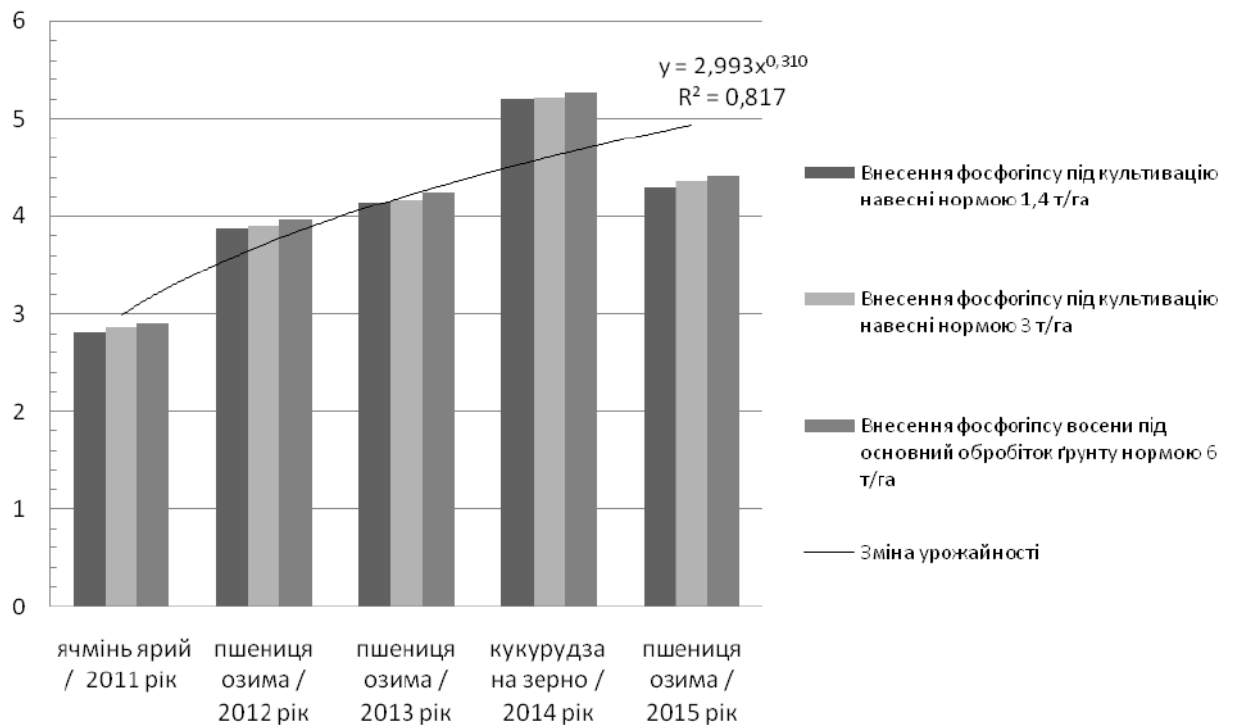


Рисунок 5.1 – Зміна урожайності сільськогосподарських культур (т/га) за різних норм фосфогіпсу без зрошення

Без зрошення різниця між урожайністю за різними нормами фосфогіпсу не досить суттєва. У перший рік післядії найбільшу різницю спостерігали між нормами внесення фосфогіпсу 3 та 1,4 т/га і склала вона 0,05 т/га. У подальші роки більш суттєва різниця врожайності відбувалась за норм 3 та 6 т/га: різниця становила 0,07 т/га на другий рік післядії та 0,08 т/га на третій рік післядії. При повторному внесенні фосфогіпсу у варіантах без зрошення на перший рік післядії кращим виявився варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га з різницею

врожаю 0,05 т/га у порівнянні з нормою 3 т/га. На другий рік післядії норма 3 т/га дала збільшення врожаю на 0,07 т/га по відношенню до норми 1,4 т/га.

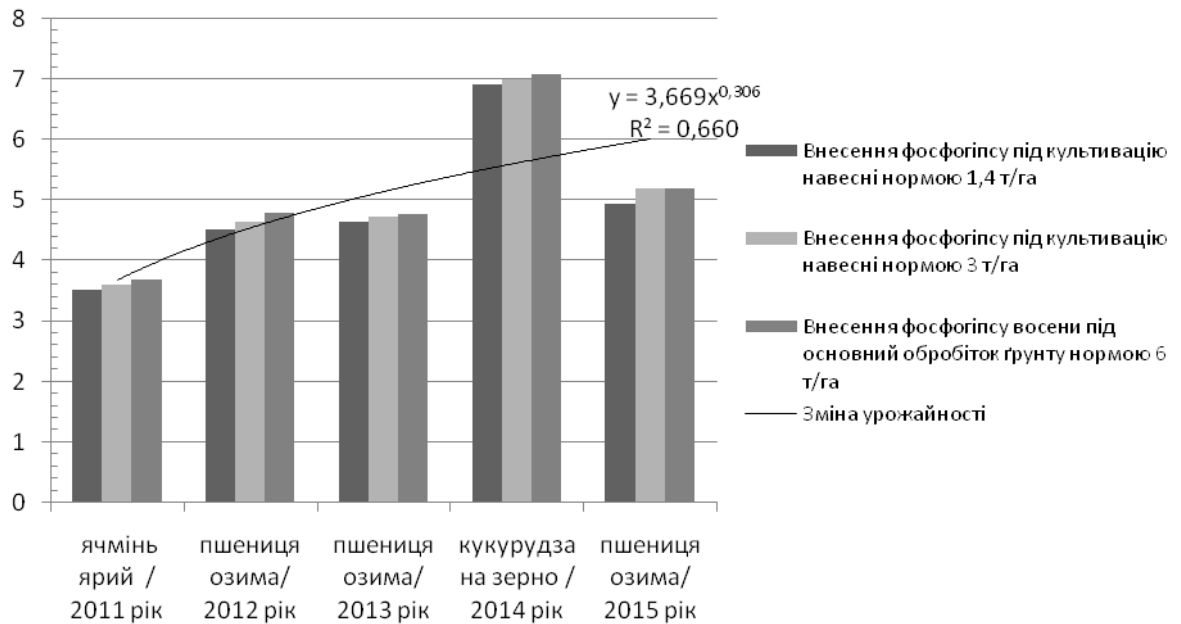


Рисунок 5.2 – Зміна врожайності сільськогосподарських культур (т/га) за різних норм фосфогіпсу зі зрошенням

При зрошенні (рис.5.2) ефект різних норм фосфогіпсу в якості хімічного меліоранту значно більший у порівнянні з незрошуваними аналогами. У перший та другий рік післядії найбільшу різницю спостерігали між нормами внесення фосфогіпсу 3 та 6 т/га, що становила 0,09 т/га та 0,14 т/га відповідно. На третій рік післядії більш суттєва різниця врожайності відбувалась за норм 3 та 1,4 т/га, де різниця становила 0,1 т/га. При повторному внесенні фосфогіпсу у варіантах зі зрошенням на перший та другий рік післядії кращим виявився варіант з внесенням фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га з різницею врожаю 0,09 та 0,25 т/га відповідно у порівнянні з нормою 1,4 т/га. Тоді як ці різниці між урожайністю за норм 3 і 6 т/га становили 0,08 та 0,01 т/га відповідно.

За ефектом фосфогіпсу в якості хімічного меліоранту без зрошення кращим виявився варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га. При зрошенні більший ефект хімічної

меліорації спостерігали у варіанті з внесенням фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га.

Ефективність господарської діяльності за хімічної меліорації та зрошення, тобто отримання грошей від реалізованої продукції – це виручка від реалізації продукції за рахунок підвищення врожайності сільськогосподарських культур при внесенні меліоранту та проведенню поливів.

Виходячи з величини урожайності сільськогосподарської продукції (табл.4.1, розділ 4) та ціни на продукцію за відповідним роком визначали виручку від реалізованої продукції (табл.5.1).

Збільшення виручки реалізованої продукції залежить в більшості випадків від вирощуваної культури та умов зволоження. Без зрошення найбільшу виручку отримали при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га при вирощуванні кукурудзи на зерно – 15019,5 грн/га (повторне внесення фосфогіпсу на перший рік післядії). Найбільший приріст виручки при нормі 6 т/га в порівнянні з нормою 3 т/га відмічали при вирощуванні пшениці озимої на третій рік післядії (200 грн/га). Повторне внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га без зрошення збільшило виручку у порівнянні з нормою 1,4 т/га на 213,5 грн/га при вирощуванні пшениці озимої (другий рік післядії). У перший рік післядії при нормі 3 т/га відбулося збільшення виручки при реалізації ячменю ярого на 82,5 грн/га у порівнянні з нормою 1,4 т/га. У подальші роки різниця виручки норми внесення фосфогіпсу 6 т/га та 3 т/га була в 3,5–4 рази більше в порівнянні з різницею норм 3 та 1,4 т/га.

При зрошенні як і без нього найбільшу виручку отримали при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га – 20178 грн/га при повторному внесенні фосфогіпсу на перший рік післядії (кукурудза на зерно). Найбільший приріст виручки спостерігали при нормі 3 т/га в порівнянні з нормою 1,4 т/га при вирощуванні пшениці озимої на другий рік післядії при повторному внесенні (762,5 грн/га).

Таблиця 5.1 - Виручка від реалізації продукції за цінами відповідного року досліджень

Фактор А	Фактор В	Виручка від реалізації с.-г. продукції, грн/га				
		ячмінь ярий / 2011 рік	пшениця озима / 2012	пшениця озима / 2013 рік	кукурудза на зерно / 2014 рік	пшениця озима / 2015 рік
Без зрошення	Контроль без меліоранту	4455	8360	10250	14250	12810
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4т/га	4653	8536	10375	14820	13115
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3т/га	4735,5	8580	10425	14877	13328,5
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток грунту нормою 6т/га	4801,5	8734	10625	15019,5	13450,5
Зрошення	Контроль без меліоранту	5428,5	9768	11450	18639	14731,5
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4т/га	5808	9944	11600	19693,5	15067
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3т/га	5940	10230	11850	19950	15829,5
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток грунту нормою 6т/га	6088,5	10538	11950	20178	15860

Повторне внесення на перший рік післядії фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га при зрошення збільшило виручку у порівнянні з нормою 1,4 т/га на 256,5 грн при вирощуванні кукурудзи на зерно. У перший рік післядії при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту



нормою 6 т/га відбулося збільшення виручки від реалізації ячменю ярого на 148,5 грн/га у порівнянні з нормою 3 т/га.

На другий рік післядії різниця виручки норм внесення фосфогіпсу 6 т/га та 3 т/га була 281,4 грн в порівнянні з різницею норм 3 та 1,4 т/га (261,3 грн). На третій рік післядії ця тенденція не збереглась: різниця виручки норми внесення фосфогіпсу 3 т/га та 1,4 т/га була в 2,5 рази більше в порівнянні з різницею норм 6 та 3 т/га. Дані факти говорять про більшу економічну ефективність використання норми 3 т/га фосфогіпсу під культивування навесні при зрошенні, тоді як без зрошення більша виручка була при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

Економічну ефективність внесення різних норм меліорантів та зрошення визначали для виявлення більш вигідного варіанту досліду з визначенням економічного ефекту. Значення від реалізації сільськогосподарської продукції (економічні показники: виручка, чистий прибуток, додатковий чистий прибуток, рівень рентабельності) були розраховані на 3 роки дії меліоративного ефекту, за цінами відповідного року реалізації продукції.

Характеристика економічних показників внесення фосфогіпсу у якості хімічного меліоранту (табл.5.2) показала позитивні значення на варіантах зі зрошенням, доті як незрошувані варіанти істотно програвали у більшості позиціях порівняльних розрахунків.

Економічну ефективність застосування меліоранту у чистому вигляді визначали з розрахунку економічного ефекту [204]

$$E = E_1 - E_n \cdot K,$$

$E$  – економічний ефект в розрахунку на 1 га, грн/га;

$E_1$  – вартість додаткової продукції, грн/га;

Таблиця 5.2 - Основні економічні показники при внесенні фосфогіпсу

Фактор А	Фактор В	Капіталовкладення, грн.	Середні витрати, грн./га	Виручка, грн./га	Чистий прибуток, грн./га	Рентабельність, %	Додатковий чистий прибуток, грн./га	Економічний ефект, грн./га	Коефіцієнт загальної економічної ефективності капітальних вкладень	Термін окупності капіталовкладень, років
Без зрошення	Контроль без меліоранту		3740	7688,3	3948	105,57				
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	573	3760	7854,7	4095	108,90	146,3	352,7	0,25	3 роки 11 місяців
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	843	3785	7913,5	4129	109,08	180,2	495,3	0,21	4 роки 8 місяців
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1293	3785	8053,5	4269	112,77	320,2	775,3	0,26	4 роки
Зрошення	Контроль без меліоранту		4386	8882,2	4496	102,51				
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4т/га	573	4400	9117,3	4717	107,21	221,2	484,3	0,39	2 роки 7 місяців
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	843	4411	9340	4929	111,74	432,8	940,7	0,51	1 рік 11 місяців
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1293	4411	9525,5	5115	115,95	618,3	1312	0,48	2 роки 1 місяць

$E_n$  – нормативний коефіцієнт, рівний 0,15, обернений терміну окупності;

$K$  – капітальні витрати, грн.

Як було доведено раніше, при збільшенні норми внесення фосфогіпсу збільшується виручка від реалізації продукції в умовах зрошення і без нього, оскільки йде пропорційне збільшення приривку врожайності.

У варіантах без зрошення найбільший чистий прибуток при найбільших витратах (3785 грн.) отримали у варіанті з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га - 4269 грн. Великі витрати в цьому варіанті компенсували приривкою врожайності по відношенню до контролю – 5,3 ц/га. Збільшення приривку при нормі внесення фосфогіпсу 6 т/га відносно 3 т/га становить 140 грн., тоді як середні виробничі витрати у цих варіантах – однакові. Підвищення приривку при нормі 3 т/га відносно норми 1,4 т/га склало 34 грн., де різниця витрат склала 25 грн. Внесення меліоранту навесні без зрошення показує суттєво менші приривки у порівнянні з внесенням меліоранту восени.

При зрошенні середні виробничі витрати на один гектар площі більші в середньому на 17 % у порівнянні з незрошуваними варіантами. Найбільший чистий прибуток, як і у варіантах без зрошення був при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га (5115 грн). Не дивлячись на високий прибуток норми внесення 6 т/га, збільшення цього показника по відношенню до норми внесення фосфогіпсу 3 т/га склало 186 грн. Підвищення приривку при нормі 3 т/га до норми внесення фосфогіпсу 1,4 т/га у зрошуваних умовах становило 212 грн., що у 6 разів більше в порівнянні різниці приривку між нормами внесення 3 та 1,4 т/га без зрошення.

Додатковий чистий прибуток при проведенні хімічної меліорації (табл.5.2) збільшується зі збільшення норми внесення меліоранту. Без поливів найбільший додатковий прибуток припадає на норму 6 т/г меліоранту при внесенні восени – 320,2 грн/га. Різниця між внесенням

фосфогіпсу 6 т/га та 3 т/га становить 140 грн/га, що на 106,4 грн/га більше різниці між нормами 3 та 1,4 т/га. Отже, внесення фосфогіпсу восени без зрошення нормою 6 т/га дає більший додатковий чистий прибуток. Не дивлячись на позитивний рівень додаткового прибутку у варіантах без зрошення, капіталовкладення на проведення меліорації фосфогіпсом їм не перебиваються (рис.5.3). Цей факт пояснюється малою прибавкою врожаю після проведення меліорації із-за наявності лише зернових культур у сівозміні, які не є високопродуктивними культурами у порівнянні з овочевими.



Рисунок 5.3 – Капіталовкладення та додатковий чистий прибуток при меліорації фосфогіпсом

Зрошення значно збільшило урожайність по всім вантам досліджу, що привело до збільшення додаткового чистого прибутку. При зрошенні внесення фосфогіпсу нормою 3 т/га навесні збільшило додатковий чистий прибуток на 211,6 грн/га у порівнянні з нормою 1,4 т/га. Внесення меліоранту нормою 6 т/га восени у порівнянні з нормою 3 т/га при зрошенні підвищило

рівень додаткового чистого прибутку лише на 185,5 грн/га. У цих умовах додатковий чистий прибуток покриває капіталовкладення на меліорацію (рис.5.3), що говорить про їх окупність за запланований період дії меліоранту (3 роки).

