

КРИМСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПРИРОДООХОРОННОГО  
ТА КУРОРТНОГО БУДІВНИЦТВА

На правах рукопису

ПАШЕНЦЕВ ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ

**ОЦІНКА ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ  
НАДІЙНОСТІ ЗАКРИТИХ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ**

Спеціальність: 05.26.05 — «Інженерна екологія»

06.00.02

Меліорація і зрошування  
землеробство.

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата технічних наук

Ав. 38.109

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00750908 (Т)

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Кримському Інституті природоохоронного та курортного будівництва.

**Наукові керівники:** доктор технічних наук, професор **БОРОВСЬКИЙ Борис Йосипович**;  
доктор геолого-мінералогічних наук, **ДУБЛЯНСЬКА Галина Миколаївна**

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор **МУКУК Кемал Вейсель**;  
кандидат технічних наук, доцент **КАРПІЙ Георгій Іванович**

**Провідна організація:** проектно-вишукувальний Інститут «Кримдипроводгосп», м. Сімферополь.

Захист відбудеться 10 червня 1997 року о 10.00 на засіданні спеціалізованої ради К 20.04.02 при Кримському Інституті природоохоронного та курортного будівництва за адресою: 333000, м. Сімферополь, вул. Київська, 181, ауд. 229.

С дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці КІПК6 за адресою: м. Сімферополь, вул. Київська, 181.

Автореферат розісланий 8 травня 1997 року.

**Вчений секретар спеціалізованої ради, кандидат технічних наук**

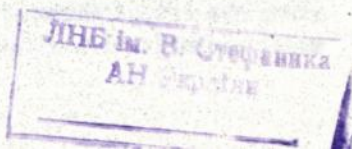
**СУББОТКИН Л. Д.**

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Зрошуване рілляництво активно діє на хід важливих природних процесів: формування поверхневого та підземного стоку, установлювання водно-повітряного режиму ґрунтенаселеного шару та інш. При недостатній комплектно́сті виконання робіт, неповному урахуванні усіх природних зв'язків у зоні впливу зрошувальної системи, недостатньому рівні технічних засобів зрошування може привести до негативних екологічних наслідків: підтоплення і заболочення території, повторному засоленню та водної ерозії ґрунтів, активізації карсту та інших геологічних процесів. В результаті, з землекористування можуть вийти значні площі ріллі, не будуть одержані заплановані об'єми сільськогосподарської продукції, збільшиться дефіцит води. Ці обставини звищують міру відповідальності меліоративних та водогосподарських організацій, які здійснюють проєктування, будівництво, експлуатацію закритих зрошувальних систем /ЗЗС/.

Характерною рисою ЗЗС є те, що вони являють собою системи тривалого користування. Із зростанням строку їх служби зростає ймовірність виходу системи зі строю. З побільшенням площі, яка обслуговується ЗЗС, збільшується її складність, звищується інтенсивність відмов і, як наслідок, падає екологічна надійність. Підвищення екологічної надійності ЗЗС має велике значення, так як це пов'язано не тільки з щорічним виділенням великих коштів на ремонт та технічне обслуговування ЗЗС, але і зі зниженням із року в рік урожайності сільськогосподарських культур.

Сьогодні вже недостатньо, щоб ЗЗС мала високу ступінь надійності з позиції безвідомної роботи технічних засобів, забезпечуючих подачу води у задані строки на поля. Так як ЗЗС є системою природно-технічною, то потрібні гарантії, які забезпечують запобігання або зведення до мінімуму негативного впливу технічної складової на природу. У зв'язку із цим, вивчення питання екологічної надійності ЗЗС є актуальним завданням, до забезпечення якого необхідно прямувати на усіх етапах освоєння зрошувальних площей, починаючи з проєктування та закінчуючи будівництвом та експлуатацією систем.



Тема дисертації відповідає напрому науково-дослідних робіт КІПКБ, зокрема, кафедр інженерної екології, гідромеліорації, ГТС. Об'єктом досліджень екологічної надійності ЗЗС є обраною територія Криму у зв'язку з інтенсивним розвитком зрошувального рільництва та погіршенням екологічного становища у регіоні.

Ціллю досліджень є оцінка і забезпечення екологічної надійності ЗЗС.

Для досягнення цілі були вирішеними наступні завдання:

- аналіз відмов на ЗЗС Криму та оцінка їх впливу на екологічне становище зрошувальних земель;
- вибір об'єктів для досліджень екологічної надійності ЗЗС;
- аналіз існуючих методів розрахунку надійності технічних систем;
- зіставлення оцінок екологічної надійності ЗЗС, отриманих різними методами;
- обґрунтування вибору оптимального варіанта ЗЗС;
- оцінка впливу ротації сільськогосподарських культур у сівобороті на екологічну надійність ЗЗС;
- економічне обґрунтування мір щодо збільшення екологічної надійності ЗЗС.

Наукова новизна дисертації полягає у розробленні класифікації відмов ЗЗС за видами та причинами; обґрунтуванні витоків з ЗЗС на підняття рівня ґрунтових вод і змінення екологічного становища зрошувальної ділянки; розроблення методу розрахунку екологічної надійності ЗЗС; розроблення рекомендацій по збільшенню екологічної надійності ЗЗС.

Основні положення, які захищаються.

1. Класифікація відмов ЗЗС та їх вплив на екологічне становище території.
2. Метод оцінки екологічної надійності ЗЗС, заснований на визначенні середніх оцінок ймовірності відмови елементів системи.
3. Забезпечення екологічної надійності ЗЗС шляхом її секціонування.

Практична значимість роботи полягає у тому, що запропонований автором метод розрахунку екологічної надійності може використовуватися проєктивними і експлуатаційними водогосподарськими організаціями при виборі оптимального варіанта ЗЗС, що проєктується; значенні екологічної надійності проєктуємої ЗЗС шляхом її секціонування.

