

ВОДНО-СОЛЬОВЕ АНТРОПОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ НА ТРИВАЛО ЗРОШУВАНІ ГРУНТИ ІНГУЛЕЦЬКОГО МАСИВУ

МОРОЗОВ О.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор
<http://orcid.org/0000-0002-5617-0813>

Херсонський державний аграрно-економічний університет

МОРОЗОВ В.В. – кандидат сільськогосподарських наук, професор
<http://orcid.org/0000-0002-2594-883X>

Херсонський державний аграрно-економічний університет

КОЗЛЕНКО Є.В. – кандидат сільськогосподарських наук
<http://orcid.org/0000-0003-3001-8220>

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

БІДНИНА І.О. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0001-8351-2519

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

ЛЕЛЯВСЬКА Л.В. – кандидат економічних наук
orcid.org/0000-0002-8579-3139

Інститут водних проблем і меліорації

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Ґрунти сухостепової зони України, в першу чергу чорноземи південні та темно-каштанові, у процесі їх тривалого впродовж багатьох десятиліть зрошення (40–50 років і більше) знаходяться під впливом інтенсивного антропогенного меліоративного навантаження, передусім водно-сольового. Основними важелями формування водно-сольового режиму ґрунтів у процесі дії цього навантаження є зрошення і дренаж. Багаторічне зрошення та фільтрація з каналів сприяють підйому ґрунтових вод до критичних позначок та вище, вторинному засоленню і деградації ґрунтів, їх водній ерозії, погіршенню фізико-механічних, хімічних якостей, зниженню їхньої родючості і продуктивності та у цілому ефективності функціонування всієї системи зрошуваного землеробства. Штучний дренаж – горизонтальний і вертикальний відводить середньо- і високомінералізовані ґрунтові води за межі зрошуваних ділянок, знижує і регулює рівні ґрунтових вод та запаси солей у ґрунтах, ґрунтотворних породах зон аерації та в товщі ґрунтових вод [14]. При цьому виникає актуальна проблема впливу тривалого антропогенного водно-сольового навантаження на зрошувані ґрунти. Треба знати, які тенденції і прогнози зміни водно-сольового режиму ґрунтів та еколого-меліоративного стану земель слід очікувати в найближчі 10–50 і більше років, а світова гідромеліоративна наука і практика вже ставлять питання щодо прогнозів управління водними і земельними ресурсами на 50–100 років уперед. Передусім це зв'язано з посиленням негативного впливу діяльності людства на природне навколишнє середовище, інтенсивними глобальними і регіональними змінами клімату, різким зменшенням запасів та погіршенням якості і підвищенням вартості використання всіх видів водних ресурсів. Особлива небезпека негативного впливу меліоративного навантаження на зрошувані ґрунти в процесі їх тривалого зрошення водою II класу виникає

на безстічних і слабо дренованих землях сухостепової зони України, площа якої з кожним роком поширюється в північному і північно-східному напрямках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Учені України звертають увагу на необхідність адаптації зрошуваного землеробства до змін клімату, врахування впливу багаторічних меліоративних навантажень на зрошувані ґрунти, проблему погіршення якості зрошувальної води, розроблення і впровадження комплексу меліоративних заходів для забезпечення сталого розвитку зрошуваного землеробства (М.І. Ромащенко, С.А. Балюк, Б.С. Носко, Р.С. Трускавецький, Р.А. Вожегова, О.І. Жовтоног, А.М. Рокочинський, Ю.О. Тараріко, Л.І. Воротинцева та ін.) [1–7], на необхідність оптимізації і додержання регламенту поліпшення якості води Інгулецької зрошувальної системи та розроблення і реалізацію комплексу меліоративних заходів на цій системі (О.В. Морозов, В.В. Морозов, Є.В. Козленко та ін.) [6], необхідність формування експертних систем для оперативної оцінки ефективності зрошення і дренажу та вдосконалення системи еколого-агро-меліоративного моніторингу (ЕАММ) зрошуваних земель (О.В. Морозов, Є.В. Козленко, В.В. Морозов) [8; 11; 14], формування баз даних і баз знань під час планування водоземлекористування на меліорованих територіях (Т.В. Матяш, В.П. Ковальчук, В.В. Поліщук та ін.) [9]. Усі ці дослідження спрямовані на забезпечення сталого розвитку зрошуваних земель і подальше поліпшення їхнього еколого-меліоративного стану, підвищення родючості ґрунтів та раціональне водоземлекористування. Вони зосереджують увагу на важливості подальшого вивчення питань оцінки впливу на стан ґрунтів, їх родючості, визначення еколого-меліоративних умов, що забезпечують охорону водних і земельних ресурсів, нормування багаторічного антропогенного меліоративного навантаження на ґрунти й агроланд-

шафти. Особливу актуальність ці питання в сухостеповій зоні набувають в умовах інтенсивних змін клімату в бік посилення його гострої посушливості.