Рівень рентабельності виробництва в усіх варіантах дослідів становив більше 100% (табл.5.2). За роки дії хімічної меліорації фосфогіпсом в умовах без зрошення відбувається прибавка коштів: на кожен вкладену гривню приріст становив на 1 гривню 9 та 13 копійок. Кращим варіантом у незрошуваних умовах був варіант з внесенням фосфогіпсу восени нормою 6 т/га з рівнем рентабельності 113%.

Зрошення дещо підвищило рівень рентабельності дії хімічної меліорації, оскільки в цьому випадку спостерігали більші прибавки врожайності. Як у випадку без зрошення, так і при зрошенні спостерігали більші рівні рентабельності у варіанті з внесенням фосфогіпсу восени нормою 6 т/га (116 %). Внесення фосфогіпсу навесні нормою 3 т/га при зрошенні дало рентабельність на 4,53 % більше від рентабельності за норми 1,4 т/га. Цей факт пояснюється тим, що прибавка урожайності за норми 1,4 т/га так не перебиває свої витрати у порівнянні з нормою 3 т/га. Найменше значення рівня рентабельності виробництва у порівнянні варіантів зі зрошенням спостерігали при внесенні фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га (107,21 %), але це досить високий загальний показник рівня рентабельності.

Найбільший економічний ефект проведення меліорації за загальними показниками відповідає найбільшим прибуткам: внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6т/га при зрошенні та без нього – 775,3 грн./га та 1312 грн./га відповідно (табл.5.2).

Коефіцієнт загальної економічної ефективності капіталовкладень в усіх варіантах дослідів відмічався більше 0,2, що говорить про задовільний економічний стан проведення хімічної меліорації фосфогіпсом за розглянутий період. При зрошенні найбільша економічна ефективність

капіталовкладень характерна для варіанту з внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га (0,51). Без поливу для отримання коефіцієнту економічної ефективності капіталовкладень (0,26) необхідно вносити фосфогіпс восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

Виходячи з додаткового чистого прибутку від реалізації приросту урожайності та капіталовкладень на проведення хімічної меліорації розрахували термін окупності проведених заходів з поліпшення процесів осолонцювання в умовах зрошення та без нього (рис.5.4). За три роки дії меліоранту капіталовкладення на проведення хімічної меліорації окупаються лише у варіантах зі зрошенням.

Без зрошення з внесенням фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га та восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га капіталовкладення на хімічну меліорацію окупаються за 3 роки 11 місяців та 4 роки відповідно. Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га без зрошення має термін окупності 4 роки 8 місяців.

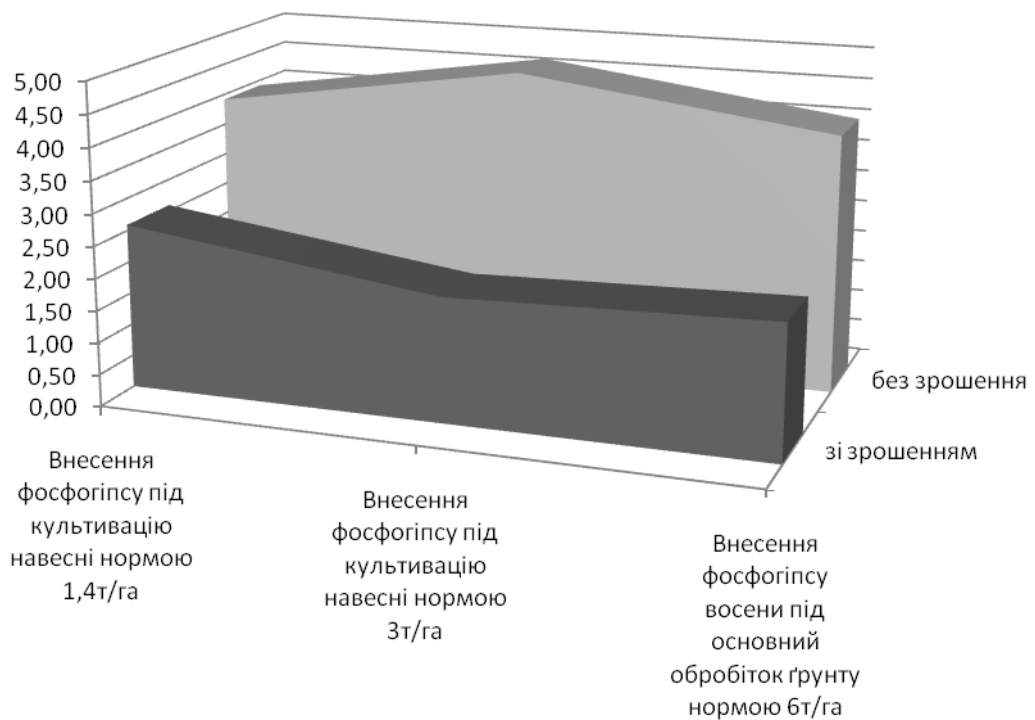


Рисунок 5.4 – Термін окупності капіталовкладень на хімічну меліорацію

Оскільки зрошення дає значну прибавку врожаю, що підвищує значення виручки, то термін окупності у цьому випадку значно менший.

Найменший термін окупності відповідає варіанту з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га, що становить 1 рік 11 місяці. Час за який додатковий чистий прибуток покриє капітальні вкладення на заходи хімічної меліорації фосфогіпсом нормою внесення 6 т/га при зрошенні становить 2 роки 1 місяць. При зрошенні найбільший термін окупності у варіанті з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га (2 роки 7 місяців).

З найменшим терміном окупності капіталовкладень при зрошенні виявився варіант з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га (1 рік 11 місяці), без зрошення - варіант з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га (3 роки 11 місяців).

#### Висновки до розділу 5:

1. За ефектом внесення фосфогіпсу у якості хімічного меліоранту без зрошення кращим виявився варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га. При зрошенні більший ефект хімічної меліорації спостерігали у варіанті з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га та восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

2. Більшу економічну ефективність спостерігали при використанні норми 3 т/га фосфогіпсу під культивування навесні при зрошенні, тоді як без зрошення більша виручка була при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

3. Найбільший чистий прибуток та додатковий чистий прибуток при зрошенні та без нього спостерігали при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

4. При зрошенні найбільша економічна ефективність капіталовкладень характерна для варіанту з внесення фосфогіпсу під

культивувацію навесні нормою 3 т/га (0,51). Без поливу для отримання коефіцієнту економічної ефективності капіталовкладень (0,26) необхідно вносити фосфогіпс восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га.

5. Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га дає найбільший рівень рентабельності при зрошенні (116 %) та без поливів (113 %).

6. З найменшим терміном окупності капіталовкладень при зрошенні виявився варіант з внесенням фосфогіпсу під культивувацію навесні нормою 3 т/га (1 рік 11 місяці), без зрошення - варіант з внесенням фосфогіпсу під культивувацію навесні нормою 1,4 т/га (3 роки 11 місяців).



## ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота висвітлює теоретичне та практичне узагальнення впливу багаторічного зрошення водою неналежної якості на чорноземі звичайному. Розкриваються іригаційні деградаційні зміни ґрунтів, а саме: проблема іригаційного осолонцювання чорноземів звичайних в умовах Північного Степу України. Отримані теоретичні, експериментальні та лабораторні дані досліджень дають можливість зробити наступні висновки:

1. Встановлено методику закладання польового дослідження та проведення ґрунтово-сольової зйомки. Встановлено тип ґрунту дослідної ділянки за фізичними, морфологічними та агрохімічними показниками відноситься до чорнозему звичайного малогумусного вилугуваного на суглинковому лесі. За деякими фізико-хімічними показниками цей ґрунт має ознаки фізичної і фізико-хімічної солонцюватості: водневий показник становить 7,5; кількість обмінного натрію на дослідній ділянці складає 3,64 %; уміст токсичних солей змінюється до 0,48 %, що характеризується середнім ступенем засолення; у вологому стані ґрунт в'язкий, липкий, сильно набрякає, легко пептизується.

2. Аналіз якості зрошувальної води за небезпекою її токсичного впливу на рослини та небезпекою осолонцювання, під луження та вторинного засолення ґрунту показав, що вона відноситься до II класу якості «Обмежено придатна». Тому її використання повинно супроводжуватися заходами спрямованими на попередження подальшого іригаційного осолонцювання ґрунтів.

3. Для попередження іригаційного осолонцювання чорнозему звичайного як хімічний меліорант було обрано фосфогіпс з Дніпровського заводу мінеральних добрив (м. Кам'янське, ТУ У 24.1-31980517-002:2005). Розраховано норми внесення фосфогіпсу як хімічного меліоранту в різні періоди за відповідними методиками: 1,4 т/га – меліоративна норма на

витіснення обмінного натрію для малонатрієвих солонців (методи Пфєффера в модифікації Молодцова, Ігнатової, 1990 р.); 3 т/га – норма за допоглинанням ґрунтом кальцію (Грінченко О.М., 1980 р.); 6 т/га – норма, що розрахована за коагуляційно-пептизаційним методом (Лактіонов Б.І., Мамаєва Л.Я., Панов Н.П., 1963р.). Усі норми вносили в запас на три роки. Одна з установлених норм збігалась з рекомендованою агрономічною нормою (6 т/га) та жодна з них не перевищувала екологічно безпечну норму (10,3 т/га).

4. Аналіз вмісту важких металів у фосфогіпсі довів можливість його використання з дотриманням екологічно безпечної норми. Аналіз фосфогіпсу показав деяке збільшення елементів відносно гранично допустимих концентрацій по хрому, нікелю та алюмінію. Розрахований клас небезпеки промислових відходів за LD<sub>50</sub> показав індекс токсичності рівний 3,8, що відноситься до III класу придатності (помірно небезпечні) та відповідає вимогам застосування його в умовах аграрного виробництва.

За вмістом токсичних солей усі варіанти, крім контролю без зрошення, мали значення 0,3–0,6 %, що відповідало сульфатному (С) типу засолення середнього ступеня. У варіанті без зрошення на контролі для сульфатного типу значення потрапляють в діапазон 0,15–0,3 %, що характеризує слабозасолений тип (2011, 2013, 2014, 2015 роки).

Із внесенням фосфогіпсу відбувається зменшення обмінного натрію порівняно з контрольним варіантом на 2,3 % від суми обмінних катіонів за відсутності поливів (внесення меліоранту восени) та на 3,7 % від суми обмінних катіонів (внесення меліоранту навесні) на зрошенні. Цей факт указує на більш суттєвий вплив весняного внесення фосфогіпсу саме при зрошенні.

В умовах зрошення поліпшення екологічного стану солонцюватих ґрунтів реєстрували при внесенні меліоранту навесні: внесення фосфогіпсу нормою 3 т/га підвищило водопроникність ґрунту на 0,66 мм/хв (за шкалою Н.А.Качинського вона внаслідок дії хімічної меліорації із задовільної набула

статусу доброї); зменшило суму токсичних солей до 0,41 % на третій рік після дії; зменшило кількість обмінного Na до 1 % від суми обмінних катіонів. У незрошуваних умовах внесення навесні не показало позитивних змін. Без поливів кращим виявився варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га. Це підвищило водопроникність ґрунту на 0,68 мм/хв (за Н.А.Качинським – добра водопроникність); зменшило суму токсичних солей до 0,38 % на третій рік після дії; зменшило кількість обмінного Na на третій рік після дії до 2,08 % від суми обмінних катіонів. У дослідах без зрошення у порівнянні з контролем найкращим з відновлення органічної частини виявився варіант з внесенням фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га (підвищення гумусу на 0,29 %).

Хімічна меліорація фосфогіпсом покращила гранулометричний склад ґрунту дослідної ділянки, хоча відбулося деяке ущільнення підорного шару ґрунту.

5. При зрошенні найбільший приріст врожаю отримали з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га (до 9 %) та восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га (до 12 %). Варіанти з внесенням фосфогіпсу без зрошення не поступаються у відсотковому розподілі урожайності варіантам зі зрошенням. Без зрошення найбільший приріст врожаю спостерігали при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га (до 8 %).

6. Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га дає найбільший рівень рентабельності при зрошенні (116 %) та без поливів (113 %). Більшу економічну ефективність спостерігали при використанні норми 3 т/га фосфогіпсу під культивування навесні при зрошенні, тоді як без зрошення більша виручка була при внесенні фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га. Найменший термін окупності капіталовкладень при зрошенні виявився у варіанті з внесенням фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га (1 рік 11 місяці), без зрошення –

варіант з внесенням фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га (3 роки 11 місяців).

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Вирощування сільськогосподарських культур на іригаційно солонцюватих чорноземах звичайних при зрошенні водою II класу придатності (ДСТУ 2730:2015) та без поливу можливо з підвищенням врожайності до 20 % та поліпшенням фізико-хімічних властивостей можливе при проведенні хімічної меліорації фосфогіпсом різними розрахунковими дозами.

Для отримання максимального приросту врожайності при зрошенні необхідно вносити фосфогіпс навесні під культивуацію дозою, що розрахована за допоглинанням кальцію (3 т/га); восени під основний обробіток ґрунту дозою, яка розрахована за коагуляційно-пептизаційним методом (6 т/га). Без зрошення фосфогіпс необхідно вносити восени під основний обробіток ґрунту дозою, яка розрахована за коагуляційно-пептизаційним методом (6 т/га). Найвищий коефіцієнт загальної економічної ефективності капітальних вкладень спостерігається з внесенням фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою допоглинання (3 т/га) при зрошенні.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Fitzpatrick R.W., Merry R.H., Cox J.W. Assessment of physico-chemical changes in dryland saline soils when drained or disturbed for developing management options. Australia, 2003. 65 p.
2. Позняк С. П., Гавриш Н. С., Пшевлоцький М.І. Екологічний стан ґрунтів України: проблеми їхнього використання та охорони. *Журнал агробіології та екології*. 2000. Т.3. № 1-2. С. 178-193.
3. Морозов О.В., Безуглий О.П., Шукайло С.П. Технологія хімічної меліорації зрошуваних ґрунтів Херсонської області: науково-методичні рекомендації. Херсон, РВЦ ХДАУ: Колос, 2008. 67с.
4. Азовцев В.И. Пути коренного улучшения солонцов в условиях орошения. *Эффективное использование орошаемых земель в степных районах. Научные труды ВАСХНИЛ*, 1974. С.71-74.
5. Айдаров И.П., Корольков А.Н. Использование вод повышенной минерализации для орошения земель. *Сб.науч.тр. Всесоюзн.объединения "Союзводпроект"*, 1982. С.9-17.
6. Айдаров И.П., Голованов А.И. Мелиоративный режим орошаемых земель и пути улучшения. *Гидротехника и мелиорация*, 1986. №8. С. 44-47.
7. Баер Р.А., Лютаев Б.В. Водный баланс почв зоны аэрации орошаемых массивов юга Украины. *Пробл. ирригации почв юга Черноземной зоны*, 1980. №6. С.12-25.
8. Генетические особенности и свойства черноземов, орошаемых водами опресненного лимана Сасык и пути повышения их продуктивности / И.Н.Гоголев, С.П. Позняк, Н.И.Тортик и др. *Агрoхимия и почвоведение*, 1988. №51. С.61-66.