вання; освоєнні зрошувальної ділянки з урахуванням змінення екологічної надійності ЗЗС залежно від ротації сільськогосподарських культур; обґрунтуванні доцільності проведення капітального ремонту ЗЗС.

Реалізація результатів досліджень. Результати проведених досліджень пройшли виробничу перевірку та використовувалися у Кримській філії інституту "Укргіпродгосп" /Кримгіпродгосп/ при проектуванні зрошувальних ділянок на площі 337 га. Метод знайшов також застосування у комунально-побутовому господарстві м. Сімферополя /Київський район/. Він дозволив обґрунтувати проведення капітального ремонту систем водозабезпечення м. Сімферополя. За результатами досліджень є шість актів впровадження.

Апробація роботи. Основні результати досліджень доповідалися на: науково-технічній конференції "Будівництво і проблеми екології" /Сімферополь, 1991./; міжнародній науково-практичній конференції "Екологічні та медико-екологічні проблеми промислово-міських агломерацій Криму" /Сімферополь, 1994./; науково-технічній конференції "Формування навколишнього середовища на урбанізованих територіях Криму" /Сімферополь, 1995/.

Публікація результатів досліджень. За матеріалами досліджень надруковано 15 робіт.

Об'єм роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаної літератури. Містить 131 стор., у тому числі 27 малюнків, 30 таблиць, 2 додатка.

### ЗМІСТ РОБОТИ

Розділ I. Відмова на закритих зрошувальних системах Криму та їх екологічні наслідки.

Розвиток зрошувального рільництва супроводжується інтенсивним будівництвом ЗЗС. У 1995 р. на їх долю приходилося 58,4% загальної довжини зрошувальних систем. За останні 25 років довжина ЗЗС у Криму збільшилася у 4 рази і у найближчому майбутньому вона досягне 6,7 тис. км. Тому екологічне становище зрошувальних земель Криму у значній мірі залежить від технічного стану та грамотної експлуатації саме ЗЗС.

Питанням безвідмовної роботи гідромеліоративних систем і, зокрема, ЗЗС присвячені дослідження Ц.Е. Мірцхулава, А.Е. Костопарова, Н.А. Куделя, В.А. Гуріна, В.С. Дікаревського, В.А. Зірянова,

А.Е. Гатури, Г.Е. Фоміна, А.А. Аллошина, В.А. Солнишкова, Б.А. Мусієнка, М.Е. Чеченіна, А.Г. Кулібабіна, С.Г. Нусімович, Н.І. Губіноч, І.І. Науменка, а також кримських вчених Н.С. Горюва, А.Н. Боровського. Однак, у їх роботах є відсутнім конкретний аналіз відмов. Тому, для оцінки екологічної надійності ЗЭС автором проведений аналіз відмов, які мали місце у 1985-1994 рр., як в цілому по Криму, так і по управління зрошувальних систем /УЗС/.

На основі аналізу науково-технічної літератури, узагальнення досвіду експлуатації ЗЭС Криму та інших регіонів України пропонується класифікація відмов за видами та причинами /мал. 1/. До видів відмов належать: відмови труб, з'єднань труб, рубопровідної арматури та ін.; до причин: корозія, гідравлічний удар, розрив муфт "Дібо", розрив муфт "САМ", поломка засувків, поломка вентузіл, будівельний брак, механічні пошкодження.

Основними причинами відмов ЗЭС в цілому по Криму з /табл. 1/: корозія труб /30.2%/, розрив з'єднувальних муфт /25.1%/, гідравлічні удари /16.7%/, механічні пошкодження /15.4%/. Сумарно ці чотири причини забезпечують 87.4% від загальної кількості відмов. Відмова арматури має неістотну питому вагу /5.1%/, трохи найбільшим є вплив будівельного браку /7.5%/.

Таблиця 1.

Причини відмов на закритих зрошувальних системах Криму

Роки	Кількість відмов	Розподілення відмов за причинами <sup>*)</sup>					
		1	2	3	4	5	6
1985	621	173	233	70	97	6	42
1986	612	262	72	157	37	31	53
1987	482	166	12	65	77	0	6
1988	400	133	113	71	41	23	19
1989	447	118	146	70	54	37	22
1990	543	108	69	116	170	49	31
1991	347	77	106	61	33	39	31
1992	195	56	59	16	37	27	-**)
1993	154	49	40	21	25	19	-
1994	180	60	32	18	41	29	-
Разом	3981	1202	998	665	612	300	204
%	100	30.2	25.1	16.7	15.4	7.5	5.1

Примітка: \*) 1 - корозія труб; 2 - розрив муфт, "Дібо"; розрив муфт "САМ"; 3 - гідравлічний удар; 4 - механічні пошкодження; 5 - будівельний брак; 6 - поломка вентузіл і засувків; \*\*) - відмов не було.

Аналіз відмов по УЗС дозволив виявити те з них, дві причини відмов безпосередньо пов'язаних з експлуатацією ЗЭС, є переважними.

Види відмов



Мал. І. Класифікація відмов за видами та причинами.

У ленінському райводгоспі це корозія труб /417 або 90%. Обставинами її виникнення є: наявність іонів  $SO_4^{2-}$ ;  $Cl^-$  у ґрунтах та ґрунтових водах; низька якість залізобетонних труб та становище їх ізоляції; недостатня якість та становище ізоляції сталевих труб; періодичний режим роботи ЗЭС. Досить часті випадки корозії труб відмічаються у клг. ім. Суворова Тайганське УЭС, клг. ім. Горького Сакське УЭС, клг. "Україна" Кіровське УЭС, клг. "Перемога" Джанкойське УЭС.