Мета статті. Визначення впливу водно-сольового антропогенного навантаження на тривало зрошувані ґрунти сухостепової зони України на прикладі Інгулецького масиву і розроблення відповідного комплексу еколого-меліоративних заходів. Інгулецький зрошуваний масив є типовим для більшості територій сухостепової зони України за геоморфологічними, ландшафтно-кліматичними, ґрунтовими, гідрогеолого-меліоративними, водогосподарськими і сільськогосподарськими умовами (Є.В. Козленко, О.В. Морозов, В.В. Морозов) [12].

Матеріали та методика досліджень. У дослідженні використано матеріали досліджень Національного наукового центру (ННЦ) «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського НААН», Снігурівської гідрогеолого-меліоративної партії, Проблемної науково-дослідної лабораторії еколого-меліоративного моніторингу агроєкосистем сухостепової зони імені професора Д.Г. Шапошникова Херсонського ДАУ, дані досліджень авторів статті, матеріали Управління каналів Інгулецької зрошувальної системи. Методи досліджень: польовий експеримент, лабораторні аналізи ґрунту і води за стандартними методиками, системний підхід і системний аналіз, узагальнення даних, порівняння, історичний метод, метод водно-сольового балансу та ін.

Результати досліджень. У типових для Інгулецького зрошувального масиву (далі – ІЗМ) умовах були проведені дослідження тривалого впливу основних меліоративних навантажень (зрошення + дренаж) на сольовий режим ґрунтів. Вплив водного і сольового навантаження на чорноземі південні ІЗМ вивчався на дослідно-виробничій ділянці, що розташована поряд із розподільчим каналом Р-1 біля с. Баратівка Снігурівського району Миколаївської області у північно-східній частині Інгулецької зрошувальної системи. Зрошення на ділянці було розпочато в 1957 р., у 1968 р. був побудований і став функціонувати закритий горизонтальний дренаж. Скид дренажних вод здійснюється в річку Інгулець за допомогою дренажної насосної станції (ДНС). За 11 років зрошення в умовах слабодренуваних і безстічних водороздільних рівнин ґрунтові води на ділянці піднялися в середньому на 12,0–13,0 м з глибини 15,0–16,0 м до 2,0–3,0 м від поверхні землі. Тобто швидкість підняття ґрунтових вод становила у середньому 1,0–1,2 м/рік. Зрошення в період 1957–1967 рр. здійснювалося поверхневим способом – по борознах, а також дощувальними установками ДДН-45, ДДН-70 та ДДА-100 з поливними нормами 500–700 м³/га. Після введення в дію горизонтального дренажу з 1968 р. поливи здійснювалися дощувальними машинами ДДА-100МА з поливними нормами 400–500 м³/га. Середньозважена зрошувальна норма становила 3 500 м³/га. Основними джерелами підйому ґрунтових вод були: інфільтраційне живлення від поливів і атмосферних опадів, фільтрація з розподільчого каналу Р-1, а також із тимчасових зрошувачів. Із 2010 р. на ділянці працює сучасна дощувальна техніка Bauer.

За даними досліджень колективу авторів під керівництвом д.г.-м. наук В.Г. Ткачук [13] незрошувані ґрунти в шарі 0–75 см у 1957–1959 рр. мали середню загальну засоленість на рівні 0,08–0,09%, у шарі 0–100 см – 0,09–0,10% і в шарі 100–175 см – 0,08–0,09%. Токсична засоленість ґрунтів і ґрунтотворних порід, за даними досліджень кафедри сільськогосподарських меліорацій Херсонського сільськогосподарського інституту, у 1957 р. становила відповідно: у шарі 0–75 см – 0,049%, у шарі 0–100 см – 0,054% й у шарі 100–175 см – 0,026%. За ступенем засоленості ці ґрунти характеризувалися як незасолені.