9. Бурксер Е.С. П.К. Заморий. Геохимическая обстановка в южных районах УССР и прогноз ее возможных изменений в результате орошения. Киев, 1956. 127с.
10. Зборищук Н.Г., Буханова О.Б. К вопросу о гипсовании южных черноземов в целях предотвращения их осолонцевания при орошении. *Арохимия*, 1987. №10. С.70-75.
11. Ковда В.А. Опыт оросительных мелиорации. *Мелиорация почв в СССР*, 1971. №12. С. 25-31.
12. Морозов В.В., Гамаюнова В.В., Морозов О.В., Сидоренко О.І. – Еколого-агромеліоративний моніторинг зрошуваних земель із застосуванням ГІС-технологій: практикум. Херсон: Вид-во ХДУ, 2007. 164 с.
13. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв: учеб. пособие / под ред. Д.С. Орлова, В.Д. Васильевской. Москва: Изд-во МГУ, 1994. 272с.
14. Лозовіцький П.С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів. Навчальний посібник. Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. 276 с.
15. Позняк С. П., Гавриш Н. С., Пшевлоцький М. І. Екологічний стан ґрунтів України: проблеми їхнього використання та охорони. *Журнал агробіології та екології*, 2007. т.3. № 1-2. С. 178-193.
16. Мамонтов В.Г. Влияние минерализованных вод на некоторые свойства темно-каштановых почв. *Проблемы химизации и мелиорации почв*, 1981. №6. С. 122-126.
17. Хімічна меліорація ґрунтів (концепція інноваційного розвитку) / за ред. С.А. Балюка, Р.С.Трускавецького. Харків, 2012. 129 с.
18. Антипов-Каратаев И.Н. Мелиорация солонцов в СССР. Москва, 1953. 563 с.
19. Пак К.П. Солонцы СССР и пути повышения их плодородия. Москва, 1975. 380 с.

20. Гедройц К.К. Учение о поглотительной способности почв. Москва, 1933. 206 с.
21. The relative effects of sodium and potassium on soil hydraulic conductivity and implications for winery wastewater management / M. Arienso, E.W.Christen, N.S. Jayawardane and other. *Geoderma*, 2012. №173-174. P. 303-310.
22. Laura R.D. Salinity and nitrogen mineralization in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 1977. Volume 9. Issue 5. P. 333–336.
23. Солонцеві ґрунти та рекомендації по їх меліорації: методичні рекомендації для агрономів господарств, студентів та слухачів агрономічного факультету / Я.П. Цвей, В.В. Іваніна, М.А. Лапа та ін. Київ: Інститут агроекології та біотехнології УААН, 1999. 37 с.
24. Сучасні заходи та технології меліорації природно солонцевих та вторинно солонцюватих ґрунтів України: рекомендації / С.А. Балюк, О.А. Демидов, О.А. Рудюк та ін. Харків: ННЦ ПА імені О.Н. Соколовського, 2011. 48с.
25. Хруслова Т.Н. Защита орошаемых земель от эрозии, подтопления и засоления. Киев, 1991. 203 с.
26. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв: ученик. 3-е изд., испр. и доп. Москва: Изд-во МГУ, 2003. 448 с.
27. Miyamoto S., Chacon Arturo, Hossain Manwar, Martinez Ignacio. Soil salinity of urban turf areas irrigated with saline water. *Landscape and Urban Planning*, 2005. Volume 71. Issue 2-5. P. 233-241.
28. Ладика М.М. Еколого-меліоративний стан та родючість перезвожених ґрунтів Лівобережного Лісостепу (на прикладі басейну р. Трубіж): автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.01.03. Київ, 2006. 23 с
29. Бабенко Ю.О., Дупляк В.Д. Охорона природи при іригації. Київ, 1988. 264 с.
30. Аниканова Е.М. Изменение реакции черноземов под влиянием орошения. *Научн. докл. высш. шк. биол. науки*, 1988. № 81. С. 90-94.



31. Айдаров И.П., Голованов А.И. Мелиоративный режим орошаемых земель и пути улучшения. *Гидротехника и мелиорация*, 1986. №8. С. 44-47.
32. Лозовіцький П.С. Вплив 40-річного зрошення мінералізованою водою на хімічний склад ґрунтового покриву Інгулецького. *Меліорація і водне господарство*, 2004. №91. С.193 - 208.
33. Кісорець П.Ф., Дичковська Р.П. Осолонцюваність та гумусовий стан зрошуваних ґрунтів Миколаївської області в зоні Інгулецької зрошувальної системи. *Екологія: Сучасний стан родючості ґрунтів та шляхи її збереження*, 2011. №7. С 8-15.
34. Сосонна Н.В. Вплив зрошення на сольовий склад та еколого-агромеліоративний стан ґрунтів Приазовської зрошувальної системи. *Меліорація і водне господарство*, 2008. №96. С. 147- 157.
35. Андреев Г.И., Козлечков Г.А., Андреев А.Г. Экологическое состояние орошаемых почв на Нижнем Дону: монографія. Днепропетровск, 2007. 262 с.
36. Панкова Е.И., Прохоров А.Н. Оценка пригодности воды для орошения. *Гидротехника и мелиорация*, 1985. №10. С.54-58.
37. Балюк С.А., Носоненко О.А. Класифікація зрошуваних ґрунтів України за ступенем засолення, солонцюватості та лужності. *Ґрунтознавство*, 2008. Т.9, № 3-4. С. 27-32.
38. Зрошувані землі Дунай-Дністровської зрошувальної системи: еволюція, екологія, моніторинг, охорона, родючість / упоряд. В.Я.Ладних, О.А.Носоненко; за ред. С.А.Балюка. Харків, 2001. 260 с.
39. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України / за наук. ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко, В.А.Сташука. Київ, 2009. 620 с.
40. Сучасна концепція хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів / за ред. С.А. Балюка, Р.С. Трускавецького. Харків, 2008. 100 с.

41. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 510700 "Почвоведение" и специальности 013000 "Почвоведение"/ ред. В.А. Садовничий, О.С. Виханский и др. Москва: Издательство Московского университета Колос, 2004. 719 с.
42. Александровский А.Л. Развитие почв Восточной Европы в голоцене: автореф. дис. д-ра геогр. н. М., 2002. 48 с.
43. Практикум з ґрунтознавства / Д.Г.Тихоненко, В.В. Дегтярьов, С.В. Крохін та ін.; за ред. Д.Г.Тихоненко. Вінниця, 2008. 408 с.
44. Назаренко І. І., Польчина С. М., Нікорич В. А. Ґрунтознавство: підручник. Чернівці: Книги - XXI, 2004. 400 с.
45. Зейдельман Ф.Р., Давыдов И.Ю. Влияние режима орошения на свойства типичного чернозема при поливе сульфатными водами. *Почвоведение*. 1990. №8. С.95-105.
46. Позняк С.П. Орошаемые черноземы юго-запада Украины: автореф. дис. д-ра с.-х. н. Москва, 1992. 50 с.
47. Бенцеровський Д.М., Лісовий М.В. Сучасний стан та перспективи розвитку хімізації землеробства. *Агрохімія і ґрунтознавство. Спец.випуск*, Харків. 2002. С.75-81.
48. Меліорація солонцюватих ґрунтів Дніпропетровського регіону / С.І. Жученко, В.О. Сироватко, В.В. Клейн та ін. *Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку ХХІ століття*: науково-практична конференція. Харків, 2006. С. 169-171.
49. Окультуривание солонцовых почв / под ред. А.В. Новиковой. Киев, 1984. 176 с.
50. Способы мелиорации орошаемых солонцовых почв. Научный обзор / Г.Т. Балакай, Л.М. Докучаева, Р.Е. Юркова и др., Новочеркасск. 2011. 73 с.
51. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О. Изменение общего пула органического углерода в бывших пахотных почвах России в 1990–2004 гг.

*Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: научн. конф.* Москва, 2008. С. 327–328.

52. Балюк С.А., Лісняк А.А, Ладних В.Я., Носоненко О.А. Рекомендації з раціонального використання земель, що вилучені зі зрошення. Харків, 2007. 36 с.

53. Коо J.W., Edling R.J., Taylor V. A laboratory reclamation study for sodic soils used for rice production. *Agricultural Water Management*,. 1990. №18. P. 243-252.

54. Лавренко Н.М. Урожайність та якість зерна нуту залежно від технологічних прийомів вирощування за різних умов зволоження: дис. канд. с.-г. наук: 06.01.02. Херсон, 2015. 223 с.

55. Новикова А.В., Пикуза А.М. Перспективы и пути мелиорации при орошении почв юга Украины с малой степенью солонцеватости. *Материалы регионального совещания по мелиорации почв*. 1967. Ч.2. С.18-28.

56. Балюк С.А., Новікова Г.В., Гаврилович Н.Ю. Використання солонцевих ґрунтів України. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 10. С. 12-15.

57. Новикова А.В. Окультуривание солонцовых почв. К.: Урожай, 1984. 175 с.

58. Qadir M., Qureshi R.H., Ahmad N. Horizontal flushing: a promising ameliorative technology for hard saline-sodic and sodic soils. *Soil & Tillage Research*. 1998. № 45. P. 119-131.

59. Zawadzki S., Michalowska K., Stawinski J. The application of surface area measurements of soil for determination of the content of water unavailable for plants. *Polish J. of Soil Sei*. 1971. V. 4. № 2. P. 89-92.

60. Про меліорацію земель: Закон України від 14 січня 2000 р. № 1389-XIV / *Відомості Верховної Ради України*. 2000. № 11. 90 с.

61. Qadir M., Qureshi R.H., Ahmad N. Reclamation of a saline-sodic soil by gypsum and *Leptochloa fusca*. *Geoderma*. 1996. № 74. P. 207-217.

62. Gharaibeh M.A., Eltaif N.I., Shunnar O.F. Leaching and reclamation of calcareous saline-sodic soil by moderately saline and moderate-SAR water using gypsum and calcium chloride. *J.Plant Nutr. Soil Sci.* 2009. № 172. P. 713-719.

63. Gharaibeh M.A., Eltaif N.I., Shra'ah S.H. Reclamation of a calcareous saline-sodic soil using phosphoric acid and by-product gypsum. *Soil Use and Management.* 2010. № 26. P. 141-148.

64. Gharaibeh M.A., Eltaif N.I., Shunnar O.F. Leaching and reclamation of calcareous saline-sodic soil by moderately saline and moderate-SAR water using gypsum and calcium chloride. *J.Plant Nutr. Soil Sci.* 2009. № 172. P. 713-719

65. Gharaibeh M.A., Eltaif N.I., Shra'ah S.H. Reclamation of a calcareous saline-sodic soil using phosphoric acid and by-product gypsum. *Soil Use and Management.* 2010. № 26. P. 141-148.

66. Можейко А.М., Воротник Т.К.. Гипсование солонцеватых каштановых почв УССР, орошаемых минерализованными водами, как метод борьбы с осолонцеванием этих почв. *Тр. УкрНИИ почвоведения.* Харьков, 1958. Т. 8. С. 111-208.

67. Сегеда М.Н., Лысенко Г.В., Ермолаев Н.Н. Изменение агрохимических свойств плодородия солонцеватой почвы вследствие ее мелиорации фосфогипсом. *Мелиорация и химизация земледелия Молдавии:* тез. докл. Респ. конф. 11-12 июля 1988г. Кишинев, 1988. С. 60-62.

68. Антипов-Каратаев И.Н., Пак К.И., Шматкин В.Ф. Опыты по мелиорации солонцов в условиях богары на Ергенях. *Земледельческое освоение полупустынных земель.* 1966. № 2. С. 7-30.

69. Моргун М.М. Приемы мелиорации вторично осолонцованных почв: автор, дисс. ... канд. с.-х. наук. Харьков, 1989. 16с.

70. Николаев В.А., Швец М.Ю. Карбонатное сырье и его использование. *Химиз. с.-х.* 1990. № 2. С. 33-34.

71. Сафонова Е.П., Болдырев А.И. Растворимость карбоната кальция и действие его как химического мелиоранта при орошении минерализованными водами. *Орошаемое земледелие*. 1984. № 29. С. 18-23.
72. Сегеда М.Н., Лысенко Г.В., Ермолаев Н.Н., Изменение агрохимических свойств плодородия солонцеватой почвы вследствие ее мелиорации фосфогипсом. *Мелиорация и химизация земледелия Молдавии*. 1988. № 4.2. С. 60-62.
73. Морозов В.В., Грановська Л.М., Поляков М.Г. Еколого-меліоративні умови природокористування на зрошуваних ландшафтах України: навчальний посібник. Київ-Херсон: Айлант, 2003. 208 с.
74. Oster J.D. Gypsum usage in irrigated agriculture: a review. *Fertilizer Research*. 1982. № 3. P. 73-89.
75. Bajwa M.S., Josan A.S. Effect of Gypsum and Sodic Irrigation Water on Soil and Crop Yields in a Rice-Wheat Rotation. *Agricultural Water Management*. 1989. № 16. P. 53-61.
76. Singh H., Bajwa M.S. Effect of sodic irrigation and gypsum on the reclamation of sodic soil and growth of rice and wheat plants. *Agricultural Water Management*. 1991. № 20. P. 163-171.
77. Бондарев А.Г., Модина С.А., Рыбина В.В. Изменение физических свойств солонцового комплекса Нижнего Заволжья под влиянием орошения. *Научн. Тр. Почвенного института им. Докучаева В.В. М.*, 1979. С. 111-124.
78. Новикова А.В. История почвенно-мелиоративных и экологических исследований засоленных и солонцовых земель Украины 1890-1996 гг. К.: Колос, 1999. 138 с.
79. Буданов М.Ф. Основные меры предупреждения и устранения процесса засоления почв и мелиорация разных типов солонцов на орошаемых землях Украины. *Водное хозяйство*. 1965. Вып.2. С. 35-41.

80. Зборищук Н.Г., Буханова О.Б. К вопросу о гипсовании южных черноземов в целях предотвращения их осолонцевания при орошении. *Агрoхимия*. 1987. № 10. С. 70-75.
81. Семендяева Н.В., Макаренко Г.М. Мелиорация солонцовых почв гипсованием. *Почвоведение*. 1995. №3. С. 344-350.
82. Papastefanou C., Stoulos S., Ioannidou A., Manolopoulou M. The application of phosphogypsum in agriculture and the radiological impact. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2006. Vol. 89. P.188-198.
83. Игамбердиев В.М., Алексеев Ю.В. Экологическое нормирование применение химических мелиорантов из отходов промышленности. Сообщение 1. Методология. *Химия в сельском хозяйстве*. 1993. №8-9. С.30-32.
84. Ковальский В.В. Геохимическая экология. М.: Колос, 1974. 298 с.
85. Грунти Дніпропетровської області: нарис / за заг. ред. В.П. Глуходіда. Дніпропетровськ, 1969. 83 с.
86. Физическая география Днепропетровской области / за общ. ред. Г.В. Пасечного. Днепропетровск, 1988. 76 с.
87. Національний атлас України / голов. ред. Національного атласу України Л. Г. Руденко ; голова ред. кол. Б. Є. Патон. К.: ДНВП «Картографія», 2007. 435 с.
88. Кауричев И.С. Практикум по почвоведению. М.: Агропромиздат, 1986. 336 с.
89. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: АН СССР, 1958. 192 с.
90. ДСТУ Б В.2.1-17:2009. Грунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. К.: Мінгегіонбуд України, 2010. 32 с.
91. Фізична та економічна географія Дніпропетровської області: Посібник для вчителів / під ред. Г.В. Пасічного. – Д.: Вид-во ДДУ, 1992. 188 с.

92. Ушкаренко В.О., Рожегова Р.А., Голобородькл С.П., Коковіхін С.В. Методика польового досліду (зрошуване землеробство): навчальний посібник. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.
93. Ушкаренко В.А., Скрипников А.Я. Планирование эксперимента и дисперсионный анализ данных полевого опыта. К.: Вища школа, 1988. 120 с.
94. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 416 с.
95. ДСТУ ISO 11508:2005. Якість ґрунту. Визначання щільності частинок. Київ, 2005. 14 с.
96. ДСТУ 4730:2007. Якість ґрунту. Визначення гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського. Київ, 2005. 24 с.
97. ДСТУ 4744:2007. Якість ґрунту. Визначення структурно-агрегатного складу ситовим методом у модифікації Н.І. Савінова. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 12 с.
98. Бережняк М.Ф. Лабораторний практикум з ґрунтознавства: методичні матеріали. Київ, 2012. 271 с.
99. ДСТУ ISO 10390:2001. Якість ґрунту. Визначення рН. К.: Держспоживстандарт України, 2001. 7 с.
100. ГОСТ 26423-85. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. М., 1986. 8 с.
101. ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. М.: Издательство стандартов, 1985. 11 с.
102. ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. М.: Издательство стандартов, 1985. 20 с.
103. ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке. М.: Издательство стандартов, 1985. 7 с.
104. ГОСТ 26427-85. Почвы. Методы определения натрия и калия в водной вытяжке. М.: Издательство стандартов, 1985. 4 с.
105. ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. М.: Издательство стандартов, 1985. 39 с.