У Джанкойському УЭС основна причина відмови - це розрив з'єднувальних муфт "жибо" /468 або 44%. Обставинами їх розриву є: відсутність внутрішньої ізоляції сталевих вставок; відсутність ізоляції болтов муфт; проведення ізоляції труб з пропусками; укладання труб без зазорів у стиках; без підбивання труб і пазах під муфтовими з'єднаннями; несоосність труб у з'єднанні. Це підтверджується і при обслуговуванні зрошувальних сітей у клг. ім. Чкалова /Бахчисарайське УЭС/, рдг. "Родниковий" /Салгирське УЭС/, клг. "Україна" /Тайганське УЭС/.

У Красногвардійському УЭС основна причина відмови - це гідравлічний удар /134 або 50%. Обставинами гідравлічного удару є: раптова зупинка помпи або її пуск при відкритому замку; значні коливання тиску у трубопроводі протягом доби /від 0 до робітничого/; швидке закриття або відкриття засувальних та регулюючих будов. Цей вид відмови відзначається у клг. "Восток" Раздольненського УЭС, у клг. "Шлях Леніна" Джанкойського УЭС.

В усіх УЭС просліджується загальна тенденція: на фоні зменшення кількості відмов у 1935-1994 рр. відзначено їх збільшення у 1939-1990 рр., особливо різке у 1990 р. Це пояснюється підвищенням нормативного показника відмов електродвигунів помпових станцій у цілому по Криму у 1.9 разів, а по окремим УЭС - у 1.4 - 3.6 разів.

При оцінці екологічних наслідків відмов ЗЭС автором розглядені два взаємозв'язаних блоки понять: відмови та викликані ними витрати /технічний блок/; зведення рівней ґрунтових вод /РГВ/ та викликані цим підтоплення, засолення, активізація карсту та інших екологічних процесів /екологічний блок/. Тому, екологічні наслідки відмов на ЗЭС пропонується оцінювати за імовірністю відмов та величиною витрат.

Об'єм витрат з ЗЭС Криму у К 95 1994 рр. склав 435.9 млн.м<sup>3</sup>. Відзначається чіткий зв'язок між кількістю відмов і об'ємом витрат.

ків, яким в цілому для Криму оцінюється коефіцієнтом кореляції  $0.66 \pm 0.23$ . Це привело до різкого погіршення екологічного становища зрошувальних земель, у тому числі знаходжених на закарстованих територіях.

Загальне змінювання екологічного становища зрошувальних земель за рахунок приходу до Криму дніпровської води не дозволяє визначити долю впливу на нього витоків з ЗЗС. Тому автором був виконан роздільний аналіз для вище зазначених УЗС. Для цього використовувалися: дані про атмосферні опади по найближчим метеостанціям /м. Джанкой, с. Клепініно, пмт. Леніно/; відомості про витоків з ЗЗС Джанкойського, Красногвардейського УЗСів, Ленінського райводгоспу; дані про режим залягання ґрунтових вод. Аналіз динаміки РГВ здійснювався за шістьма найбільш представницькими /становище по відношенню до ЗЗС; типовий геологічний розріз; наявність ряду спостережень/свердловинами, які були вибрані з 162 існуючих на території господарств.

Аналізувалися групи зв'язків: хід атмосферних опадів - РГВ; відмови - витоків; витоків - РГВ. П кожній з них розраховувалися коефіцієнти кореляції, значимість яких оцінювалася шляхом порівняння з помилкою. Результати розрахунків надані у таблиці 2.

Таблиця 2.

Коефіцієнти кореляції за групами зв'язків

У З С	Господарства	Коефіцієнти кореляції та їх помилка		
		опадів - РГВ	відмови - витоків	витоків - РГВ
Джанкойське	рпд "Зарічний"	$0.24 \pm 0.15$	$0.33 \pm 0.13$	$0.65 \pm 0.24$
	кпг. "Росія"	$0.22 \pm 0.12$	$0.33 \pm 0.13$	$0.61 \pm 0.23$
Красногвардейське	а/д "Дружба народів"	$0.17 \pm 0.09$	$0.33 \pm 0.17$	$0.71 \pm 0.21$
	рпд. "Україна"	$0.19 \pm 0.11$	$0.33 \pm 0.17$	$0.79 \pm 0.19$
Ленінський райводгосп	рпд. "Семісотка"	$0.23 \pm 0.13$	$0.92 \pm 0.12$	$0.71 \pm 0.21$
	рпд. "Італія"	$0.19 \pm 0.21$	$0.92 \pm 0.12$	$0.72 \pm 0.22$

Аналіз виявив таке: зв'язок між коливаннями РГВ і випадкоких атмосферних опадів дуже слабкий; витоків води з ЗЗС гарно корелюються з відмовами на них; змінення РГВ упевнено корелюються з витоків з ЗЗС.

Таким чином, основним джерелом екологічних наслідків відмов ЗЭС /підтоплення, засолення, активізація карсту/ є витoki води з них.

Детально це питання вивчалось на найбільш представницькій системі, яка відповідає вимогам нормативних документів Держстандарту 27.103-83; 20357-15.

## Розділ 2. Досліджування відмов закритих зрошувальних систем в агрофірмі "Дружба народів"

Як об'єкт для детального поелементного досліджування відмов вибрана ЗЭС на площі 302 га в агрофірмі "Дружба народів", яка відповідає наступним вимогам: займає типове місцезнаходження серед інших ЗЭС Криму; характеризується гарною гідрогеологічною та інженерно-геологічною вивченістю; забезпечена достатньою інформацією для зазначення кліматичних показників; має типову за набором елементів сіть.

Агрофірма розташовується у центральній частині рівнинного Криму, близько пмт. Красногвардейське. Недалеко від неї проходить Красногвардейська гілка Північно-Кримського каналу /ПКК/, від якої відходить канал РК-5, який є джерелом водопостачання. Грунти ділянки сформувалися на лісовидних пролювіальних відкладеннях. Червонозем південні карбонатні представлені наступними різновидами: слабосолонцеватими, глибокосередньозасоленими, середньосолонцеватими, намитими середньосолонцеватими, нечитими слабосолонцеватими середньосолончаковими. Грунти характеризуються потужністю гумусового горизонту 40-55 см.