Сольова зйомка на дослідній ділянці була проведена в липні 2012 р. вченими ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» НААН (В.Я. Ладних, Л.І. Воротинцева та ін.) та Проблемної науково-дослідної лабораторії еколого-меліоративного моніторингу агроєкосистем сухостепової зони імені професора Д.Г. Шапошникова Херсонського державного аграрного університету (В.В. Морозов, О.В. Морозов, Є.В. Козленко). Результати досліджень сольових характеристик зрошуваних і богарних ґрунтів Інгулецької зрошувальної системи представлено в табл. 1.

Дослідження показали, що за період зрошення з 1957 по 2012 р. (55 років) у сольовому режимі богарних ґрунтів у шарі 0–50 см суттєвих змін не відбулося. Водневий показник рН знаходиться в межах 7,79–8,30, на зрошуваних ґрунтах – майже аналогічно – 7,50–8,24. Загальна засоленість у шарі незрошувального ґрунту 0–100 см становить у середньому 0,098%, а в шарі 0–75 см – 0,092%. На варіанті зрошення цей показник становить у шарі 0–100 см 0,142%, а в шарі 0–75 см – 0,110%. Важливо відзначити, що саме в шарі зрошувального ґрунту 75–100 см відбувається суттєве збільшення загальної засоленості: у горизонтах 100–125 см, 125–150 см, 150–175 см середні показники загальної засоленості становили відповідно 0,331%, 0,393%, 0,372% (у середньому 0,365%). Тобто за підйомом рівня ґрунтових вод до критичних відміток 1,8–2,0 м загальна засоленість ґрунтотворних порід (лесові середні суглинки) в шарі 100–175 см за 55 років збільшилася в середньому в 3,5 рази – від 0,10–0,12% до 0,365%. Середня швидкість накопичення солей у шарі 100–175 см становить 0,005% за рік.

Загальна засоленість ґрунтів характеризується як середня. Ураховуючи це, можливо вважати, що за 55 років зрошення водою другого класу загальна засоленість чорнозему південного в шарі 0–100 см підвищилася в середньому з 0,098% до 0,240%, тобто в 2,4–2,5 рази, а в шарі 100–175 см (критична глибина ґрунтових вод на дослідній ділянці в середньому становить 1,80 м) загальна засоленість збільшилася в середньому з 0,100% до 0,365%, тобто в 3,5 рази. Це відбувалося за умови функціонування закритого горизонтального дренажу з 1968 по 1995 р. у проектному режимі, коли водовідведення дренажем знаходилося в межах 10,0–12,0% від сумарного надходження води зі зрошувальною нормою та атмосферними опадами, що становило в середньому 7000–7300 м³/га. Якість зрошувальної води ІЗС можливо виразити формулою М.Г. Курлова (1):

Таблиця 1 – Сольові характеристики зрошуваних і неполивних ґрунтів Інгuleцької зрошувальної системи (с. Баратівка, Снігурівський район, Миколаївська область; дані: ННЦ «ІГА ім. О.М. Соколовського» НААН, Херсонський ДАУ, 10.07.2012)

Варіант	Шар ґрунту, см	Водневий показник рН			Засоленість ґрунту загальна, %			Токсичні солі, %			Тип засолення	Ступінь засолення			
		СС 1	СС 2	СС 3	Середнє	СС 1	СС 2	СС 3	Середнє	СС 1			СС 2	СС 3	
Зрошувані ґрунти	0-25	7,62	7,41	7,46	7,50	0,119	0,111	0,130	0,120	0,07	0,07	0,08	0,07	сх-нк	сл.
	25-50	7,95	7,94	7,94	7,94	0,092	0,105	0,117	0,105	0,04	0,05	0,05	0,05	х-нк	сл.
	50-75	8,22	8,25	8,25	8,24	0,110	0,096	0,106	0,104	0,07	0,06	0,07	0,07	х-кн	сл.
Неполивні ґрунти	75-100	8,02	8,22	8,22	8,15	0,340	0,156	0,223	0,240	0,21	0,11	0,16	0,16	х-нк	сер.
	0-25	7,83	7,85	7,70	7,79	0,083	0,092	0,081	0,085	0,03	0,03	0,02	0,03	Г-МК	н
	25-50	7,98	7,97	7,99	7,98	0,097	0,100	0,094	0,097	0,03	0,05	0,03	0,04	Г-МК	н
ґрунти	50-75	8,08	8,10	8,14	8,11	0,094	0,090	0,103	0,095	0,04	0,05	0,15	0,08	Г-МК	н
	75-100	8,28	8,23	8,40	8,30	0,144	0,109	0,116	0,123	0,09	0,07	0,08	0,08	сс-кн	н

Примітка: СС 1, СС 2, СС 3 – сольові стаціонари 1, 2, 3

– типи засолення: с – сульфатний; х – хлоридний; г – гідрокарбонатний; м – магнезій; н – натрієвий; к – кальцієвий;

– ступінь засолення: сл. – слабка; н – незасолені; сер – середня.