106. ДСТУ ISO 11265-2001. Якість ґрунту. Визначання питомої електропровідності. К.: Держспоживстандарт України, 2001. 8 с.
107. ДСТУ 7537:2014. Якість ґрунту. Визначення гідролітичної кислотності. К.: Держстандарт України, 2015. 12 с.
108. ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. М.: Издательство стандартов, 1985. 13 с.
109. ГОСТ 26210-91. Почвы. Определение обменного калия по методу Масловой. М.: Издательство стандартов, 1992. 4 с.
110. ГОСТ 26950-86 Почвы. Метод определения обменного натрия. М.: Издательство стандартов, 1986. 6 с.
111. ДСТУ ISO 11260-2001. Якість ґрунту. Визначання ємності катіонного обміну та насиченості основами з використанням розчину хлориду барію. К.: Держстандарт України, 2001. 14 с.
112. ДСТУ 2730-94 Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. К.: Держстандарт України, 1994. 34 с.
113. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / ред. кол. М.В. Зубець (голова) та ін. К.: Логос, 2004. 776 с.
114. Ресурсозберігаючі технології хімічної меліорації ґрунтів в умовах земельної реформи / Р.С. Трускавецький, Ю.Л. Цапко, Г.В. Новікова та ін.; за ред. Р.С. Трускавецького, С.А. Балюка. К., 2016. 70 с.
115. Сучасна концепція хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів / за ред. С.А. Балюка, Р.С. Трускавецького. Харків, 2008. 100 с.
116. Зайдеман Ф.Р. Экологическая защита мелиорируемых почв агроландшафтов. *Почвоведение*. 1993. № 1. С. 5-12.
117. Рекомендации по технологии мелиорации солонцовых почв Украинской ССР. К.: Урожай, 1977. 26с.



118. Мамаева Л.Я. О коллоидно-химическом методе определения дозировок мелиорирующих веществ для солонцов. труды почвенного института им. В.В. Докучаева. М., 1956. Т. 51. С. 198-227.
119. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1985. 400 с.
120. Jackson M.L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall Inc, 1958. 521 p.
121. Рекомендации по использованию фосфогипса для мелиорации солонцов. М.: Почв. Ин-т им. В.А. Докучаева Расх, 2006. 46 с.4.
122. Ресурсозберігаючі технології хімічної меліорації ґрунтів в умовах земельної реформи / Р.С. Трускавецький, Ю.Л. Цапко, Г.В. Новікова та ін.; за ред. Р.С. Трускавецького, С.А. Балюка. Київ, 2000. 70 с.
123. Екологічні проблеми землеробства / І.Д. Примак, Ю.П. Манько, Н.М. Рідей та інш.; за ред. І.Д. Примака. К.: Центр учбової літератури, 2010. 456 с.
124. Колпаков В.В., Сухарев И.П. Сельскохозяйственные мелиорации: учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений / под. ред. И.П. Сухарева. М.: Колос, 1981. 328 с.
125. Мельник А.І., Кулик Н.А. Визначення обсягів та темпів відновлення вмісту рухомих фосфатів у дерново-підзолистих ґрунтах та чорноземах. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків, 2009. Вип. 72. С.72-76.
126. Стеблюк М.І. Цивільна оборона: підручник. К.: Знання, 2006. 487 с.
127. Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення. К.: Видавництво „Світ”, 2000. 114 с.
128. Інформаційне забезпечення зрошуваного землеробства. Концепція, структура, організація / М.І. Ромащенко, Е.С. Дрочинськ, А.М. Шевченко; за ред. М.І. Ромащенко. К.: Аграрна наука, 2005. 196 с.

129. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины Концепция, предварительные результаты, задачи: монография. Харьков: ИД «Антиква», 2002. 428 с.

130. Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н.С. Скуратов, О.Ю. Шалашова, И.Н. Лозановская и др.; под ред. Н.С. Скуратова. Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2005. 180 с.

131. Борздов В.С. И плодородие, и урожай. *Земледелие*. 1982. № 4. С. 11-12.

132. Окорков В.В., Курбатов А.И., Гончаров П.П. О механизме действия некоторых химических мелиорантов на свойства солонцов. *Изв. ТСХА*. 1981. №2. С. 122-129.

133. Лозановская И.Н. К истории гипсования почв. *Почвоведение*. 1987. № 5. С. 97-102.

134. Золотун В.П., Жуков В.А., Моргун М.М. и др. Изменение мелиоративных свойств почв юга Украины в условиях орошения и их мелиорация. *Орошаемое земледелие*. 1988. № 33. С. 5-8.

135. Золотун В.П., Морозов В.В., Малиновская Н.М., Бабушкина Р.А. Влияние мелиоративных мероприятий на содержание солей в осолонцованных длительно орошаемых почвах южной степи Украины. *Тематика научн. исслед. и их результативность в первые годы независимости государства: материалы выступлений на науч.-практич. конф.* Херсон, 1994. Ч. 2. С. 27.

136. Нормативы расхода гипсосодержащих материалов при химической мелиорации солонцовых почв на 1990-1995 годы. М.: Почв. Ин-т им. В.В. Докучаева, 1990. 36 с.

137. Практикум з ґрунтознавства: навчальний посібник / За редакцією Д.Г. Тихоненко, В.В. Дегтярьова, С.В. Крохіна. Вінниця: Нова книга. 2008. 448 с.

138. Кирюшин В.И., Верещагин А.Н. Гипсование солонцов степной зоны. *Научн.-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ*. 1983. № 44. С. 3-17.

139. Рекомендації по підвищенню родючості солонців і солончаків України. К.: Урожай, 1975.
140. Гринченко А.М. Вопросы повышения плодородия солонцовых почв: науч. тр. лаборатории почвоведения АН УССР. 1954. Т II, вып. 1, С. 54-70.
141. Технології ефективного використання вапняних матеріалів на кислих і вторинно підкислених ґрунтах. Харків, 2004. 35 с.
142. Использование фосфогипса для мелиорации солонцов Западной Сибири, Зауралья и Северного Казахстана. Новосибирск, 1989. 18 с.
143. Раціональне використання зрошуваних земель: наукові праці. К.: держ. вид с/г літератури Української РСР, 1963. Т. III, С. 16-23.
144. Бабенко Ю.О., Дупляк В.Д. Охорона природи при іригації земель. К.: Урожай, 1988. 260 с.
145. Foucard J-C. Filière pépinière de la production à la plantation. Paris, 2008. 427 p.
146. Кизяков Ю.Е. Изменение почв зоны сухих степей Украинской ССР при длительном воздействии мелиорации: автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук: 06.01.03. М., 1985. 64 с.
147. Позняк С.П. Орошаемые земли юго-запада Украины. Львов: ВНТЛ, 1997. 240с.
148. Лозовицький П.С., Каленюк С.М. Изменение свойств южных черноземов при длительном орошении минерализованными водами. *Почвоведение*. 2001. №4. С. 478-495.
149. . Золотун В.П., Морозов В.В., Малиновская Н.М., Бабушкина Р.А. Экологические аспекты применения кальцийсодержащих мелиорантов. *Ученые-цюрупинцы – народному хозяйству обл.:* тез. докл. коф., посвященной юбилею ин-та. Херсон, 1994. С. 44.
150. Макарова Т.К. Вплив зрошення на ґрунтовий покрив сільськогосподарських угідь Дніпропетровської області. *Вода для всіх:*

матеріали міжнар. наук.-прак. конф. (Київ, 21 березня 2019 р.). Київ. 2019. С.99–100.

151. Макарова Т. К., Борисевич М.О. Проблеми іригаційно осолонцьованого чорнозему та шляхи їх вирішення. *Modern scientific researches*. Minsk. 2018. Vol. Issue 4. P. 119–123.

152. Заходи з поліпшення еколого-меліоративного стану зрошуваних і вилучених зі зрошення земель Донецького регіону: рекомендації. К.: Аграрна наука, 2005. 57с.

153. Морозов В.В., Бабушкіна Р.О. Еколого-економічне обґрунтування хімічної меліорації ґрунтів півдня України. *Еколого-економічні проблеми розвитку агропромислового виробництва в Україні в умовах формування ринкових відносин*: тез. доп. міжнародної наукової конф. Мелітополь: Педагогічний ін-т, 1993. Ч. I. С. 11.

154. Докучаев В.В. К вопросу о происхождении русского леса. *Вестник естествознания*. 1892. № 3-4. С. 154.

155. Заренцев И.Н., Циселький В.А., Котова Н.Ф., Кравченко В.А. Эффективность минеральных удобрений и фосфогипса на орошаемых солонцеватых почвах юга Украины. *Химия в сельском хозяйстве*. 1985. № 4. С. 5-9.

156. Заходи з поліпшення еколого-меліоративного стану зрошуваних і вилучених зі зрошення земель Донецького регіону: рекомендації. К.: Аграрна наука, 2005. 57 с.

157. Кизяков Ю.Е., Лаврентьев Н.М., Шелепова О.В. Эффективность фосфогипса при орошении минерализованными водами. *Химия в сельском хозяйстве*. 1987. № 2. С. 13-18.

158. Трускавецький Р.С., Балюк С.А., Цапко Ю.Л. та ін. Ресурсозберігаючі технології хімічної меліорації ґрунтів в умовах земельної реформи. К.: НВВ, 2000. 70с.

159. Чаусова Л.А., Балюк С.А. Экологические аспекты применения фосфогипса при орошении черноземов. *Оросительные мелиорации - их*

*развитие, эффективность и проблемы*: матер. междунаrodn. научн. конф. 1993г. Херсон, 1993. С. 107.

160. Бабушкіна Р.О. Агромеліоративна ефективність використання кальцієвмісних меліорантів на зрошуваних чорноземах південних: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.02. Херсон, 2006. 16 с.

161. Козирев В.В. Вплив комплексу агрономеліоративних заходів на продуктивність сої при зрошенні слабомінералізованими водами: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.02. Херсон, 2016. 20 с.

162. Болдырев А.И., Борькин А.И. Внесение химических мелиорантов и минеральных удобрений при поливе минерализованными водами в условиях юга Украины: докл. ТСХА. М., 1980. Вып. 258. С. 86-90.

163. Гасе Н.И. Изменение физико-химических свойств солонца в зависимости от норм гипса. *Роль почвы в управлении продуктивностью агроценозов*. Л., 1985. С. 27-32.

164. Зборищук Н.Г., Буханова О.Б. К вопросу о гипсовании южных черноземов в целях предотвращения их осолонцевания при орошении. *Агрoхимия*. 1987. № 10. С. 70-75.

165. Малиновская Н.М. Эффективность приемов мелиорации орошаемых вторично осолонцованных темно-каштановых почв Нижнего Приднепровья: автор. дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03. Харьков, 1992. - 21с.

166. Онопрієнко Д. М., Макарова Т. К. Вплив хімічної меліорації на сольовий режим ґрунтів (на прикладі Дніпропетровської області). *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. Вип. 3(37). С. 53–57.

167. ВНД 33-5.5-11-2002. Інструкція з проведення ґрунтово-сольової зйомки на зрошуваних землях України. К.: Державний комітет України по водному господарству, 2002. 31с.

168. Йонко О.А., Коорлев В.А., Стахурлова Л.Д. Химический анализ почв: учебно-методическое пособие по специальности 020701 – Почвоведение. Воронеж: ВГУ, 2010. 59 с.

169. Макарова Т. К. Зміна показників осолонцювання зрошуваних чорноземів при проведенні хімічної меліорації. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2018. Вип. 101. С. 183–187.

170. Воробьева Л.А., Ладонин Д.В., Лопухина О.В. Химический анализ почв. Вопросы и ответы. М, 2011. 186 с.

171. Fernando Visconti, José Miguel de Paz, José Luis Rubio. What information does the electrical conductivity of soil water extracts of 1 to 5 ratio (w/v) provide for soil salinity assessment of agricultural irrigated lands? *Geoderma*. 2010. Vol. 154. P. 387-397.

172. Rowell D., Pateras D. Diffusion and cation exchange during the reclamation of saline-structured soils. *Geoderma*. 2002. Vol. 107. Issue 3-4. P. 271-279.

173. Ушкаренко В.О. Зрошуване землеробство. К.: Урожай, 1994. 328 с.

174. Золотун В.П. Підвищення родючості ґрунтів - основа високих урожаїв. К.: Знання УРСР, 1982. Серія 9. №12. 47с.

175. Макарова Т.К. Міграція солей ґрунтового профілю іригаційно солонцюватого чорнозему під дією фосфогіпсу та зрошення. *Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії: міжнар. наук.-прак. конф. (Херсон, 24-25 травня 2019 р.)*. Херсон. 2019. С.82–84.

176. Макарова Т. К. Особливості застосування фосфогіпсу на солонцюватих зрошуваних чорноземах. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки*. 2013. Вип. 3(63). С. 145–153.

177. Макарова Т. К. Зміна фізико-хімічних властивостей солонцюватих чорноземів під впливом хімічної меліорації. *Мир науки и инноваций*. Иваново. 2015. Вып. 1(1). Том 15. С. 45–48.

178. Шикун Н.К., Назаренко Г.В. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия. М.: Агропромиздат, 1990. 320 с.

179. Носков Б.С., Чесняк Г.Я., Кукоба П.И. Оптимизация режимов и свойств черноземов Украины. *Вест. с.-х. науки*. 1986. Вып. 17 (358). С. 53-58.

180. Остапов В.Н., Сафронова Е.П. Влияние орошения на плодородие почв в степной зоне Украины. *Гидротехника и мелиорация*. 1986. № 5. С. 54-58.

181. Орлов Д.С., Аниканова Е.М., Маркин В.А. Особенности органического вещества орошаемых почв. *Проблемы ирригации почв юга Черноземной зоны*. М.: Наука, 1980. С. 35-61.

182. Макарова Т. К. Вплив хімічної меліорації на фізико-хімічні властивості солонцюватих чорноземів. *Еволюція ґрунтів України під впливом антропогенної діяльності: Всеукраїнська наук.-практ. конф. присвячена пам'яті видатного вченого доктора с.-г. н., професора В. П. Золотуна (Херсон. 19–20 лютого 2015 р.)*. Херсон. 2015. С. 69–71.

183. Крупица Д.О. Меліорація темно-каштанових вторинно-осолонцюваних ґрунтів в короткоротаційній овочевій сівозміні: автор. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.02. Херсон, 2001.-16 с.

184. Булигін С.Ю., Барвінський А.В., Ачасова А.О. Оцінка і прогноз якості земель. Х.: ХНАУ, 2006. 262 с.

185. Ачасова А.О. Ґрунтово-екологічні умови формування просторової неоднорідності вмісту важких металів у ґрунтах Лівобережного Лісостепу України: дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.18. Х., 2003. 262 с.

186. Reeve R.C., Bower C.A Use of high-salt waters as a flocculant and source of divalent cations for reclaiming sodic soils. *Soil Science*. 1960. Vol. 90. Issue 2. P. 139-144.

187. Методи меліорації солонцових ґрунтів та їх районування в Україні. *Вопросы меліорації солонцов*. Москва, 1958. С. 176–192.

188. Макарова Т. К. Зміна кіркоутворення та водопроникності ґрунту при проведенні хімічної меліорації. *Научные труды SWorld*. Иваново. 2018. Вып. 53. Том 2. С. 114–119.

189. Калиниченко В.П., Минкин М.Б. Интенсификация меліоративного процесса на орошаемых солонцовых комплексах почв. М.: Изд-во МСХА, 1991. 196 с.

190. Собко А.А. Роль оптимізації агроеліоративних факторів в підвищенні ефективності орошуваного землеробства. *Гидротехніка і меліорація*. 1986. № 3. С.61-66.

191. Бурзі К.Е., Синицина Н.П., Кучугура-Кучеренко Л.І. Солестійкість озимої пшениці Безоста 1 на ґрунтах Краснознам'янського зрошуваного масиву. Зрошуване землеробство. К.: Урожай, 1969. №7. С.93-101.

192. Лісняк А.А. Вилучені зі зрошення землі: спрямованість ґрунтових процесів, оцінка агроеліоративного стану та шляхи його поліпшення: автореф. дис. ... канд.. с.-г. наук: спец. 06.01.03 «агроґрунтознавство і агрофізика». Харків, 2006. 19 с.