Гідрологічні та інженерно-геологічні умови району гарно вивчені у зв'язку з роботами постійно діючої гідрогеологічної моделю та дослідної ділянки гоповнення підземних вод "Віднос". Агрофірма знаходиться на території із середньою карсто-небезпечністю, яка може зрости при інтенсивних витоках зі зрошувальної сіті. В безпосередній близькості від агрофірми знаходиться метеостанція /Красногвардейське, 3-5 км до північного сходу/, спостережні ділянки кримської дослідної станції /с. Клепініно, 5-7 км до північного заходу/ і дослідна ділянка поповнення підземних вод /с. Янтарне, 2- км до півдня/. По усім цим об'єктам є гідрометеорологічна інформація, яка використовувався при аналізі роботи ЗЭС, яка досліджувалась /мал. 2а/.

ЗЗС в агрофірмі "Дружба народів" побудована у 1990 р., у 1991-1992 рр. вона пройшла період приробки, а у 1993 р. вступила до періоду нормальної експлуатації. Саме в той час /1993-1995 рр./ на ній автор і проводив спостереження з метою здобування інформації про відмови, що відповідає вимогам Держстандарту 27.103-33; 20857-75; 16468-70.

Досліджувальна система складається із слідуєчих труб: залізобетонні Держстандарт 125330-33; сталеві д=325x4, Держстандарт 10704-76; сталеві д=325x6, Держстандарт 10704-76; азбестоцементні д=300, Держстандарт 539-80. Система має трубопровідну арматуру у кількості 27 штук. Подача води здійснюється трьома помпами Д 500-35А і одною розмінною помпою Д 320-70А насосної станції № 492. Розраховні витрати сіті у період максимального водоспоживання становлять 339 л/с, що забезпечує одночасову роботу семи дощовальних машин типу "Лубань" ЛК І кругової дії з дев'яти установлених.

Надійність ЗЗС найбільш достовірно може оцінюватися на основі інформації про відмови у реальних умовах її експлуатації. Згідно до Держстандарту 27.103-33, РД 50-204-80, спостереження за роботою велися згідно до слідуєчої схеми: ставилися під нагляд однотипові елементи і фіксувалися усі відмови, які відбувалися протягом польового періоду. Після чого вони піддавалися первинній обробці з метою виявлення тих відмов, які безпосередньо пов'язані з експлуатацією ЗЗС.

Досліджувальна система була розбитою на 50 однотипових елементів /мал. 2а/: трубопровідів - 23 ділянки, у тому числі залізобетонних - 2 /АБ, БД, загальним протягом 0.307 км/; сталевих - 6 /БВ, БЗ, ЗЛ, ЛМ, СТ, ОП - 0.235 км/; азбестоцементних - 15 /ВГ, ДВ, ЗЗ, ЛЛ, ЛМ, ЛН, ЛО, ПР, РС, ТД, ЦД, ЦУ, ЦФ - 7.257 км/, а також трубопровідна арматура 27 шт., у тому числі вентузів 5 шт., запобіжних клапанів - вентузів 4, гасителів гідравлічних ударів 3, засувів 16.

Протягом 1993-1995 рр. на досліджувальній ЗЗС відбулося 25 відмов, у тому числі 17 за причиною механічних пошкоджень /наїзд автотранспорту на трубопровідну арматуру/, 8 - із-за корозії болтів з'єднувальних муфт /табл. 3/.

Після проведення первинної обробки виявлено слідуєча кількість відмов, безпосередньо пов'язаних з експлуатацією ЗЗС /випадкові відмови/: 1993 р. - 2 шт.; 1994 р. - 3 шт.; 1995 р. - 3 шт. Причи-

на - розрив з "єднувальних муфт "Лібо" і "САН" із-за корозії болтів, що з наслідком їх неякісної ізоляції. Протягом трьох років експлуатації ЗЭС кількість випадкових відмов та час їх з'явлення збільшився з 22% /65 год/ у 1993 р. до 35% /104 год/ у 1995 р., що сприяє вступу води до ґрунту в об'ємі 38 тис. м<sup>3</sup>. Середньорічний темп підняття РГВ по свердловні № 2030 /обслуговує досліджувану ЗЭС/ становить 0,21 м. Одержана інформація про відмови на досліджуваному об'єкті використовувалася у подальшому при розрахунках фактичної екологічної надійності цієї ЗЭС.

Таблиця 3.

Відмови на досліджуваній закритій зрошувальній системі в а/ф "Дружба народів"

Роки роботи ЗЭС	Всього відмов шт.	Причина відмови		Випадкові відмови шт.
		корозія болтів муфт	механічні пошкодження	
1993	9	2	7	2
1994	7	3	4	3
1995	9	3		3
Разом	25	8	17	8

### Розділ 3. Методи розрахунків надійності закритої зрошувальних систем

Досліджуванням надійності різних технічних систем присвячені роботи А.В. Подпасова; А.А. Іоніна; П.С. Алібекова; В.А. Жила; С.С. Зати́яна; А.І. Леснова; Н.Д. Дубровського; Н.Д. Поголоцького; Г.А. Тинякової та інших і, зокрема, ЗЭС - Ц.Б. Мірцхулава; Н.С. Горюнова; А.М. Горюнова; Б.І. Боровського; І.І. Науменко; В.А. Солішкова; В.І. Ольчаренко та інш. Цими дослідженнями пропонується ряд методів розрахунку надійності технічних систем, які автором проаналізовані з точки зору можливості їх використання для оцінки екологічної надійності ЗЭС.