Таблиця 2 – Прогнозні розрахунки накопичення загальних і токсичних солей у зрошуваних ґрунтах Інгuleцької зрошувальної системи (с. Баратівка, Снігурівський район, Миколаївська область)

Шар ґрунту, см	Засоленість ґрунтів, %						Прогноз накопичення солей, %							
	Загальна			Токсична			Загальних			Токсичних				
	роки	Ссер.		роки	Ссер.		роки	Ссер.		роки	Ссер.			
0-75	1957	2012	Ссер.	1957	2012	Ссер.	2022	2030	2050.	2100	2022	2030	2050	2100
0-100	0,092	0,110	0,0004	0,049	0,060	0,0002	0,114	0,117	0,125	0,145	0,060	0,061	0,070	0,080
100-175	0,098	0,240	0,0026	0,054	0,110	0,0002	0,266	0,287	0,339	0,439	0,110	0,112	0,115	0,118
	0,100	0,365	0,0030	0,026	0,27	0,0002	0,395	0,419	0,479	0,629	0,270	0,280	0,280	0,272

Примітка: Ссер. – середня швидкість накопичення загальних і токсичних солей у відповідному шарі ґрунту, %.

$$M_{1,6} \frac{SO_4^{2-} 45,53Cl^- 41,46HCO_3^- 13,00}{Na^+ + K 44,87Mg^{2+} 28,52Ca^{2+} 26,70} pH 6,9. \quad (1)$$

Вода характеризується як середньомінералізована, хлоридно-сульфатна, магнієво-натрієва, II класу (обмежено придатна для зрошення). Таким чином, у процесі багаторічного зрошення (50–55 років) за поливів водою II класу із середньою мінералізацією 1,60 г/дм³ і функціонування закритого горизонтального дренажу в шарі ґрунту 0–75 см відбувається незначне збільшення загальної засоленості в 1,2 рази, а з шару 75–100 см і до критичних глибин ґрунтових вод (175–180 см) явно простежується накопичення солей, формується сольовий максимум і ґрунти та ґрунтоутворні породи з незасолених (до 0,20%) переходять у градацію слабозасолених (понад 0,20%). Середня швидкість нарощування кількості загальних запасів солей у шарі 0–75 см становить до 0,0004% на рік. А в шарі 100–175 см накопичення сольових запасів дорівнює у середньому 0,003% на рік. Ці дані можуть входити до бази даних, що формує експертну систему ЕАММ зрошуваних дренажних чорноземних ґрунтів, які знаходяться під впливом тривалого антропогенного меліоративного навантаження.

Токсичне засолення чорноземів південних за 50–55 років зрошення збільшилося в шарі 0–75 см у середньому з 0,05% до 0,06–0,07%, однак ці ґрунти залишилися незасоленими. А в горизонтах 75–100, 100–125, 125–150, 150–175 см уміст токсичних солей за роки зрошення збільшився відповідно до 0,16; 0,24; 0,29; 0,30%, тобто токсичне засолення в зоні сольових максимумів стало перевищувати гранично допустимі 0,10%. Це є свідченням метаморфізму як ґрунтових вод, так і засоленості ґрунтоутворних порід, а саме лесовидних суглинків.

Основними елементами сольового балансу зрошуваного поля є надходження солей із поливною водою і винос солей із дренажними водами. Так, за 44-річний період спостережень (з 1968 по 2012 р.) за середньої мінералізації поливної води 1,6 г/дм³ і середньозваженої зрошувальної норми 3000 м³/га на 1 га поля поступало солей у середньому 4,8 т на рік, а за 44 роки надійшло 211,2 т на 1 га. З інфільтраційними водами ці солі у вигляді розчину розподіляються в ґрунті і породах зони аерації та поповнюють ґрунтові води.