193. Носоненко О.А., Лісняк А.А. Агроеліоративні зміни в спрямованості ґрунтових процесів та рівня родючості чорнозему звичайного після виведення його зі зрошення. *Вісник ХНАУ*. 2004. № 6. С. 31-34.

194. Гринченко А.М. Окультуривание солонцовых почв и повышение их плодородия. Харьков, 1979. 44с.



195. Грінченко О.М., Можейко О.М., Новикова Г.В. Рекомендації по підвищенню родючості солонців і солонцюватих ґрунтів України. К.: МСГ УРСР, 1964. 24 с.
196. Спосіб меліорації темно-каштанових ґрунтів у сівозміні при зрошенні водами підвищеної мінералізації: пат. 8824 Україна: 7 А01В79/00. № u200502078; заявл. 05.03.05; опубл. 15.08.07, Бюл. № 8. 10 с.
197. Боярский П.М. Мелиорация солонцовых почв. Донецк: «Донбасс», 1971. 138с.
198. Макарова Т. К. Економічна ефективність хімічної меліорації фосфогіпсом на іригаційно солонцюватих чорноземах. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2018. Вип. 4(84). С. 22–30.
199. Зеленовский А.А., Синельников В.М. Экономика предприятий АПК: Учебное пособие для практических и самостоятельных занятий. Мн.: БГАТУ, 2006. 165 с.
200. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств: підр. – 2-е вид., доп. і пер. К.: КНЕУ, 2002. 624 с.
201. Підгорний А.Н. Ефективність виробництва - головний показник результативності функціонування сільськогосподарського підприємства. *Продуктивність агропромислового виробництва. економічні науки*. 2014. Вип. 25. С. 126-131.
202. Мельник О.В. Ефективність використання виробничих ресурсів у аграрному секторі України. *Економіка і суспільство*. 2017. Вип. 9. С. 282-288.
203. Федуняк І.О. Наукові засади організації і ефективного виробництва продукції рослинництва на інноваційній основі. *Економічний простір*. 2017. № 117. С 129-139.
204. Справочник по планированию и экономике сельскохозяйственного производства: В 2ч. / сост. Г.В. Кулик и др. М.: Россельхозиздат, 1987. Ч. 2. 479 с.

## **ДОДАТКИ**

## ДОДОТОК А

Метеорологічні умови у вегетаційний період за 2011 рік досліджень

Місяць	Декада	Температура повітря, °С	Кількість опадів, мм
квітень	1	7,9	10,4
	2	11,9	16,2
	3	14,6	18,8
	за місяць	11,5	45,4
	середньобагаторічне	12,4	49,7
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-0,9</b>	<b>-4,3</b>
травень	1	17,1	24,4
	2	20,4	0
	3	23,3	7,8
	за місяць	20,3	32,2
	середньобагаторічне	19,1	72,5
	<b>±до багаторічних</b>	<b>1,2</b>	<b>-40,3</b>
червень	1	25,6	23,5
	2	23,5	38,5
	3	21,9	244
	за місяць	23,7	306
	середньобагаторічне	22,5	112,2
	<b>±до багаторічних</b>	<b>1,2</b>	<b>193,8</b>
липень	1	23,4	42
	2	27,7	40
	3	28,2	8,1
	за місяць	26,4	90,1
	середньобагаторічне	25,1	83,3
	<b>±до багаторічних</b>	<b>1,3</b>	<b>6,8</b>
серпень	1	26,1	10,5
	2	23,8	11,2
	3	22,1	8
	за місяць	24	29,7
	середньобагаторічне	24,3	65,1
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-0,3</b>	<b>-35,4</b>
вересень	1	24	20
	2	18,1	37
	3	16,7	20,6
	за місяць	19,6	77,6
	середньобагаторічне	17,6	64,2
	<b>±до багаторічних</b>	<b>2</b>	<b>13,4</b>

## Метеорологічні умови у вегетаційний період за 2012 рік досліджень

Місяць	Декада	Температура повітря, °С	Кількість опадів, мм
квітень	1	11,9	0
	2	15,9	2,8
	3	18,6	3,2
	за місяць	15,5	6,4
	середньобагаторічне	12,4	49,7
	<b>±до багаторічних</b>	<b>3,1</b>	<b>-43,3</b>
травень	1	22,8	0,06
	2	23	11,05
	3	20,4	71,81
	за місяць	22,1	82,9
	середньобагаторічне	19,1	72,5
	<b>±до багаторічних</b>	<b>3</b>	<b>10,4</b>
червень	1	22,7	25
	2	27,4	0,2
	3	25,6	4,3
	за місяць	25,2	29,5
	середньобагаторічне	22,5	112,2
	<b>±до багаторічних</b>	<b>2,7</b>	<b>-82,7</b>
липень	1	27,4	36,3
	2	27,7	18
	3	30,3	6,1
	за місяць	28,5	60,4
	середньобагаторічне	25,1	83,3
	<b>±до багаторічних</b>	<b>3,4</b>	<b>-22,9</b>
серпень	1	30,5	3
	2	23,2	61,8
	3	22,7	113,6
	за місяць	25,5	178,4
	середньобагаторічне	24,3	65,1
	<b>±до багаторічних</b>	<b>1,2</b>	<b>113,3</b>
вересень	1	19,4	23,4
	2	20	0
	3	19,3	12,7
	за місяць	19,6	36,1
	середньобагаторічне	17,6	64,2
	<b>±до багаторічних</b>	<b>2</b>	<b>-28,1</b>

## Метеорологічні умови у вегетаційний період за 2013 рік досліджень

Місяць	Декада	Температура повітря, °C	Кількість опадів, мм
квітень	1	10,9	1,2
	2	13,9	5
	3	16,8	11,6
	за місяць	13,9	17,8
	середньобагаторічне	12,4	49,7
	<b>±до багаторічних</b>	<b>1,5</b>	<b>-31,9</b>
травень	1	21,4	0
	2	21,8	9,3
	3	22,7	2,7
	за місяць	22	12
	середньобагаторічне	19,1	72,5
	<b>±до багаторічних</b>	<b>2,9</b>	<b>-60,5</b>
червень	1	22,5	16
	2	26	0,2
	3	24,2	3,8
	за місяць	24,2	20
	середньобагаторічне	22,5	112,2
	<b>±до багаторічних</b>	<b>1,7</b>	<b>-92,2</b>
липень	1	25,6	59,01
	2	24,1	36,1
	3	21,5	9
	за місяць	23,7	104,11
	середньобагаторічне	25,1	83,3
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-1,4</b>	<b>20,81</b>
серпень	1	23,8	60,1
	2	26,4	0
	3	22,1	15,3
	за місяць	24,1	75,4
	середньобагаторічне	24,3	65,1
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-0,2</b>	<b>10,3</b>
вересень	1	15,6	50
	2	16,9	79
	3	12,7	49,8
	за місяць	15,1	178,8
	середньобагаторічне	17,6	64,2
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-2,5</b>	<b>114,6</b>

## Метеорологічні умови у вегетаційний період за 2014 рік досліджень

Місяць	Декада	Температура повітря, °С	Кількість опадів, мм
квітень	1	6,8	20,5
	2	7,6	53,2
	3	8,5	33,5
	за місяць	7,6	107,2
	середньобагаторічне	12,4	49,7
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-4,8</b>	<b>57,5</b>
травень	1	20,5	38,4
	2	17,9	9,1
	3	20,9	77,8
	за місяць	19,8	125,3
	середньобагаторічне	19,1	72,5
	<b>±до багаторічних</b>	<b>0,7</b>	<b>52,8</b>
червень	1	18,2	68,4
	2	19,6	1,5
	3	20,9	37,2
	за місяць	19,6	107,1
	середньобагаторічне	22,5	112,2
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-2,9</b>	<b>-5,1</b>
липень	1	22,9	30,4
	2	23,4	15,2
	3	21	33,4
	за місяць	22,4	79
	середньобагаторічне	25,1	83,3
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-2,7</b>	<b>-4,3</b>
серпень	1	23,9	60,1
	2	26,9	7,2
	3	22,9	15,3
	за місяць	24,6	82,6
	середньобагаторічне	24,3	65,1
	<b>±до багаторічних</b>	<b>0,3</b>	<b>17,5</b>

## Метеорологічні умови у вегетаційний період за 2015 рік досліджень

Місяць	Декада	Температура повітря, °С	Кількість опадів, мм
квітень	1	7,9	10,5
	2	8,5	33,5
	3	10,5	40,5
	за місяць	9	84,5
	середньобагаторічне	12,4	49,7
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-3,4</b>	<b>34,8</b>
травень	1	15,5	24,1
	2	15,2	0
	3	18,2	6,8
	за місяць	16,3	30,9
	середньобагаторічне	19,1	72,5
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-2,8</b>	<b>-41,6</b>
червень	1	19,5	2,4
	2	20,5	27,6
	3	23,9	22,9
	за місяць	21,3	52,9
	середньобагаторічне	22,5	112,2
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-1,2</b>	<b>-59,3</b>
липень	1	22,9	0
	2	23,2	10,4
	3	22	18,4
	за місяць	22,7	28,8
	середньобагаторічне	25,1	83,3
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-2,4</b>	<b>-54,5</b>
серпень	1	23,9	0,4
	2	24	6,6
	3	20	41
	за місяць	22,6	48
	середньобагаторічне	24,3	65,1
	<b>±до багаторічних</b>	<b>-1,7</b>	<b>-17,1</b>
вересень	1	20,4	0
	2	19,4	2,8
	3	17,2	7,6
	за місяць	19	10,4
	середньобагаторічне	17,6	64,2
	<b>±до багаторічних</b>	<b>1,4</b>	<b>-53,8</b>

## ДОДАТОК Б

Характеристика дослідного ґрунту до проведення досліджень

Глибина відбору, см	Показники аніонів, мекв/100 г ґрунту			Показники катіонів, мекв/100 г ґрунту		
	$\text{HCO}_3^{-1}$	$\text{Cl}^{-1}$	$\text{SO}_4^{-2}$	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{Na}^{+1}$
0-15	0,33	0,71	2,74	0,26	0,27	3,25
15-30	0,48	0,52	2,59	0,71	0,29	2,59
30-45	0,45	0,55	2,48	0,27	0,3	2,91
45-60	0,48	0,46	2,28	0,24	0,2	2,78
60-75	0,51	0,44	1,7	0,17	0,11	2,37
75-90	0,57	0,4	1,52	0,1	0,1	2,29
90-105	0,62	0,42	1,43	0,2	0,1	2,17



## ДОДАТОК В

Оцінка якості води для зрошення  
2011 рік

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
мг/дм <sup>3</sup>		337	494	900		176	180	330		2416
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/л	0	5,52	13,91	18,74	38,16	8,80	15,01	14,35	38,16	
%-екв	0	14,5	36,4	49,1	100	23,1	39,3	37,6	100	

Хлоридно-сульфатно натрієвий тип

Гіпотетичні молекули токсичних і нетоксичних солей					
Іони	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	Сума
Ca <sup>+2</sup>		1,75	7,05	0,00	8,80
Mg <sup>+2</sup>		1,88	10,00	3,13	15,01
Na <sup>+1</sup>		1,89	1,69	10,77	14,35
Сума		5,52	18,74	13,9	38,16

За безпекою вторинного засолення – II клас придатності  
(ДСТУ 2730-94) (I клас (ДСТУ 2730:20015))

За безпекою підлучення ґрунту - I клас (II класу ДСТУ  
2730:20015)

За безпекою її токсичного впливу на рослини - II клас (II  
класу ДСТУ 2730:20015)

За безпекою осолонцювання ґрунту - II класу ДСТУ  
2730:20015

eCl 17,75465 мекв/л

Оцінка якості води для зрошення  
2012 рік

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
мг/дм <sup>3</sup>		394	565	999		159	202	423		2742
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/л	0	6,46	15,91	20,82	43,19	7,96	16,83	18,39	43,19	
%-екв	0	15,0	36,9	48,2	100	18,4	39,0	42,6	100	

Хлоридно-сульфатно натрієвий тип

Гіпотетичні молекули токсичних і нетоксичних солей					
Іони	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	Сума
Ca <sup>+2</sup>		1,75	6,21	0,00	7,96
Mg <sup>+2</sup>		2,353279	10,00	4,48	16,83
Na <sup>+1</sup>		2,353279	4,61	11,43	18,39
Сума		6,46	20,82	15,9	43,19

За небезпекою вторинного засолення – II клас придатності (ДСТУ 2730-94) (II клас (ДСТУ 2730:20015))

За небезпекою підлучення ґрунту - II клас (II класу ДСТУ 2730:20015)

За небезпекою її токсичного впливу на рослини - II клас (II класу ДСТУ 2730:20015)

За небезпекою осолонцювання ґрунту - II класу ДСТУ 2730:20015

eCl 20,71275 мекв/л

Оцінка якості води для зрошення  
2013 рік

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
мг/дм <sup>3</sup>		326	494	914		170	180	341		2424
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/л	0	5,34	13,92	19,03	38,29	8,50	14,97	14,82	38,29	
%-екв	0	13,9	36,4	49,7	100	22,2	39,1	38,7	100	

Хлоридно-сульфатно натрієвий тип

Гіпотетичні молекули токсичних і нетоксичних солей					
Іони	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	Сума
Ca <sup>+2</sup>		1,75	6,75	0,00	8,50
Mg <sup>+2</sup>		1,793525	10,00	3,18	14,97
Na <sup>+1</sup>		1,793525	2,29	10,74	14,82
Сума		5,34	19,03	13,9	38,29

За небезпекою вторинного засолення – II клас придатності  
(ДСТУ 2730-94) (II клас (ДСТУ 2730:20015))

За небезпекою підлучення ґрунту - II клас (II класу ДСТУ  
2730:20015)

За небезпекою її токсичного впливу на рослини - II клас (II  
класу ДСТУ 2730:20015)

За небезпекою осолонцювання ґрунту - II класу ДСТУ  
2730:20015

eCl 17,80925 мекв/л

Оцінка якості води для зрошення  
2014 рік

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
мг/дм <sup>3</sup>		381	490	1332		221	201	461		3084
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/л	0	6,24	13,81	27,74	47,79	11,05	16,72	20,02	47,79	
%-екв	0	13,1	28,9	58,0	100	23,1	35,0	41,9	100	

Хлоридно-сульфатно натрієвий тип

Гіпотетичні молекули токсичних і нетоксичних солей					
Іони	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	Сума
Ca <sup>+2</sup>		1,75	9,30	0,00	11,05
Mg <sup>+2</sup>		2,244344	10,00	4,48	16,72
Na <sup>+1</sup>		2,244344	8,44	9,34	20,02
Сума		6,24	27,74	13,8	47,79

За небезпекою вторинного засолення – II клас придатності (ДСТУ 2730-94) (II клас (ДСТУ 2730:20015))

За небезпекою підлучення ґрунту - II клас (II класу ДСТУ 2730:20015)

За небезпекою її токсичного впливу на рослини - II клас (II класу ДСТУ 2730:20015)

За небезпекою осолонцювання ґрунту - II класу ДСТУ 2730:20015

eCl 19,29244 мекв/л

Оцінка якості води для зрошення  
2015 рік

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
мг/дм <sup>3</sup>		551	520	1154		203	201	478		3107
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/л	0	9,03	14,65	24,04	47,72	10,15	16,78	20,78	47,72	
%-екв	0	18,9	30,7	50,4	100	21,3	35,2	43,6	100	

Хлоридно-сульфатно натрієвий тип

Гіпотетичні молекули токсичних і нетоксичних солей					
Іони	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	Сума
Ca <sup>+2</sup>		1,75	8,40	0,00	10,15
Mg <sup>+2</sup>		3,641393	10,00	3,14	16,78
Na <sup>+1</sup>		3,641393	5,64	11,50	20,78
Сума		9,03	24,04	14,6	47,72

За небезпекою вторинного засолення – II клас придатності (ДСТУ 2730-94) (II клас (ДСТУ 2730:20015))

За небезпекою підлучення ґрунту - II клас (II класу ДСТУ 2730:20015)

За небезпекою її токсичного впливу на рослини - II клас (II класу ДСТУ 2730:20015)