Класичний метод зосереджується на імовірності підходу і використовується у різних галузях народного господарства у разі, якщо дослідник має справу з системою, яка складається з елементів, різних образом пов'язаних між собою. Імовірність безвідмовної роботи /ІБР/ системи  $P_c$  / $t$ / протягом часу рівняється добутку ІБР, складаних її елементів  $P_i$  / $t$ /, тобто у загальному разі:

$$P_c(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_n(t) = \prod P_i(t); \quad /1/$$

При показовому законі розподілу ІБР формулу /1/ можна записати у наступному виді:

$$P(t) = P e^{-\lambda_i T_i}; \quad /2/$$

де  $\lambda_i$  - інтенсивність відмов і-ого елементу системи;  
 $T_i$  - наробка на відмову і-ого елементу системи;

Кількість елементів, які входять у формули /1, 2/ можуть бути різними. ІБР кожного елементу менш одиниці. Тому, чим більше розглядається елементів, тим надійність менше, та навпаки, якщо вивчається обмежене число елементів, надійність вище. Формули /1, 2/ доцільно використовувати для оцінки імовірності раптової відмови усіх елементів системи.

Метод А.Н. Горюнова ураховує нерівноцінність елементів ЗЗС комплексним показником, який визначається по формулі:

$$P_c = 1 - \sum Q_j \lambda_j / Q \sum \lambda_j [1 - \prod P_j(t)]; \quad /3/$$

де  $Q$  - розрахункові витрати /орутто/ в голові системи, л/с;  
 $Q_j$  - недоподача води /орутто/ у  $j$ -ій аварійній ситуації, л/с;  
 $\lambda_j$  - інтенсивність відмов, 1/год.

Розрахунок по формулі 3 здійснюється до десь-якого звищення оцінки надійності за рахунок значимості елементів тим більш, чим менш витрати проходять по елементу.

Структурно-функціональний метод /формула В.Б. Клейменова/.

Його суть полягає у тому, що досліджувальна система розбивається на окремі структурно-функціональні елементи /СФБ/, для кожного з яких визначається значення показника надійності - нижня межа довірливого інтервалу, яка визначається щодо формули:

$$P_n = (P_{ni} / P_i)_{\min} \prod P_i \quad /4/$$

де  $P_{ni}$  - нижня межа довірливого інтервалу ІБР і-ого СФБ;  
 $P_i$  - точечна незміщена оцінка ІБР і-ого СФБ.

Елемент, який характеризується мінімальним значенням зазначеного вище показника, лімітує надійність системи. Метод зосновується на наявності статистичних даних, при відсутності яких формула /4/ приймає вид:

$$P = (P_{ni})_{\min}; \quad /5/$$

Користуючись формулами /4; 5/ можна отримати нижню межу надійності.

За методом Б.П. Керука екологічна надійність системи визнача-

ється сумою двох рівней:

$$N_{\text{ек.об.}} = N_{\text{ек.р.}} + N_{\text{ек.м.а.}}; \quad /6/$$

де  $N_{\text{ек.об.}}$  - загальна екологічна надійність;

$N_{\text{ек.р.}}$  - регіональна екологічна надійність;

$N_{\text{ек.м.а.}}$  - екологічна надійність меліоративної системи.

Рівність  $N_{\text{ек.об.}} = I + I; I; I; I; I; I$  - характеризує повний облік мір і на регіональному, і на об'єктному рівнях, а рівність  $N_{\text{ек.об.}} = I + I; 0; I; 0; 0/$  - неповний облік на об'єктному рівні. Такий підхід до оцінки екологічної надійності системи відрізняється від класичної теорії надійності, де присутні показники, пов'язані з імовірністю відмови елементу. Відсутність зазначеної природоохоронної міри зараховується як випадкий елемент системи. Однак, якщо із усього переліку мір буде виконаним тільки одна, то згідно до формули /6/ екологічна надійність системи більш одиниці. Якщо на регіональному рівні такі міри не проводяться, то  $N_{\text{ек.р.}} = 0$ . У цьому разі екологічна надійність системи буде визначатися показником другого рівня, який залежить від набору /кількості/ природоохоронних мір.

Ураховуючи особливості висловлених вище підходів, автор пропонує наступний метод оцінки екологічної надійності ЗЭС. Якщо розглядувати імовірність відмови кожного елементу як відхилення імовірності відмови системи від нуля, то регресійне значення імовірності відмови системи визначається за формулою середньоквадратичного відхилення:

$$q_c = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_{\text{об.}}} q_i^2 / n}; \quad /7/$$

де  $q_c$  - імовірність відмови системи;

$q_i$  - імовірність відмови  $i$ -ого елементу системи.

Екологічна надійність ЗЭС оцінюється за формулою

$$P_{\text{ек.об.}} = 1 - q_c; \quad /8/$$

Метод є справедливим при наступних допущеннях: усі необхідні розрахунки проводяться тільки для ділянок водоводів, т.б. відповідної арматури; розрахунок проводиться для періоду нормальної роботи; кожний елемент і система можуть знаходитися або у працевдатному стані, або у відмовному; система пройшла період приробки, але явища зносу, старіння не настали, тобто розподілення часу роботи до відмови є показовим, а відмови відносяться до поступових;

розподілення відмов за часом - подія випадкова; в одні і той же момент часу може відбутися лише одна відмова; відмова одного елементу не змінює надійності інших елементів; інтенсивність відмов ділянок водоводів не залежить від витрати води в них. Метод можна використовувати як для стадії проектування, також і для стадії експлуатації ЗЭС:

Для проведення розрахунку за пропонуємим методом необхідні наступні початкові дані:

- довжина елемента, км, для обоїх стадій береться зі схеми ЗЭС/;

- наробка на відмову  $i$ -ого елемента ЗЭС /для стадії проектування використовується довідкові дані, а експлуатації - дані за фактичною наробкою/;

- розрахункова інтенсивність відмов  $i$ -ого елемента ЗЭС, 1/год, для стадії проектування визначається за формулою:

$$\lambda_i = 1/T_i \quad ; \quad /9/$$

де  $T_i$  - наробка на відмову  $i$ -ого елемента ЗЭС.