Частина солей, що розчинилася в ґрунтових водах верхньої частини зони насичення, з дренажним стоком відводилася зі зрошуваного поля. За середньорічної величини дренажного стоку 700 м³ з 1 га і мінералізації дренажних вод 2,0 г/дм³ із дренажним стоком відводилось до 1,4 т з 1 га на рік. Позитивний щорічний баланс солей становив у середньому +3,4 т на 1 га. За рахунок цих солей переважно відбувається поповнення запасів солей у горизонтах зони аерації 75–100 см і 100–175 см, а також у ґрунтових водах. У подальших дослідженнях водно-сольового балансу необхідно більш детально визначення його структури, складників та динаміки в часі і просторі для оптимізації й сталого формування екологоагромеліоративного режиму зрошуваного поля на тлі роботи горизонтального дренажу в проектному режимі.

Ураховуючи дані проведених досліджень, що виявили основні тенденції наслідків впливу антропогенних меліоративних водно-сольових навантажень на тривало зрошувані ґрунти Інгuleцького масиву, можливо визначити основні тенденції спрямованості накопичення загальних і токсичних солей у зрошуваних ґрунтах, ґрунтоутворних породах та ґрунтових водах.

У табл. 2 наведено прогнозні розрахунки тенденцій можливого накопичення цих солей у різних шарах зони аерації за збереження основних умов і чинників формування водно-сольового балансу. Укрупнені прогнозні розрахунки показують, що в шарі ґрунту 0–75 см загальне засолення може до 2030 р. збільшитися з 0,114% до 0,117%, а до 2050 р. і 2100 р. – відповідно до 0,125% і 0,145%, токсичне засолення може змінюватися з 0,060% до 0,061%, а до 2050 р. і 2100 р. – відповідно до 0,070% і 0,080%.

Дані розрахунків соленакопичування по шарах ґрунтоутворної породи лесових суглинків 0–100 см і 100–175 см, що наведені в табл. 2, вказують на можливість перевищення ними гранично допустимих значень починаючи вже з 2022 р.

Усі ці одержані дані, на думку авторів, не претендують на висвітлення всіх особливостей і деталей впливу тривалого антропогенного гідрохімічного навантаження на ґрунти і ґрунтоутворні породи зрошуваних земель Інгuleцького масиву, але в першу чергу звертають увагу на необхідність під час здійснення ЕАММ щорічного прогнозування всіх ґрунтово-гідрологічних процесів, коректив цих прогнозів і, головне, на своєчасну реалізацію всіх науково обґрунтованих рекомендацій щодо формування оптимального еколого-агромеліоративного режиму ґрунтів і ґрунтоутворних порід зони аерації, а також суворого дотримання затвердженого регламенту формування якості води Інгuleцької зрошувальної системи.

Під час вивчення впливу меліоративних навантажень на зрошувані ґрунти важливим питанням є детальний аналіз основних складників водно-сольового балансу зрошуваних ґрунтів, ґрунтоутворних порід зони аерації та ґрунтових вод активної зони ґрунтових вод, звідки формується дренажний стік (9–10 м нижче рівня ґрунтових вод), на варіантах без дренажу і зрошуваних ґрунтів на тлі функціонування закритого горизонтального дренажу на безстічних і слабодренажних землях сухостепової зони [14]. Необхідні також розроблення і реалізація ефективних еколого-меліоративних заходів, у першу чергу з оптимізації еколого-агромеліоративного режиму агроландшафтів. Необхідним також є розроблення структури, принципів і методів формування бази даних і бази знань експертних систем еколого-агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель як основного складника розроблення і впровадження систем штучного інтелекту в управлінні функціонуванням зрошення і дренажу.

Висновки. Актуальним питанням науково-методичного забезпечення Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 р. і подальшого розвитку зрошення і дренажу є формування нормативного антропогенного водно-сольового навантаження на тривало зрошувані ґрунти для забезпе-

чення сталого еколого-агромеліоративного режиму і стану зрошуваних земель.

В умовах слабодренованих і безстічних водороздільних рівнин сухостепової зони України зрошення, що триває впродовж 50–60 років, призводить до підйому рівнів ґрунтових вод із глибини 15,0–16,0 м до критичних рівнів (у середньому 1,8 м) і вище. У цих умовах необхідним інженерно-меліоративним заходом є будівництво закритого горизонтального дренажу.