За небезпекою осолонцювання ґрунту - II класу ДСТУ 2730:20015

eCl 20,68934 мекв/л

**ДОДАТОК Г**  
Зміна аніонів  $\text{HCO}_3^{-1}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти дослідю		2011 рік			2012 рік		
зрошення, (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{HCO}_3^{-1}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $\text{HCO}_3^{-1}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,0183)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0245)		А (НІР <sub>05</sub> - 0,0251 )	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0372 )
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,3243	0,2700	0,2722	0,5900	0,4697	0,5825
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,1693		0,2441			0,5132
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,2970		0,3335			0,4601
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,2892		0,3296			0,4115
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,2200	0,3197		0,5750	0,5140	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,3188		0,4800			
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,3700		0,4340			
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,3699		0,5670			

А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення	0,0365 мекв/100г	0,0502 мекв/100г
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту	0,0346 мекв/100г	0,0525 мекв/100г
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів:		
НІР <sub>05</sub> - зрошення	0,0183 мекв/100г	0,0251 мекв/100г
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту	0,0245 мекв/100г	0,0372 мекв/100г

Зміна аніонів  $\text{HCO}_3^{-1}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти досліджу		2013 рік			2014 рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{HCO}_3^{-1}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $\text{HCO}_3^{-1}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,0197)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0260)		А (НІР <sub>05</sub> - 0,0184)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0251)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,3480	0,2898	0,3440	0,3879	0,3488	0,3738
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,2800		0,2978	0,3423		0,3502
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,2730		0,2824	0,3350		0,3495
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,2580		0,2535	0,3300		0,3432
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,3400	0,2991		0,3596	0,3595	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,3155		0,3580			
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,2918		0,3639			
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,2490		0,3564			

А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення	0,0393 мекв/100г	0,0368 мекв/100г
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту	0,0368 мекв/100г	0,0355 мекв/100г
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів:		
НІР <sub>05</sub> - зрошення	0,0197 мекв/100г	0,0184 мекв/100г
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту	0,0260 мекв/100г	0,0251 мекв/100г

Зміна аніонів  $\text{HCO}_3^{-1}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти дослідю		2015рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{HCO}_3^{-1}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,0215 )	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0251 )
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,3600	0,3675	0,3594
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,3402		0,2648
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,3395		0,3431
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,4303		0,3857
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,3587	0,3090	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,1894		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,3467		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,3410		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0430 мекв/100г	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0355 мекв/100г	
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0215 мекв/100г	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0251 мекв/100г	



Зміна аніонів  $Cl^{-1}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти досліджу		2011 рік			2012 рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $Cl^{-1}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $Cl^{-1}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> -0,0656)	В (НІР <sub>05</sub> -0,0747)		А (НІР <sub>05</sub> -0,0499)	В (НІР <sub>05</sub> -0,0694)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,9900	1,0917	1,1025	0,7000	0,8915	0,9740
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	1,1589		1,0708	0,9870		0,8070
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	1,0957		0,9969	1,0000		0,8106
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1,1220		0,9990	0,8790		0,7455
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	1,2150	0,9929		1,2480	0,7770	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,9826			0,6270		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,8980			0,6211		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,8760			0,6120		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,1313 мекв/100г		0,0997 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,1056 мекв/100г		0,0981 мекв/100г		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0656 мекв/100г		0,0499 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0747 мекв/100г		0,0694 мекв/100г		

Зміна аніонів  $Cl^{-1}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти досліджу		2013рік			2014рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $Cl^{-1}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $Cl^{-1}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> -0,0450)	В (НІР <sub>05</sub> -0,0807)		А (НІР <sub>05</sub> -0,0478)	В (НІР <sub>05</sub> -0,0722)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,8970	1,0233	1,0835	0,9324	0,9931	1,0942
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	1,1987		1,0244	1,1160		1,0042
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	1,0987		0,9774	1,0570		0,9665
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,8987		0,8479	0,8670		0,8499
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	1,2700	0,9433		1,2560	0,9643	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,8500			0,8923		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,8560			0,8760		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,7970			0,8327		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0900 мекв/100г		0,0957 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,1141 мекв/100г		0,1020 мекв/100г		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів:							
НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0450 мекв/100г		0,0478 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0807 мекв/100г		0,0722 мекв/100г		

Зміна аніонів  $Cl^{-1}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти дослідів		2015 рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $Cl^{-1}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,0579)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0779)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,9590	1,0358	1,1580
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га	1,1200		0,9977
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га	1,1000		0,9875
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,9640		0,8743
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	1,3570	0,9730	
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га	0,8753		
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га	0,8750		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,7845		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,1158 мекв/100г	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,1101 мекв/100г	
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0579 мекв/100г	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0779 мекв/100г	

Зміна аніонів  $\text{SO}_4^{-2}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти досліджу		2011 рік			2012 рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{SO}_4^{-2}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $\text{SO}_4^{-2}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,1531)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,2452)		А (НІР <sub>05</sub> - 0,1224)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,2244)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,3067	3,0252	2,6487	2,5070	2,7739	2,6285
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га	3,1700		2,9564	2,7884		2,7442
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га	3,2990		3,1685	2,8000		2,9098
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	3,3250		3,3749	3,0000		3,1830
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,9907	3,0491		2,7500	2,9589	
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га	2,7427			2,7000		
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га	3,0380			3,0195		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	3,4248			3,3660		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,3062 мекв/100г		0,2447 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,3468 мекв/100г		0,3174 мекв/100г		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів:							
НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,1531 мекв/100г		0,1224 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,2452 мекв/100г		0,2244 мекв/100г		

Зміна аніонів  $\text{SO}_4^{-2}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти досліджу		2013рік			2014рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{SO}_4^{-2}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $\text{SO}_4^{-2}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,1812)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,1988)		А (НІР <sub>05</sub> - 0,1685)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,2324)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,4217	2,6845	2,5359	2,3006	3,0773	2,5277
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	2,6940			3,2000		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	2,7768			3,3586		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,8453			3,4500		
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,6500	2,7777		2,7548	3,1160	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	2,5215			2,8090		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	2,7640			3,2967		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	3,1751			3,6034		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,3625 мекв/100г		0,3370 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,2812 мекв/100г		0,3287 мекв/100г		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів:							
НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,1812 мекв/100г		0,1685 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,1988 мекв/100г		0,2324 мекв/100г		

Зміна аніонів  $\text{SO}_4^{-2}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти дослідів		2015 рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{SO}_4^{-2}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,1664)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,2121)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,2530	2,8249	2,5165
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га	2,8800		2,8340
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га	3,0200		3,1400
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	3,1466		3,3618
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,7800	3,1013	
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га	2,7880		
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га	3,2600		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	3,5770		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення		0,3328 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту		0,3000 мекв/100г		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення		0,1664 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту		0,2121 мекв/100г		

Зміна катіонів  $\text{Ca}^{+2}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти досліджу		2011 рік			2012 рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{Ca}^{+2}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $\text{Ca}^{+2}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,0879)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,1014)		А (НІР <sub>05</sub> - 0,0772)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0880)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,6210	0,9838	0,4374	0,5970	0,9438	0,4550
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,7300		0,9273	0,7000		0,9000
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	1,0240		1,3015	1,0000		1,2600
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1,5600		1,8585	1,4780		1,7890
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,2537	1,2786		0,3130	1,2583	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	1,1246			1,1000		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	1,5790			1,5200		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,1570			2,1000		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,1758 мекв/100г		0,1545 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,1434 мекв/100г		0,1245 мекв/100г		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0879 мекв/100г		0,0772 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,1014 мекв/100г		0,0880 мекв/100г		

Зміна катіонів  $\text{Ca}^{+2}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти дослідю		2013рік			2014рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{Ca}^{+2}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $\text{Ca}^{+2}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,0677)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0859)		А (НІР <sub>05</sub> - 0,0848)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,1349)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,5736	0,9159	0,4468	0,5800	1,2257	0,4400
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,6780		0,8852	0,9500		1,1200
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,9870		1,2380	1,3486		1,7506
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1,4250		1,7125	2,0240		2,3793
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,3200	1,2253		0,3000	1,6193	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	1,0923			1,2900		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	1,4890			2,1526		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,0000			2,7345		
А-оцінка істотності часткових відмінностей:							
НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,1353 мекв/100г		0,1697 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,1215 мекв/100г		0,1907 мекв/100г		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів:							
НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0677 мекв/100г		0,0848 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0859 мекв/100г		0,1349 мекв/100г		



Зміна катіонів  $\text{Ca}^{+2}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти дослідів		2015 рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{Ca}^{+2}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,0976)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,1170)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,6000	1,1524	0,4562
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га	0,8904		1,0849
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га	1,2430		1,6715
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1,8760		2,2830
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,3123	1,5954	
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 1,4 т/га	1,2794		
	Внесення фосфогіпсу під культивування навесні нормою 3 т/га	2,1000		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,6900		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,1952 мекв/100г	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,1655 мекв/100г	
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0976 мекв/100г	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,1170 мекв/100г	

Зміна катіонів  $Mg^{+2}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти досліджу		2011 рік			2012 рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $Mg^{+2}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $Mg^{+2}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,0295)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0334)		А (НІР <sub>05</sub> - 0,0238)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0327)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,5800	0,5647	0,3680	0,4900	0,4184	0,3840
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,3633		0,4421			0,4371
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,6280		0,5275			0,4304
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,6875		0,4773			0,4206
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,1560	0,3427		0,2780	0,4177	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,5208		0,4500			
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,4270		0,4656			
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,2670		0,4770			
А-оцінка істотності часткових відмінностей:							
НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0590 мекв/100г		0,0477 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0473 мекв/100г		0,0462 мекв/100г		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів:							
НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0295 мекв/100г		0,0238 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0334 мекв/100г		0,0327 мекв/100г		

Зміна катіонів  $Mg^{+2}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти досліджу		2013рік			2014рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $Mg^{+2}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $Mg^{+2}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,0226)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0290)		А (НІР <sub>05</sub> - 0,0307)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0374)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,4700	0,4139	0,3770	0,4872	0,6276	0,3456
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,3950		0,3809	0,7083		0,6388
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,4015		0,4108	0,7920		0,6040
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,3890		0,4140	0,5230		0,4615
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,2840	0,3774		0,2040	0,3973	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,3667			0,5693		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,4200			0,4160		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,4390			0,4000		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0452 мекв/100г		0,0613 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0410 мекв/100г		0,0528 мекв/100г		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів:							
НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0226 мекв/100г		0,0307 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0290 мекв/100г		0,0374 мекв/100г		

Зміна катіонів  $Mg^{+2}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти дослідю		2015рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $Mg^{+2}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,0575)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,0509)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,4500	0,7243	0,4095
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,7280		0,7340
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,8611		0,8216
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	0,8580		0,9290
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	0,3689	0,7227	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	0,7400		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	0,7820		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1,0000		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,1149 мекв/100г	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0719 мекв/100г	
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,0575 мекв/100г	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,0509 мекв/100г	

Зміна катіонів  $\text{Na}^{+1}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти досліджу		2011 рік			2012 рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{Na}^{+1}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $\text{Na}^{+1}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,1583)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,2517)		А (НІР <sub>05</sub> - 0,1441)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,2709)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,4200	2,8383	3,2180	2,7100	2,7729	3,3460
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	3,4049		2,9018	3,1976		2,7273
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	3,0397		2,6699	2,8910		2,4900
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,4887		2,3677	2,2928		2,1304
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	4,0160	2,7404		3,9820	2,5740	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	2,3987			2,2570		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	2,3000			2,0890		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,2467			1,9680		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,3165 мекв/100г		0,2883 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,3559 мекв/100г		0,3831 мекв/100г		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,1583 мекв/100г		0,1441 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,2517 мекв/100г		0,2709 мекв/100г		

Зміна катіонів  $\text{Na}^{+1}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти досліджу		2013рік			2014рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{Na}^{+1}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г		показник $\text{Na}^{+1}$ , мекв/ 100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,1888)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,2335)		А (НІР <sub>05</sub> - 0,1609)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,2667)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,6231	2,6677	3,1396	2,5537	2,5659	3,2101
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	3,0997		2,6639	3,0000		2,6000
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	2,7600		2,3814	2,6100		2,2890
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,1880		1,9851	2,1000		1,8790
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	3,6560	2,4172		3,8664	2,4231	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	2,2280			2,2000		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	2,0028			1,9680		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1,7821			1,6580		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,3776 мекв/100г		0,3219 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,3302 мекв/100г		0,3772 мекв/100г		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів:							
НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,1888 мекв/100г		0,1609 мекв/100г		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,2335 мекв/100г		0,2667 мекв/100г		

Зміна катіонів  $\text{Na}^{+1}$  водної витяжки ґрунту за роки досліджень

Варіанти досліду		2015 рік		
зрошення (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник $\text{Na}^{+1}$ , мекв/100г	середній показник за факторами, мекв/100г	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,2505)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,2692)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,5220	2,3515	3,1683
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	2,7218		2,2776
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	2,3554		1,9776
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1,8069		1,4097
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	3,8145	2,0650	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	1,8333		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	1,5997		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	1,0125		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,5010 мекв/100г	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,3807 мекв/100г	
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,2505 мекв/100г	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,2692 мекв/100г	

## ДОДАТОК Д

Визначення ступеня засолення за варіантами дослідів

Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунту за 2011 р.

Варіант 1

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0,0000	0,6036	0,1445	1,577	2,3251	0,3530	0,3900	1,5821	2,3251	
%	0,0000	0,03682	0,00513	0,075696	0,1176	0,0071	0,0197	0,0798	0,1066	0,2242
%-екв	0,0000	26,0	6,2	67,8	100,0	15,2	16,8	68,0	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,0100	0,3430	0	0,3530
Mg <sup>+2</sup>		0,0400	0,3500	0	0,3900
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0,5536	0,8840	0,1445	1,5821
	0,0000	0,6036	1,5770	0,1445	2,3251

HCO<sub>3</sub><sup>-1</sup>/SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 0,38 – содово-сульфатний СдС  
 Na<sup>+1</sup>/Mg<sup>+2</sup> = 4,06 - натрієвий

S<sub>токс.солей</sub> = 0,21 – слабо засолені

eCl = 0,6127 слабо засолені



## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2011 р.

## Варіант 2

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,2200	0,6850	3,5687	4,4737	0,2537	0,2000	4,0200	4,4737	
%	0	0,01342	0,024318	0,171298	0,2090	0,0051	0,0197	0,0798	0,1046	0,3136
%-екв	0	4,9	15,3	79,8	100,0	5,7	4,5	89,9	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,22	0,0337	0	0,2537
Mg <sup>+2</sup>		0	0,2	0	0,2000
Na <sup>+1</sup>		0	3,335	0,685	4,0200
		0,2200	3,5687	0,6850	4,4737

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 3,57 –сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 4,06 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,30 – середньо засолені

eCl= 1,39 середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунту за 2011 р.

## Варіант 3

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,1693	0,5944	5,47	6,2337	0,53	0,3633	5,3404	6,2337	
%	0	0,010327	0,021101	0,26256	0,2940	0,0106	0,0197	0,0798	0,1101	0,4041
%-екв	0	2,7	9,5	87,7	100,0	8,5	5,8	85,7	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1693	0,3607	0	0,5300
Mg <sup>+2</sup>		0	0,3633	0	0,3633
Na <sup>+1</sup>		0	4,746	0,5944	5,3404
		0,1693	5,4700	0,5944	6,2337

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,47 – сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup> / Ca<sup>+2</sup> = 10,07 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,37 – середньо засолені

eCl = 1,39 середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунту за 2011 р.

## Варіант 4

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,3970	0,5915	5,5316	6,5201	0,6800	0,6280	5,2121	6,5201	
%	0	0,024217	0,020998	0,265517	0,3107	0,0136	0,0197	0,0798	0,1131	0,4238
%-екв	0	6,1	9,1	84,8	100,0	10,4	9,6	79,9	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1693	0,3607	0	0,5300
Mg <sup>+2</sup>		0	0,3633	0	0,3633
Na <sup>+1</sup>		0	4,746	0,5944	5,3404
		0,1693	5,4700	0,5944	6,2337

eCl= 1,39 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,53 – сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 7,66 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,39 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунту за 2011 р.