- для стадії експлуатації - за формулою:

$$\lambda_i = \frac{n(\Delta t)}{N_e \Delta t} \quad ; \quad /10/$$

де  $n$  - загальне число елементів ЗЭС;

$N_e$  - середнє число виправно працюючих елементів.

#### Розділ 4. Оцінка екологічної надійності закритих зрошувальних систем.

Оцінка екологічної надійності ЗЭС здійснюється усіма розгляденими вище методами, виключаючи метод, пропонуємий автором. Отримані значення порівнювалися з оцінками фактичної екологічної надійності, яка була визначена за форм. лок /Антонюк, 1990 р./:

$$ЭН = 1 - \chi^2 / (2N - M + 0,5 \chi^2) \quad ; \quad /11/$$

де  $\chi^2$  - значення функції  $\chi^2$  при довірчальній імовірності  $\delta$  та числі степенів свободи  $(2M+2)$  /використовується при малій кількості даних/;

$N$  - число елементів;

$M$  - число елементів, які вийшли з строю.

Розрахунок фактичної екологічної надійності ЗЭС здійснювався для азбестоцементних труб  $d = 300$  мм, так як тільки на них при дослідженні ЗЭС в а/ф "Дружба народів" були зафіксовані відмови.

Порівняння оцінок фактичної екологічної надійності ЗЭС з розрахованими наводиться у таблиці 4.

Таблиця 4

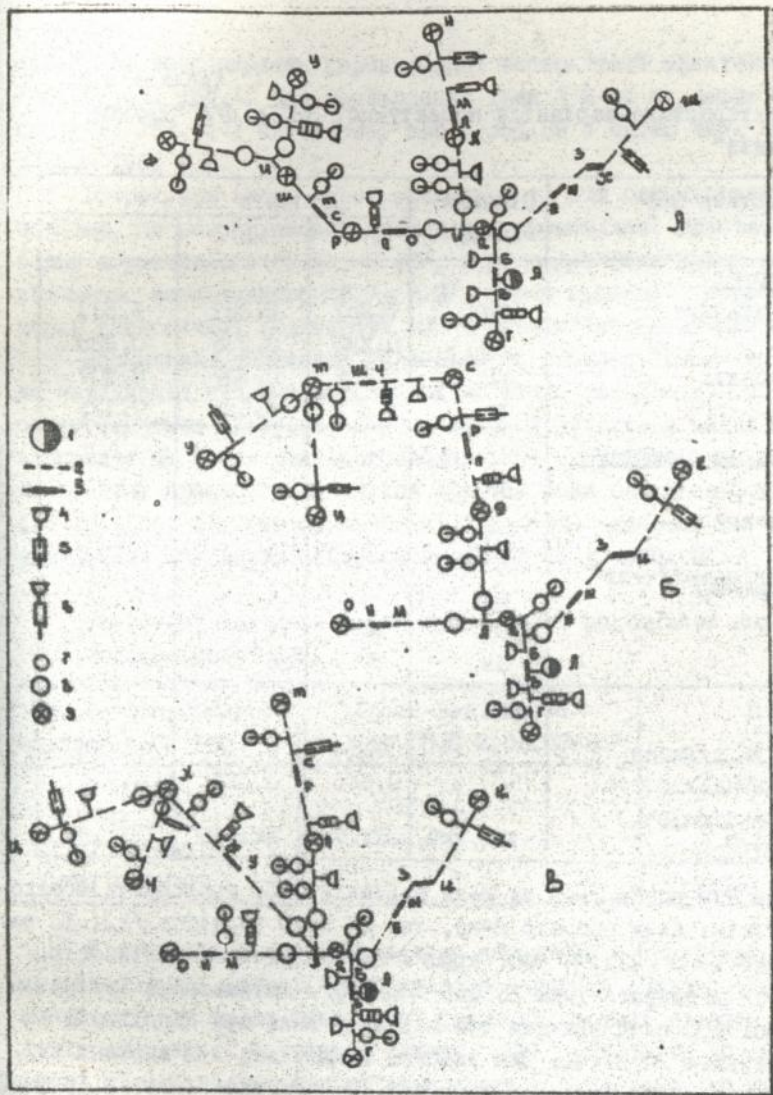
Оцінки екологічної надійності ЗЭС, визначені різними методами

Методи оцінки екологічної надійності ЗЭС	Оцінки екологічної надійності ЗЭС	Фактична екологічна надійність ЗЭС		
		1993	1994	1995
Класичний	0.00104			
В.Б. Клейменова	0.469	0.663	0.576	0.576
А.Н. Горюнова	0.852			
Б.П. Карука	0.286			
Пропонуемий автором	0.603			

Зіставлення оцінок екологічної надійності ЗЭС, розрахованих різними методами, з фактичною екологічною надійністю системи показало, що оцінка, визначена методом, який пропонує автор, найбільш близька до фактичної. Це є підставою для того, щоб рекомендувати його для рішення практичних питань забезпечення екологічної надійності ЗЭС.

Розділ 5. Забезпечення екологічної надійності закритих зрошувальних систем.

При виборі ЗЭС, у теперішній час основним критерієм є обрахункова вартість. Екологічна надійність системи не приймається /не зараховується/. Це веде до вибору і будівництва систем низької надійності, що викликає негативні екологічні наслідки. Для забезпечення екологічної надійності ЗЭС на стадії проектування доцільно робити вибір варіанту ЗЭС на підставі не тільки обрахункової вартості, але і екологічної надійності. Це підтверджують розглядені автором три варіанти проектуємої ЗЭС в а/ф "Дружба народів" /мал. 2/. Характеристика варіантів зображена у таблиці 5. Розрахунки екологічної надійності проводилися за методом, пропонує автором.



Мал. 1. Закрита зрошувальна система в а/ф "Дружба народів".  
Варіанти: А - перший; Б - другий; В - третій. Елементи ЗЗС:  
1 - насосна станція, 2 - ділянка водоводу; 3 - сталевий водовід;  
4 - бантуз, 5 - гаситель гідрравлічних ударів, 6 - запобіжний  
іклапан-бантуз, 7 - колодязь зливу, 8 - розподільний колодязь,  
9 - поле сівбообороту.