Важливим питанням під час створення експертних систем ЕАММ є формування моделей динаміки соленакопичення в зоні аерації й у зоні насичення зрошуваних земель і зрошуваних земель на тлі роботи горизонтального дренажу. Упродовж 55 років за поливів водою II класу з мінералізацією 1,5–1,8 г/дм³ на тлі функціонування закритого горизонтального дренажу в шарі ґрунту 0–75 см відбувається незначне збільшення загальної засоленості – в 1,2 рази, а з шару 75–100 см і до критичних глибин ґрунтових вод (1,80 м) явно простежується небезпечне явище накопичення солей, як загальних, так і токсичних, формуються сольові максимуми, і ґрунти з незасолених (до 0,20%) переходять у градацію слабозасолених (понад 0,20%) із подальшим розвитком цього процесу.

Токсичне засолення чорноземів південних за 50–55 років зрошення збільшилося в шарі 0–75 см у середньому з 0,05% до 0,06–0,07%, тобто ґрунти залишилися незасоленими. А в горизонтах 75–100, 100–125, 125–150, 150–175 см уміст токсичних солей за роки тривалого зрошення збільшився відповідно до 0,16; 0,24; 0,29; 0,30%, тобто токсичне засолення в зоні сольових максимумів стало перевищувати гранично допустимі 0,10%. Це свідчить про необхідність постійного моніторингу даного елемента сольового балансу й узагалі розроблення заходів промивного режиму зрошення на тлі постійного функціонування горизонтального дренажу в проектному режимі із забезпеченням розрахункового дренажного стоку 0,045 л/с з 1 га без простоїв і відключень дренажних насосних станцій.

Одержані дані багаторічних прогнозів соленакопичення в шарі ґрунту зони аерації 0–75 см указують на постійний приріст загальних запасів солей, але в межах до 0,2%, а токсичних солей – до 0,1%. Однак починаючи з шару 75–100 см, й особливо 100–175 см, можна очікувати перевищення межі 0,2% для загального засолення, а для токсичного засолення – 0,1%. Ураховуючи, що на цій глибині розвивається коренева система основних зернових культур сухостепової зони – пшениці і кукурудзи, необхідно в системі еколого-агромеліоративного моніторингу взяти під постійний контроль проблему соленакопичення в нижній частині зони аерації, особливо в шарі 100–200 см, а також в активній зоні ґрунтових вод, де формується стік горизонтального дренажу (9–10 м нижче рівня ґрунтових вод).

Результати досліджень можуть бути покладені в основу формування експертної системи еколого-агромеліоративного моніторингу, особливо її блоку, що спрямований на контроль проблем еколого-агромеліоративного режиму зрошуваних земель сухостепової зони України. Особливу увагу в подальших

дослідженнях слід звернути на дані, що одержані на Інгулецькій зрошувальній системі, яка є не лише типовою для сухостепової зони, а й постійно діючою дослідно-виробничою моделлю відстеження і вирішення всіх можливих процесів і проблем, пов'язаних із багаторічним інтенсивним антропогенним навантаженням на ґрунти, під час використання поливної води як нормативної якості, так і водою II класу з підвищеною мінералізацією (понад 1,6 мг/дм³), умістом хлоридів, натрію та іншими чинниками, що сприяють розвитку негативних процесів вторинного засолення, осолонцювання та деградації ґрунтів.

Одержані в результаті вищезначених досліджень дані можуть бути застосовані як фактичний матеріал для вдосконалення діючих класичних методів оцінки іригаційних показників якості зрошувальних вод, а саме для моделювання і прогнозування на їхній основі конкретних величин накопичення загальних і токсичних солей для застосування цих моделей у різних сценаріях, експертних системах формування еколого-меліоративного режиму зрошуваних ґрунтів, а також зрошуваних ґрунтів на тлі роботи горизонтального дренажу для забезпечення охорони і сталого розвитку зрошуваних ґрунтів та ландшафтів. Прогнозувати процеси вторинного засолення й осолонцювання ґрунтів та ґрунотворних порід зони аерації, мінералізації та хімічного стану ґрунтових і дренажних вод із розробленням профілактичних та радикальних інженерних еколого-меліоративних заходів необхідно на період не менше ніж 25–30 років, удосконалюючи при цьому і методи прогнозування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти : колективна монографія / за наук. ред. С.А. Балюка, В.В. Медведєва, Б.С. Носка. Харків : Стильна типографія, 2018. 364 с.
2. Меліорація ґрунтів: (систематика, перспективи, інновації) : колективна монографія / за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромашенка, Р.С. Трускавецького. Херсон : Гринь Д.С., 2015. 668 с.
3. Вожегова Р.А. Перспективи використання зрошення для підвищення продуктивності сільськогосподарської галузі на глобальному та локальному рівнях в умовах змін клімату. *Зрошуване землеробство*. 2016. № 65. С. 5–10.
4. Вожегова Р.А., Біляєва І.М., Коковихін С.В. Інноваційні напрями розвитку зрошуваних меліорацій в умовах Південного степу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*. 2016. № 96. С. 31–40.
5. Сталій розвиток меліорації земель в Україні в умовах змін клімату / М.І. Ромашенко та ін. *Аграрні інновації*. 2020. № 3. С. 59–64.
6. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Інгулецька зрошувальна система: стан, проблеми та перспективи розвитку : монографія / за ред. О.В. Морозова. Херсон : Айлант, 2020. 204 с.
7. Шляхи реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року на Інгулецькій зрошувальній системі / Р.А. Вожегова та ін. *Зрошуване землеробство*. 2021. № 75. С. 10–15.
8. Морозов О.В., Козленко Є.В. Формування експертних систем – перспективний напрям удоскона-