## Варіант 5

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,1892	0,6761	5,7550	6,6203	0,7823	0,5875	5,2505	6,6203	
%	0	0,011541	0,024002	0,27624	0,3118	0,0156	0,0197	0,0798	0,1151	0,4269
%-екв	0	2,9	10,2	86,9	100,0	11,8	8,9	79,3	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1892	0,5931	0	0,7823
Mg <sup>+2</sup>		0	0,5875	0	0,5875
Na <sup>+1</sup>		0	4,5744	0,6761	5,2505
		0,1892	5,7550	0,6761	6,6203

eCl= 1,7 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,75 – сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup> / Ca<sup>+2</sup> = 6,7 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,4 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2011 р.

## Варіант 6

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,6188	0,4826	5,6850	6,7864	0,6700	0,3208	5,7956	6,7864	
%	0	0,037747	0,017132	0,27288	0,3278	0,0134	0,0197	0,0798	0,1129	0,4406
%-екв	0	9,1	7,1	83,8	100,0	9,9	4,7	85,4	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,6188	0,0512	0	0,6700
Mg <sup>+2</sup>		0	0,3208	0	0,3208
Na <sup>+1</sup>		0	5,313	0,4826	5,7956
		0,6188	5,6850	0,4826	6,7864

eCl= 1,6 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,69 –сульфатний СNa<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 8,64 – натрієвий НS<sub>токс.солей</sub> = 0,58 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунту за 2011 р.

## Варіант 7

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,7	0,3980	5,7395	6,8375	0,9300	0,4270	5,4805	6,8375	
%	0	0,0427	0,014129	0,275496	0,3323	0,0186	0,0197	0,0798	0,1181	0,4504
%-екв	0	10,2	5,8	83,9	100,0	13,6	6,2	80,2	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,7	0,23	0	0,9300
Mg <sup>+2</sup>		0	0,427	0	0,4270
Na <sup>+1</sup>		0	5,0825	0,398	5,4805
		0,7000	5,7395	0,3980	6,8375

eCl= 1,5 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,74 – сульфатний СNa<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 5,89 – натрієвий НS<sub>токс.солей</sub> = 0,42 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунту за 2011 р.

## Варіант 8

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,6990	0,4760	5,7670	6,9420	1,3440	0,2670	5,3310	6,9420	
%	0	0,042639	0,016898	0,276816	0,3364	0,0269	0,0197	0,0798	0,1264	0,4627
%-екв	0	10,1	6,9	83,1	100,0	19,4	3,8	76,8	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,699	0,645	0	1,3440
Mg <sup>+2</sup>		0	0,267	0	0,2670
Na <sup>+1</sup>		0	4,855	0,476	5,3310
		0,6990	5,7670	0,4760	6,942

eCl= 1,5 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,77 – сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 3,97 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,41 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2012 р.

## Варіант 1

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,5000	0,7000	3,7500	4,9500	0,4700	0,9000	3,5800	4,9500	
%	0	0,0305	0,02485	0,18	0,2354	0,0094	0,0197	0,0798	0,1089	0,3442
%-екв	0	10,1	14,1	75,8	100,0	9,5	18,2	72,3	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,0100	0,4600	0	0,4700
Mg <sup>+2</sup>		0,4000	0,5000	0	0,9000
Na <sup>+1</sup>		0,0900	2,7900	0,7000	3,5800
		0,5000	3,7500	0,7000	4,9500

eCl= 1,39 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 3,75 – сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup> / Ca<sup>+2</sup> = 7,6 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,32 – середньо засолені



## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунту за 2012 р.

## Варіант 2

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,5250	0,7612	4,2500	5,5362	0,3298	0,2140	4,9924	5,5362	
%	0	0,032025	0,027023	0,204	0,2630	0,0066	0,0197	0,0798	0,1061	0,3691
%-екв	0	9,5	13,7	76,8	100,0	6,0	3,9	90,2	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1000	0,2298	0	0,3298
Mg <sup>+2</sup>		0,1140	0,1000	0	0,2140
Na <sup>+1</sup>		0,3110	3,9202	0,7612	4,9924
		0,5250	4,2500	0,7612	5,5362

eCl= 1,69 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 4,25 – сульфатний СNa<sup>+1</sup> / Ca<sup>+2</sup> = 15,59 – натрієвий НS<sub>токс.солей</sub> = 0,35 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2012 р.

## Варіант 3

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,5464	0,4971	4,9308	5,9743	0,5013	0,3242	5,1488	5,9743	
%	0	0,03333	0,017647	0,236678	0,2877	0,0100	0,0197	0,0798	0,1095	0,3972
%-екв	0	9,1	8,3	82,5	100,0	8,4	5,4	86,2	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,5013	0	0	0,5013
Mg <sup>+2</sup>		0,0451	0,2791	0	0,3242
Na <sup>+1</sup>		0	4,6517	0,4971	5,1488
		0,5464	4,9308	0,4971	5,9743

eCl= 1,49 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 4,93 – сульфатний СNa<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 10,30 – натрієвий НS<sub>токс.солей</sub> = 0,38 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2012 р.

## Варіант 4

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,4862	0,5071	5,1789	6,1722	0,6078	0,533	5,0314	6,1722	
%	0	0,029658	0,018002	0,248587	0,2962	0,0122	0,0197	0,0798	0,1116	0,4079
%-екв	0	7,9	8,2	83,9	100,0	9,8	8,6	81,5	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0	0,533	0	0,5330
Mg <sup>+2</sup>		0	4,5243	0,5071	5,0314
Na <sup>+1</sup>		0,4862	5,1789	0,5071	6,1722

eCl= 1,52 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,2 сульфатний СNa<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 8,38 – натрієвий НS<sub>токс.солей</sub> = 0,39 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2012 р.

## Варіант 5

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,2560	0,647	5,364	6,2670	0,7689	0,3042	5,1939	6,2670	
%	0	0,015616	0,022969	0,257472	0,2961	0,0154	0,0197	0,0798	0,1149	0,4109
%-екв	0	4,1	10,3	85,6	100,0	12,3	4,9	82,9	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,256	0,5129	0	0,7689
Mg <sup>+2</sup>		0	0,3042	0	0,3042
Na <sup>+1</sup>		0	4,5469	0,647	5,1939
		0,2560	5,3640	0,6470	6,267

eCl= 1,62 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,4 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 6,7 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,38 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2012 р.

## Варіант 6

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,9800	0,3631	5,2479	6,5910	0,6	0,4823	5,5087	6,5910	
%	0	0,05978	0,01289	0,251899	0,3246	0,0120	0,0197	0,0798	0,1115	0,4361
%-екв	0	14,9	5,5	79,6	100,0	9,1	7,3	83,6	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1000	0,5000	0	0,6000
Mg <sup>+2</sup>		0,3823	0,1000	0	0,4823
Na <sup>+1</sup>		0,4977	4,6479	0,3631	5,5087
		0,9800	5,2479	0,3631	6,5910

eCl= 1,51 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,25 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 9,17 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,41 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2012 р.

## Варіант 7

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,7434	0,3211	5,6522	6,7167	0,962	0,4867	5,268	6,7167	
%	0	0,045347	0,011399	0,271306	0,3281	0,0192	0,0197	0,0798	0,1187	0,4468
%-екв	0	11,1	4,8	84,2	100,0	14,3	7,2	78,4	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,7434	0,2186	0	0,9620
Mg <sup>+2</sup>		0	0,4867	0	0,4867
Na <sup>+1</sup>		0	4,9469	0,3211	5,2680
		0,7434	5,6522	0,3211	6,7167

eCl= 1,41 середньо засолені

## Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,65 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 5,49 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,41 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2012 р.

## Варіант 8

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,5670	0,412	5,905	6,8840	1,126	0,502	5,256	6,8840	
%	0	0,034587	0,014626	0,28344	0,3327	0,0225	0,0197	0,0798	0,1220	0,4547
%-екв	0	8,2	6,0	85,8	100,0	16,4	7,3	76,4	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,567	0,559		1,1260
Mg <sup>+2</sup>		0	0,502	0	0,5020
Na <sup>+1</sup>		0	4,844	0,412	5,2560
		0,5670	5,9050	0,4120	6,884

eCl= 1,48 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,91 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 4,65 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,41 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2013 р.

## Варіант 1

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,6380	0,1827	3,146	3,9667	0,4736	0,97	2,5231	3,9667	
%	0	0,038918	0,006486	0,151008	0,1964	0,0095	0,0197	0,0798	0,1090	0,3054
%-екв	0	16,1	4,6	79,3	100,0	11,9	24,5	63,6	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1000	0,3736	0	0,4736
Mg <sup>+2</sup>		0,4700	0,5000	0	0,9700
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0,0680	2,2724	0,1827	2,5231
	0,0000	0,6380	3,1460	0,1827	3,9667

eCl= 0,7644 слабо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 3,146 сульфатний СNa<sup>+1</sup>/Mg<sup>+2</sup> = 2,59 – натрієвий НS<sub>токс.солей</sub> = 0,29 – слабо засолені



## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2013 р.

## Варіант 2

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,7400	1,07	3,97	5,7800	0,48	0,489	4,811	5,7800	
%	0	0,04514	0,037985	0,19056	0,2737	0,0096	0,0197	0,0798	0,1091	0,3828
%-екв	0	12,8	18,5	68,7	100,0	8,3	8,5	83,2	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1000	0,3800	0	0,4800
Mg <sup>+2</sup>		0,1350	0,3540	0	0,4890
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0,5050	3,2360	1,0700	4,8110
	0,0000	0,7400	3,9700	1,0700	5,7800

eCl= 1,99 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 3,97 сульфатний СNa<sup>+1</sup>/Mg<sup>+2</sup> = 10,02 – натрієвий НS<sub>токс.солей</sub> = 0,36 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2013 р.

## Варіант 3

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,0393	0,6958	5,1204	5,8555	0,5	0,375	4,9805	5,8555	
%	0	0,002397	0,024701	0,245779	0,2729	0,0100	0,0197	0,0798	0,1095	0,3824
%-екв	0	0,7	11,9	87,4	100,0	8,5	6,4	85,1	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,0393	0,4607	0	0,5000
Mg <sup>+2</sup>		0	0,375	0	0,3750
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	4,2847	0,6958	4,9805
	0,0000	0,0393	5,1204	0,6958	5,8555

eCl= 1,63 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,12 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 9,96 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,35 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2013 р.

## Варіант 4

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,9902	0,9099	4,0563	5,9564	0,5967	0,4015	4,9582	5,9564	
%	0	0,060402	0,032301	0,194702	0,2874	0,0119	0,0197	0,0798	0,1114	0,3988
%-екв	0	16,6	15,3	68,1	100,0	10,0	6,7	83,2	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1000	0,4967	0	0,5967
Mg <sup>+2</sup>		0,0475	0,3540	0	0,4015
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0,8427	3,2056	0,9099	4,9582
	0,0000	0,9902	4,0563	0,9099	5,9564

eCl= 1,96 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 4,06 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 8,27 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,37 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2013 р.

## Варіант 5

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,9410	0,864	4,209	6,0140	0,6162	0,5	4,8978	6,0140	
%	0	0,057401	0,030672	0,202032	0,2901	0,0123	0,0197	0,0798	0,1118	0,4019
%-екв	0	15,6	14,4	70,0	100,0	10,2	8,3	81,4	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1000	0,5162	0	0,6162
Mg <sup>+2</sup>		0,1460	0,3540	0	0,5000
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0,6950	3,3388	0,8640	4,8978
	0,0000	0,9410	4,2090	0,8640	6,0140

eCl= 1,88 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 4,21 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 7,95 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,38 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2013 р.

## Варіант 6

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,6934	0,56	5,1934	6,4468	0,5231	0,3667	5,557	6,4468	
%	0	0,042297	0,01988	0,249283	0,3115	0,0105	0,0197	0,0798	0,1100	0,4214
%-екв	0	10,8	8,7	80,6	100,0	8,1	5,7	86,2	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1000	0,4231		0,5231
Mg <sup>+2</sup>		0,0127	0,3540	0	0,3667
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0,5807	4,4163	0,5600	5,5570
	0,0000	0,6934	5,1934	0,5600	6,4468

eCl= 1,75 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,19 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup> / Ca<sup>+2</sup> = 10,67 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,40 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2013 р.

## Варіант 7

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,8918	0,356	5,3572	6,6050	0,845	0,45	5,31	6,6050	
%	0	0,0544	0,012638	0,257146	0,3242	0,0169	0,0197	0,0798	0,1164	0,4406
%-екв	0	13,5	5,4	81,1	100,0	12,8	6,8	80,4	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1000	0,7450	0	0,8450
Mg <sup>+2</sup>		0,0960	0,3540	0	0,4500
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0,6958	4,2582	0,3560	5,3100
	0,0000	0,8918	5,3572	0,3560	6,6050

eCl= 1,56 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,36 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 6,28 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,40 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2013 р.

## Варіант 8

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,7490	0,397	5,6245	6,7705	0,9615	0,479	5,33	6,7705	
%	0	0,045689	0,014094	0,269976	0,3298	0,0192	0,0197	0,0798	0,1187	0,4485
%-екв	0	11,1	5,9	83,1	100,0	14,2	7,1	78,7	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,749	0,2125	0	0,9615
Mg <sup>+2</sup>		0	0,479	0	0,4790
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	4,933	0,397	5,3300
	0,0000	0,7490	5,6245	0,3970	6,7705

eCl= 1,48 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 5,62 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 5,55 – натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,41 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2014 р.

## Варіант 1

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,1148	0,7324	2,2006	3,0478	0,95	0,75	1,3478	3,0478	
%	0	0,007003	0,026	0,105629	0,1386	0,0190	0,0197	0,0798	0,1185	0,2571
%-екв	0	3,8	24,0	72,2	100,0	31,2	24,6	44,2	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1148	0,8352	0	0,9500
Mg <sup>+2</sup>		0	0,75	0	0,7500
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	0,6154	0,7324	1,3478
	0,0000	0,1148	2,2006	0,7324	3,0478

eCl= 1,01 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 2,2 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 1,41 – кальцієво-натрієвий КН

S<sub>токс.солей</sub> = 0,22 – слабо засолені



## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2014 р.

## Варіант 2

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,0859	0,897	4,5325	5,5154	0,645	0,504	4,3664	5,5154	
%	0	0,00524	0,031844	0,21756	0,2546	0,0129	0,0197	0,0798	0,1124	0,3670
%-екв	0	1,6	16,3	82,2	100,0	11,7	9,1	79,2	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,0859	0,5591	0	0,6450
Mg <sup>+2</sup>		0	0,504	0	0,5040
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	3,4694	0,897	4,3664
	0,0000	0,0859	4,5325	0,8970	5,5154

eCl= 1,69 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 4,5 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 6,77 натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,34 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2014 р.

## Варіант 3

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,0656	0,507	7,25	7,8226	0,85	0,6833	6,2893	7,8226	
%	0	0,004002	0,017999	0,348	0,3700	0,0170	0,0197	0,0798	0,1165	0,4865
%-екв	0	0,8	6,5	92,7	100,0	10,9	8,7	80,4	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,0656	0,7844	0	0,8500
Mg <sup>+2</sup>		0	0,6833	0	0,6833
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	5,7823	0,507	6,2893
	0,0000	0,0656	7,2500	0,5070	7,8226

eCl= 1,80 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 7,25 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 7,40 натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,45 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2014 р.

## Варіант 4

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,0592	0,4507	7,534	8,0439	1,05	0,833	6,1609	8,0439	
%	0	0,003611	0,016	0,361632	0,3812	0,0210	0,0197	0,0798	0,1205	0,5017
%-екв	0	0,7	5,6	93,7	100,0	13,1	10,4	76,6	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,0592	0,9908	0	1,0500
Mg <sup>+2</sup>		0	0,833	0	0,8330
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	5,7102	0,4507	6,1609
	0,0000	0,0592	7,5340	0,4507	8,0439

eCl= 1,76 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 7,53 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 5,87 натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,46 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2014 р.