Таблиця 5

Характеристика варіантів проектуємої ЗЭС в а/ф "Дружба народів"

Характеристика ЗЭС	Одиниця виміру	Варіанти ЗЭС		
		1	2	3
<u>Довжина труб:</u>				
азбестоцементних	км	7.257	6.091	5.533
сталевих	км	0.235	0.235	0.285
залізобетонних	км	0.307	0.307	0.307
Разом	км	7.800	6.633	7.125
<u>Трусопровідна арматура:</u>				
вантузи	шт.	5	5	5
запобіжні клапан-вантузи	шт.	4	3	4
гасителі гідравлічних ударів	шт.	3	4	4
засуви	шт.	15	14	16
Разом	шт.	27	26	29
<u>Показники:</u>				
імовірність відмови		0.354	0.410	0.246
екологічна надійність		0.646	0.590	0.754
обрахована вартість /ціни 1984 р./	тис. крб.	231.75	221.10	212.30

Порівнюючи між собою 1-ий та 2-ий варіанти ЗЭС, урахувавши обраховану вартість, слід вибрати 2-ий, так як його вартість /221.10 тис. крб./ нижче 1-го /231.75 тис. крб./. За екологічною надійністю, навпроти, слід вибрати 1-ий /0.646 і 0.590/. Оптимальним варіантом проектуємої ЗЭС слід вважати той варіант, який при найбільшій ЕН має меншу вартість. Цим вимогам відповідає 3-й варіант ЗЭС. Його екологічна надійність 0.754 /у 1.17 разів вище 1-го, в 1.27 разів вище 2-го варіантів/, обрахована вартість 212.30 тис. крб. /нижче на 18.95 тис. крб. 1-го; на 8.30 тис. крб. - 2-го варіантів/. Цього вдалося досягти проведенням секціонування системи /мал. 2в/.

Техніко-економічне обґрунтування показало, що 3-й варіант найкращий серед інших і за порівнявчою економічною ефективністю. Він потребує найменших витрат за строком окупності /359.73 тис.

крб./, за коефіцієнтом порівняльної економічної ефективності /44.97 тис. крб./.

Для порівняння: 1-ий і 2-ий варіанти ЗЗС відповідно: 337.44 і 43.42 тис. крб.; 361.39 і 46.43 тис. крб. /за цінами 1984 р./.

Розрахунок економічної ефективності від секціонування ЗЗС показав, що розрахунковий коефіцієнт економічної ефективності більш нормативного /0.15 > 0.12/, а розрахунковий строк окупності менше нормативного /6.7 < 8.3/, тобто проведення міра по звищенню екологічної надійності ЗЗС є економічно ефективною.

Нормативні документи установлюють значення допустимого рівня надійності гідромеліоративних об'єктів залежно від площі, яка обслуговується спорудою, яка оцінюється десятками тисяч га. Пристосувати це до внутрішньогосподарської ЗЗС важко, так як згідно до аналізу проектів ЗЗС півдня України вони обслуговують площу до 1.5 тис. га. Автором пропонувані допустимі значення екологічної надійності для внутрішньогосподарської ЗЗС./табл. 6/.

Таблиця 6

Допустимі значення рівня екологічної надійності внутрішньогосподарської ЗЗС.

Площа, яка обслуговується ЗЗС, га	Група надійності /до СНІІ 2.06.03-85/	P <sub>доп</sub>
0 - 550	4	0.700-0.800
551 - 1000	3	0.801-0.900
1001 - 1250	2	0.901-0.950
1251 - 1500	1	0.951-0.999

У теперішній час звертається недостатньо уваги екологічної надійності при ротатії сільськогосподарських культур. Ротатія призводить до зміни тривалості праці як окремих ділянок трубопроводів ЗЗС, так і системи у цілому. Це призводить до зміни інтенсивності відмов, збільшенню об'ємів витоків з системи, погіршенню екологічного старовища зрошувальної ділянки. Тому, при розробці рекомендацій щодо освоєння зрошувальної ділянки, нарівні з питаннями щодо якості води, техніки поливу та інш., слід розглядувати питання впливу на екологічну надійність ЗЗС ротатії сільгоспкультур у сівобороті. Це дозволить виділити "слабі", з точки зору екологічної надійності, елементи ЗЗС, зазначити роки ротатії, в які систе-

ма має мінімальну екологічну надійність. Розрахунки екологічної надійності проводилися за методом, пропонуваним автором. Виявлено п'ять ділянок трубопроводів /мал. 2а/, а також рік ротації, у який ЗЭС піддається більшій імовірності відмови /табл. 7, підкреслено/.

Таблиця 7

Оцінки екологічної надійності та імовірності відмови "слабих" елементів ЗЭС за роками ротації сільськогосподарських культур у сівбобороті

Роки ротації сільгоспкультур	Оцінка екологічної надійності ЗЭС	Імовірність відмови елементів ЗЭС				
		ДМ	ЛО	ТЛ	РС	ВГ
1	0.646	0.624	0.720	0.604	0.642	0.556
2	0.645	0.540	0.727	0.563	0.707	0.549
3	<u>0.629</u>	0.655	0.716	0.657	0.395	0.562
4	0.646	0.357	0.727	0.615	0.647	0.532
5	0.635	<u>0.363</u>	0.631	0.642	0.314	0.536
6	0.652	0.633	0.634	0.613	0.574	0.532
7	0.645	0.657	<u>0.612</u>	<u>0.500</u>	<u>0.465</u>	0.532
8	0.655	0.627	0.650	0.613	0.579	0.535
9	0.633	0.617	0.634	0.674	0.616	<u>0.531</u>

Примітка: \*) -ділянки трубопроводів /мал. 2/

Зная це, вже на стадії проектування можна розробити міри щодо звищення екологічної надійності ЗЭС.