лення еколого-агромеліоративного моніторингу зрошуваних земель. *Сучасний стан та перспективи розвитку меліорації земель* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпро, 30 листопада 2020 р. Дніпро : ДДАЕУ, 2020. С. 77–81.

9. Методи та джерела отримання даних для баз знань технічних, технологічних, організаційних заходів при плануванні водоземлекористування на меліорованих територіях / Т.В. Матяш та ін. *Меліорація і водне господарство*. 2021. № 1(113). С. 87–97.

10. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-p#Text>.

11. Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В. Системний підхід у дослідженнях технічної ефективності закритого горизонтального дренажу. *Таврійський науковий вісник. Серія «Технічні науки»*. 2021. Вип. 2. С. 60–69.

12. Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В. Науково-методологічне обґрунтуванням типовості Інгулецького зрошуваного масиву для сухостепової зони України. *Аграрні інновації*. 2021. № 6. С. 21–30.

13. Изменение мелиоративно-гидрогеологических условий водораздельных массивов под влиянием орошения (на примере Ингулецкого массива УССР) / коллектив авторов под рук. д.г.-м. наук В.Г. Ткачук. Киев : Урожай, 1970. 248 с.

14. Морозов В.В., Морозов О.В., Козленко Є.В. Гідродинамічна модель формування стоку горизонтального дренажу в умовах безстічних і слабодренуваних зрошуваних земель сухостепової зони України. *Меліорація і водне господарство*. 2021. № 1(113). С. 107–117.

REFERENCES:

1. Baliuk, S.A., Medvediev, V.V. & Noska, B.S. (Eds). (2018). *Adaptatsiia ahrotekhnologii do zmin klimatu: gruntovo – ahrokhimichni aspekty: kolektivna monografiia [Adaptation of agrotechnologies to climate change: soil – agrochemical aspects: collective monograph]*. Kharkiv: Stylna typohrafiia [in Ukrainian].

2. Baliuk, S.A., Romashchenko, M.I. & Truskavetskyi, R.S. (Eds). (2015). *Melioratsiia gruntiv: (systematyka, perspektyvy, innovatsii) [Land reclamation: (systematics, perspectives, innovations)]*. Kherson: Hrin D.S. [in Ukrainian].

3. Vozhehova, R.A. (2016). *Perspektyvy vykorystannia zroshennia dlia pidvyshchennia produktyvnosti silskohospodarskoi haluzi na hlobalnomu ta lokalnomu rivniakh v umovakh zmin klimatu [Prospects for the use of irrigation to increase the productivity of the agricultural sector at the global and local levels in the context of climate change]*. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*, 65, 5-10 [in Ukrainian].

4. Vozhehova, R.A., Biliaieva, I.M., & Kokovikhin, S.V. (2016). *Innovatsiini napriamy rozvytku zroshuvanykh melioratsii v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Innovative directions of development of irrigated land reclamation in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]*. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 96, 31-40 [in Ukrainian].

5. Romashchenko, M.I., Baliuk, S.A., Verhunov, V.A., Vozhehova, R.A., Zhovtonoh, O.I., Rokochynskyi, A.M., Tarariko, Yu.O. & Truskavetskyi, R.S. (2020). *Stalyi rozvytok melioratsii zemel v Ukraini v umovakh zmin klimatu [Sustainable development of land reclamation in Ukraine in the conditions of climate change]*. *Ahrarni innovatsii – Agricultural innovations*, 3, 59-64 [in Ukrainian].