## Варіант 5

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,0664	0,512	7,6092	8,1876	1,75	0,9833	5,4543	8,1876	
%	0	0,00405	0,018176	0,365242	0,3875	0,0350	0,0197	0,0798	0,1345	0,5220
%-екв	0	0,8	6,3	92,9	100,0	21,4	12,0	66,6	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,0664	1,6836	0	1,7500
Mg <sup>+2</sup>		0	0,9833	0	0,9833
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	4,9423	0,512	5,4543
	0,0000	0,0592	7,5340	0,4507	8,0439

eCl= 1,7 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 7,61 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 3,11 натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,46 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2014 р.

## Варіант 6

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,3280	0,4225	7,45	8,2005	0,96	0,5833	6,6572	8,2005	
%	0	0,020008	0,014999	0,3576	0,3926	0,0192	0,0197	0,0798	0,1187	0,5113
%-екв	0	4,0	5,2	90,8	100,0	11,7	7,1	81,2	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,328	0,632	0	0,9600
Mg <sup>+2</sup>		0	0,5833	0	0,5833
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	6,2347	0,4225	6,6572
	0,0000	0,3280	7,4500	0,4225	8,2005

eCl= 1,79 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 7,45 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 4,11 натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,48– середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2014 р.

## Варіант 7

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,6390	0,34	7,42	8,3990	1,68	0,6416	6,0774	8,3990	
%	0	0,038979	0,01207	0,35616	0,4072	0,0336	0,0197	0,0798	0,1331	0,5403
%-екв	0	7,6	4,0	88,3	100,0	20,0	7,6	72,4	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,639	1,041	0	1,6800
Mg <sup>+2</sup>		0	0,6416	0	0,6416
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	5,7374	0,34	6,0774
	0,0000	0,6390	7,4200	0,3400	8,399

eCl= 1,62 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

$$SO_4^{-2} = 7,42 \text{ сульфатний С}$$

$$Na^{+1} / Ca^{+2} = 3,62 \text{ натрієвий Н}$$
S<sub>токс.солей</sub> = 0,48– середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2014 р.

## Варіант 8

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0	0,5643	0,327	7,67	8,5613	1,97	0,658	5,9333	8,5613	
%	0	0,034422	0,011609	0,36816	0,4142	0,0394	0,0197	0,0798	0,1389	0,5531
%-екв	0	6,6	3,8	89,6	100,0	23,0	7,7	69,3	100,0	

Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,5643	1,4057	0	1,9700
Mg <sup>+2</sup>		0	0,658	0	0,6580
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	5,6063	0,327	5,9333
	0,0000	0,5643	7,6700	0,3270	8,5613

eCl= 1,58 середньо засолені

Визначення хімізму засолення

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 7,67 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 3,01 натрієвий Н

S<sub>токс.солей</sub> = 0,47 – середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2015 р.

## Варіант 1

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0,0000	0,6000	0,59	2,61	3,8000	1,13	0,45	2,22	3,8000	
%	0,0000	0,0366	0,020945	0,12528	0,1828	0,0226	0,0197	0,0798	0,1221	0,3049
%-екв	0,0000	15,8	15,5	68,7	100,0	29,7	11,8	58,4	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1000	1,0300	0	1,1300
Mg <sup>+2</sup>		0,0960	0,3540	0	0,4500
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0,4040	1,2260	0,5900	2,2200
	0,0000	0,6000	2,6100	0,5900	3,8000

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 2,61 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 1,96 кальцієво-натрієвий КН

S<sub>токс.солей 1</sub> = 0,26 слабо засолені

eCl = 1,0676 середньо засолені



## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2015 р.

## Варіант 2

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0,0000	0,7160	1,4	3,438	5,5540	0,523	0,7689	4,2621	5,5540	
%	0,0000	0,043676	0,0497	0,165024	0,2584	0,0105	0,0197	0,0798	0,1100	0,3684
%-екв	0,0000	12,9	25,2	61,9	100,0	9,4	13,8	76,7	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,1000	0,4230	0	0,5230
Mg <sup>+2</sup>		0,4149	0,3540	0	0,7689
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0,2011	2,6610	1,4000	4,2621
	0,0000	0,7160	3,4380	1,4000	5,5540

Cl<sup>-1</sup>/SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 0,41 хлоридно-сульфатний ХС  
 Na<sup>+1</sup>/Mg<sup>+2</sup> = 5,5 натрієвий Н

S<sub>токс.солей 1</sub> = 0,34 – середньо засолені

eCl = 2,0834 середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2015 р.

## Варіант 3

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0,0000	0,2900	0,85	6,528	7,6680	0,7904	0,728	6,1496	7,6680	
%	0,0000	0,01769	0,030175	0,313344	0,3612	0,0158	0,0197	0,0798	0,1153	0,4765
%-екв	0,0000	3,8	11,1	85,1	100,0	10,3	9,5	80,2	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,29	0,5004	0	0,7904
Mg <sup>+2</sup>		0	0,728	0	0,7280
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	5,2996	0,85	6,1496
	0,0000	0,2900	6,5280	0,8500	7,668

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 6,5 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 7,78 натрієвий Н

S<sub>токс.солей 1</sub> = 0,44 – середньо засолені

eCl = 2,05552 середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2015 р.

## Варіант 4

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0,0000	0,5900	0,756	6,59	7,9360	1,0158	0,8611	6,0591	7,9360	
%	0,0000	0,03599	0,026838	0,31632	0,3791	0,0203	0,0197	0,0798	0,1198	0,4990
%-екв	0,0000	7,4	9,5	83,0	100,0	12,8	10,9	76,3	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,59	0,4258	0	1,0158
Mg <sup>+2</sup>		0	0,8611	0	0,8611
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	5,3031	0,756	6,0591
	0,0000	0,5900	6,5900	0,7560	7,936

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 6,59 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/ Ca<sup>+2</sup> = 5,9 натрієвий Н

S<sub>токс.солей 1</sub> = 0,47 – середньо засолені

eCl= 1,98884 середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2015 р.

## Варіант 5

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0,0000	0,4390	0,63	6,938	8,0070	1,661	1	5,346	8,0070	
%	0,0000	0,026779	0,022365	0,333024	0,3822	0,0332	0,0197	0,0798	0,1327	0,5149
%-екв	0,0000	5,5	7,9	86,6	100,0	20,7	12,5	66,8	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,439	1,222	0	1,6610
Mg <sup>+2</sup>		0	1	0	1,0000
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	4,716	0,63	5,3460
	0,0000	0,4390	6,9380	0,6300	8,007

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 6,9 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 3,2 натрієвий Н

S<sub>токс.солей 1</sub> = 0,45 – середньо засолені

eCl = 1,7732 середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2015 р.

## Варіант 6

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0,0000	0,3000	0,53	7,22	8,0500	0,9	0,75	6,4	8,0500	
%	0,0000	0,0183	0,018815	0,34656	0,3837	0,0180	0,0197	0,0798	0,1175	0,5012
%-екв	0,0000	3,7	6,6	89,7	100,0	11,2	9,3	79,5	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,3	0,6	0	0,9000
Mg <sup>+2</sup>		0	0,75	0	0,7500
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	5,87	0,53	6,4000
	0,0000	0,3000	7,2200	0,5300	8,05

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 7,22 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 7,1 натрієвий Н

S<sub>токс.солей 1</sub> = 0,47 – середньо засолені

eCl = 1,854 середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2015 р.

Варіант 7

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0,0000	0,3900	0,45	7,37	8,2100	1,65	0,68	5,88	8,2100	
%	0,0000	0,02379	0,015975	0,35376	0,3935	0,0330	0,0197	0,0798	0,1325	0,5260
%-екв	0,0000	4,8	5,5	89,8	100,0	20,1	8,3	71,6	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,39	1,26	0	1,6500
Mg <sup>+2</sup>		0	0,68	0	0,6800
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	5,43	0,45	5,8800
	0,0000	0,3900	7,3700	0,4500	8,21

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 7,37 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 3,56 натрієвий Н

S<sub>токс.солей 1</sub> = 0,46 – середньо засолені

eCl = 1,672 середньо засолені

## Результати хімічного аналізу водної витяжки ґрунті за 2015 р.

## Варіант 8

Показник	Аніони					Катіони				Всього
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	Cl <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	сума	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+1</sup>	сума	
Еквівалентна маса	30	61	35,5	48		20	12	23		
мекв/100г	0,0000	0,4800	0,45	7,42	8,3500	1,82	0,53	6	8,3500	
%	0,0000	0,02928	0,015975	0,35616	0,4014	0,0364	0,0197	0,0798	0,1359	0,5373
%-екв	0,0000	5,7	5,4	88,9	100,0	21,8	6,3	71,9	100,0	

## Визначення «сумарного ефекту» токсичних іонів

I	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-1</sup>	
Ca <sup>+2</sup>		0,48	1,34	0	1,8200
Mg <sup>+2</sup>		0	0,53	0	0,5300
Na <sup>+1</sup>	0,0000	0	5,55	0,45	6,0000
	0,0000	0,4800	7,4200	0,4500	8,35

SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> = 7,42 сульфатний С  
 Na<sup>+1</sup>/Ca<sup>+2</sup> = 3,3 натрієвий Н

S<sub>токс.солей 1</sub> = 0,47 – середньо засолені

eCl= 1,666 середньо засолені

## ДОДАТОК Е

Урожайність сільськогосподарських культур за роки досліджень

Варіанти досліджу		2011 рік (ячмінь ярий)			2012 рік (пшениця озима)		
зрошення, (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник урожайності, т/га	середній показник за факторами, т/га		показник урожайності, т/га	середній показник за факторами, т/га	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,05746)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,05209 )		А (НІР <sub>05</sub> - 0,04504)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,05636)
без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	2,70	2,82	2,99	3,80	3,88	4,12
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	2,82		3,17	3,88		4,20
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	2,87		3,23	3,90		4,27
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	2,91		3,30	3,97		4,38
зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	3,29	3,52		4,44	4,60	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	3,52		4,52			
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	3,60		4,65			
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	3,69		4,79			
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,1491 т/га		0,09009		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,07367 т/га		0,07970		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,05746 т/га		0,04504		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,05209 т/га		0,05636		



## Урожайність сільськогосподарських культур за роки досліджень

Варіанти дослідів		2013 рік (пшениця озима)			2014 рік (кукурудза на зерно)		
зрошення, (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник урожайності, т/га	середній показник за факторами, т/га		показник урожайності, т/га	середній показник за факторами, т/га	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,06866 )	В (НІР <sub>05</sub> - 0,04968 )		А (НІР <sub>05</sub> - 0,07626 )	В (НІР <sub>05</sub> - 0,05390 )
без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	4,10	4,17	4,34	5,00	5,17	5,77
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	4,15		4,40	5,20		6,06
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	4,17		4,46	5,22		6,11
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	4,25		4,51	5,27		6,18
зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	4,58	4,68		6,54	6,88	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	4,64			6,91		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	4,74			7,00		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	4,78			7,08		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,13732 т/га		0,15252 т/га		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,07025 т/га		0,07622 т/га		
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,06866 т/га		0,07626 т/га		
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,04968 т/га		0,05390 т/га		

## Урожайність сільськогосподарських культур за роки досліджень

Варіанти дослідю		2015 рік (пшениця озима)		
зрошення, %/НВ (А)	внесення фосфогіпсу (В)	показник урожайнос ті, т/га	середній показник за факторами, т/га	
			А (НІР <sub>05</sub> - 0,05922)	В (НІР <sub>05</sub> - 0,05808)
Без зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	4,20	4,32	4,51
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	4,30		4,62
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	4,37		4,78
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	4,41		4,81
Зрошення	Без внесення фосфогіпсу (контроль)	4,83	5,04	
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 1,4 т/га	4,83		
	Внесення фосфогіпсу під культивуацію навесні нормою 3 т/га	4,94		
	Внесення фосфогіпсу восени під основний обробіток ґрунту нормою 6 т/га	5,19		
А-оцінка істотності часткових відмінностей: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,11844 т/га	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,08214 т/га	
В - оцінка істотності середніх (головних) ефектів: НІР <sub>05</sub> - зрошення			0,05922 т/га	
НІР <sub>05</sub> – внесення меліоранту			0,05808 т/га	

## ДОДАТОК Ж



## ДОДАТОК И

## ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи

Макарової Тетяни Костянтинівни

Предмет впровадження	Місто, час, об'єм впровадження	Заходи	Отримані результати
поліпшення фізико-хімічних властивостей чорнозему звичайного проведенням хімічної меліорації: шляхом внесення фосфогіпсу розрахунковими нормами 3 та 6 т/га.	Дніпропетровська обл., Дніпропетровський р-н, ФГ «Явір», 2016 рік – 37 га.	Внесення фосфогіпсу восени нормою розрахованою за коагуляційно-пептизаційним методом (6 т/га) та навесні за нормою до поглинання при зрошенні (3 т/га).	Впроваджені заходи поліпшили фізичний стан ґрунту: навесні швидше досягає фізичної стиглості та значно зменшилась щільність орного шару (до 1,2 г/см <sup>3</sup> ). Без зрошення урожайність зернових культур підвищилась на 7%.

Директор фермерського  
господарства «Явір»

МП



А.О. Бовсуновський

## ДОДАТОК К

**ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ  
ІНСТИТУТУ ОВОЧІВНИЦТВА І БАШТАННИЦТВА  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

52041, Україна, Дніпропетровська обл., Дніпровський р-н, с. Олександрівка,  
вул. Опитна 1. Тел., +38 (067) 631-63-27 E-mail: [Opytnoe@i.ua](mailto:Opytnoe@i.ua)  
СДРПОУ 26369116

21.09.2017 № 0149

**ДОВІДКА**

про впровадження наукових результатів, отриманих у дисертаційній роботі  
Макарової Тетяни Костянтинівни на тему «Агромеліоративна ефективність  
використання фосфогіпсу на зрошуваних землях Північного Степу України»

**Назва впроваджуваної пропозиції:** «Використання фосфогіпсу у якості  
хімічного меліоранту на іригаційно солонцюватих чорноземах звичайних».

**Місце та об'єм впровадження:** Дніпропетровська дослідна станція  
Інституту овочівництва і баштанництва НААНУ у 2017 році на площі 60 га.

**Шляхи впровадження:** поліпшення фізико-хімічних властивостей  
зрошуваних ґрунтів проведенням хімічної меліорації: шляхом внесення  
фосфогіпсу різними розрахунковими нормами (1,4 т/га, 3 та 6 т/га).

**Результати впровадженнь:** при впровадженні даних заходів для  
запобігання осолонцювання чорнозему звичайного відбулось покращення  
показників ґрунтового вбирного комплексу. Кращі результати на витіснення  
обмінного натрію спостерігали при внесенні фосфогіпсу нормою розрахованою  
за коагуляційно-пептизаційним методом (6 т/га) без зрошення, на зрошенні  
кращім виявився результат при внесенні фосфогіпсу навесні нормою  
допоглинання (3 т/га). Хімічна меліорація фосфогіпсом покращила  
гранулометричний склад ґрунту, хоча відбулося деяке ущільнення підорного  
шару ґрунту у зрошуваних варіантах.

Директор ДДС ІОБ НААН



Заверталюк В.Ф.

## ДОДАТОК Л



Міністерство освіти і науки України  
 ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
 49000, м. Дніпро, вул. Сергія Єфремова 25,  
 тел. (056) 744-81-32, факс (056) 744-08-67, 744-53-03  
 E-mail: [info@dsau.dp.ua](mailto:info@dsau.dp.ua), [dneprddaev@ukr.net](mailto:dneprddaev@ukr.net) Web: [www.dsau.dp.ua](http://www.dsau.dp.ua) Кол ЄДРПОУ 00493675

19.07.19 № 44-11-839

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

000088

## ДОВІДКА

про впровадження результатів науково-дослідної роботи  
 у навчальний процес Макарової Тетяни Костянтинівни

Дніпровський державний аграрно-економічний університет підтверджує, що окремі положення результатів науково-дослідної роботи Макарової Т. К. за темою кандидатської дисертації «Агромеліоративна ефективність використання фосфогіпсу на зрошуваних землях Північного Степу України» запроваджуються в освітньому процесі на факультеті водогосподарської інженерії та екології і знайшли відображення в лекційних курсах при викладанні навчальних дисциплін «Основи гідромеліорацій» і «Меліорація земель».

Довідка видана для подання в спеціалізовану вчену раду за місцем захисту дисертації.

Перший проректор –  
 проректор з навчальної роботи



Онопрієнко Д.М.