6. Kozlenko, Ye.V., Morozov, O.V. & Morozov, V.V. (2020). *Inhuletska zroshuvalna systema: stan, problemy ta perspektyvy rozvytku: monografiia [Ingulets irrigation system: state, problems and prospects of development: monograph]*. Kherson: Ailant [in Ukrainian].

7. Vozhehova, R.A., Kozlenko, Ye.V., Morozov, O.V. & Morozov, V.V. (2021). *Shliakhy realizatsii Stratehii zroshennia ta drenazhu v Ukraini na period do 2030 roku na Inhuletskii zroshuvalni systemi [Ways to implement the Irrigation and Drainage Strategy in Ukraine for the period up to 2030 on the Ingulets irrigation system]*. *Zroshuvane zemlerobstvo - Irrigated agriculture*, 75, 10-15 [in Ukrainian].

8. Morozov, O.V. & Kozlenko, Ye.V. (2020). *Formuvannia ekspertnykh system – perspektyvnyi napriam vdoskonalennia ekolo-ho-ahromeliorativnoho monitorynhu zroshuvanykh zemel [Formation of expert systems is a promising direction for improving ecological and agro-ameliorative monitoring of irrigated lands]*. *Materialy mizhn. nauk. – prakt. konf. «Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku melioratsii zemel»*, Dnipro, 77-81 [in Ukrainian].

9. Matiash, T.V., Kovalchuk, V.V., Knysh, V.V., Dyl, K.O., Polishchuk, V.V., Saliuk, A.F., Butenko, Ya.O., & Chorna, K.I. (2021). *Metody ta dzherela otrymannia danykh dlia baz znan tekhnichnykh, tekhnolohichnykh, orhanizatsiinykh zakhodiv pry planuvanni vodozemlekorystuvannia na meliorovanykh terytoriakh [Methods and sources of data for knowledge bases of technical, technological, organizational measures in planning land use in reclaimed areas]*. *Melioratsiia i vodne gospodarstvo – Land reclamation and water management*, 1 (113), 87-97 [in Ukrainian].

10. *Stratehiia zroshennia ta drenazhu v Ukraini na period do 2030 roku [Irrigation and drainage strategy in Ukraine for the period up to 2030]*. Skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 14.08.2019 r. № 688-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-r#Text> [in Ukrainian].

11. Morozov, O.V., Morozov, V.V. & Kozlenko, Ye.V. (2021). *Systemnyi pidkhid u doslidzhenniakh tekhnichnoi efektyvnosti zakrytoho horyzontalnoho drenazhu [System approach in researches of technical efficiency of the closed horizontal drainage]*. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: tekhnichni nauky – Taurian Scientific Bulletin. Series: technical sciences*, 2, 60-69 [in Ukrainian].

12. Morozov, O.V., Morozov, V.V., & Kozlenko, Ye.V. (2021). *Naukovo – metodolohichne obgruntuванняm typovosti Inhuletskoho zroshuvanoho masyvu dlia sukhostepovoi zony Ukrainy [Scientific and methodological substantiation of the typicality of the Ingulets irrigated massif for the dry steppe zone of Ukraine]*. *Ahrarni innovatsii – Agricultural innovations*, 6, 21-30 [in Ukrainian].

13. Tkachuk, V.G. (Eds). (1970). *Izmenenie meliorativno-gidrogeologicheskikh usloviy vodorazdelnykh massivov pod vliyaniem osheniya (na primere Inguletskogo massiva USSR) [Change in meliorative and hydrogeological conditions of watersheds under the influence of irrigation (on the example of the Ingulets massif of the Ukrainian SSR)]*. Kiev: Urozhay [in Russian].

14. Morozov, V.V., Morozov, O.V. & Kozlenko, Ye.V. (2021). *Hidrodynamichna model formuvannia stoку horyzontalnoho drenazhu v umovakh bezstichnykh i slabodrenovanykh zroshuvanykh zemel sukhostepovoi zony Ukrainy [Hydrodynamic model of horizontal drainage runoff formation in the conditions of drainless and poorly drained irrigated lands of the dry steppe zone of Ukraine]*. *Melioratsiia i vodne gospodarstvo – Land reclamation and water management*, 1 (113), 107-117 [in Ukrainian].