### В А С Н О В О К

1. На основі аналізу відмов ЗЭС Криму, узагальнення досвіду їх експлуатації, аналізу науково-технічної літератури пропонується їх класифікація за видами та причинами. Виділено чотири види відмов: труба; з'єднання труб; трубопровідної арматури; інші; всім причин: корозія труби; розрив з'єднувальних муфт "лібо"; розрив з'єднувальних муфт "СМ"; гідравлічний удар; поломка засувів; поломка вантузів; оудівельний брак; механічні пошкодження.

2. Екологічне становище з'єднувальної ділянки у значній мірі залежить від технічно рівня ЗЭС. Тому при оцінюванні екологічних наслідків відмов ЗЭС необхідно розглядувати два блоки понять: відмови та викликані їми витoki /технічний блок/; підв'язання рівня

грунтових вод та пов'язані із цим підтоплення, засолення, активізація карсту та інш. /екологічний блок/.

3. Для оцінки екологічного становища зрошувальних площей проведений аналіз наступних груп зв'язків: опади - РГВ; відмови - витоки; витоки - РГВ.

4. Витоки води з ЗЗС в двох найбільш представницьких УЗСах Джанкойському, Красногвардейському і Ленінському райводгоспі Криму гарно корелюється з відмовами на них /коефіцієнт кореляції 0.33 - 0.92, помилка  $\pm 0.12-0.18$ /; зміна РГВ упевнено корелюється з витоками з ЗЗС /коефіцієнт кореляції 0.61 - 0.79, помилка  $\pm 0.19 - 0.23$ /.

5. Існуючі методи розрахунку надійності ЗЗС на повністю відповідають зростаючому рівню розрахункових і інформаційних технологій. У зв'язку з цим автор пропонує метод оцінки екологічної надійності ЗЗС, заснований на визначенні середніх оцінок імовірності відмови елементів системи.

6. Порівняння оцінок екологічної надійності ЗЗС, зазначених різними методами, з фактичною екологічною надійністю показало, що оцінка, яка була визначена методом, пропонованим автором, найбільш близька до фактичної. Це дозволяє рекомендувати його для рішення практичних питань забезпечення екологічної надійності ЗЗС.

7. Користуючись пропонованим автором методом, можна визначити ЕН надійність ЗЗС у фіксовані моменти часу; провести вибір оптимального варіанту ЗЗС /варіант, який має найбільшу екологічну надійність та найменшу обрховану вартість/; виявити роки, у які елементи ЗЗС найбільш піддаються відмовам; обґрунтувати доцільність проведення капітального ремонту ЗЗС.

8. Підвистити екологічну надійність ЗЗС можна шляхом секціонування системи, тобто шляхом створення умов для подачі води споживачу по окремому трубопроводу.

#### ОСНОВНІ НАДРУКОВАНІ РОБОТИ АВТОРА ЩОДО ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ.

1. Пашенцев А.И., Боровский Б.И. "Исследование результатов анализа надежности при выборе оптимального варианта проектируемой ЗЗС // Строительство и проблемы экологии". - Симферополь, 1992 - с. 96-97.

2. Пашенцев А.И. "Проектирование ЗЗС с учетом их надежности // Мелиоратор Крыма" №25, 1992. - с. 1-2.

3. Пашенцев А.И., Мугавский В.Д. Отказы закрытых оросительных систем// Строительство и проблемы экологии". - Симферополь, 1992.- С. 94-96.

4. Пашенцев А.И. Применение ЭВМ для расчета надежности закрытых оросительных систем// Мелиоратор Крыма, №33, 1992. - С. 1-2.

5. Пашенцев А.И. Оценка надежности закрытых оросительных систем// Мелиоратор Крыма, №40, 1992.- В. 1-2.

6. Пашенцев А.И. Обобщение методов повышения надежности закрытых оросительных систем// Депон. в ГНТБ Украины 30.06.93, № 1361.-Симферополь, 1993.- 16 с.

7. Пашенцев А.И. Расчет надежности закрытых оросительных систем на персональном компьютере IBM AT по формуле А.Н. Горюнова// Депон. в ГНТБ Украины 05.07.93, №1294. - Симферополь, 1993.-17 с.

8. Пашенцев А.И. Методы оценки надежности закрытых оросительных систем// Депон. в ГНТБ Украины 17.03.93, №544. - Симферополь, 1993. - 20 с.

9. Пашенцев А.И. Расчет надежности закрытых оросительных систем на программируемом микрокалькуляторе// Депон. в ГНТБ Украины 05.07.93, №1293. - Симферополь, 1993. - 9 с.

10. Пашенцев А.И. Отказы закрытых оросительных систем Крыма// Депон. в УкрИНТЭИ 12.01. 93, №49. - Симферополь, 1993.- 24 с.

11. Пашенцев А.И. Определение фактической надежности закрытой оросительной системы// Депон. в ГНТБ Украины 10.01.94, № 73. - Симферополь, 1994. - 9 с.

12. Пашенцев А.И. Анализ методов расчета надежности проектируемой закрытой оросительной системы// Депон. в ГНТБ Украины 10.01.94, №74. - Симферополь, 1994. - 9 с.

13. Пашенцев А.И. Повышение экологической надежности трубопроводов оросительных систем, расположенных вблизи населенных пунктов // Геоэкологические и медико-экологические проблемы промышленно-городских агломераций Крыма. - Симферополь, 1994. - С.105-107.

14. Пашенцев А.И. Зависимость надежности проектируемой закрытой оросительной системы от чередования культур в севообороте// Депон. в ГНТБ Украины 15.07.95, №123. - Симферополь, 1995. - 13 с.

15. Пашенцев А.И. Расчет экологической надежности проектируемой закрытой оросительной системы. // Депон. в ГИТБ Украины 29.04.96, №1074 - Уж 96. - Симферополь, 1996. - 23 с.

#### АННОТАЦИЯ

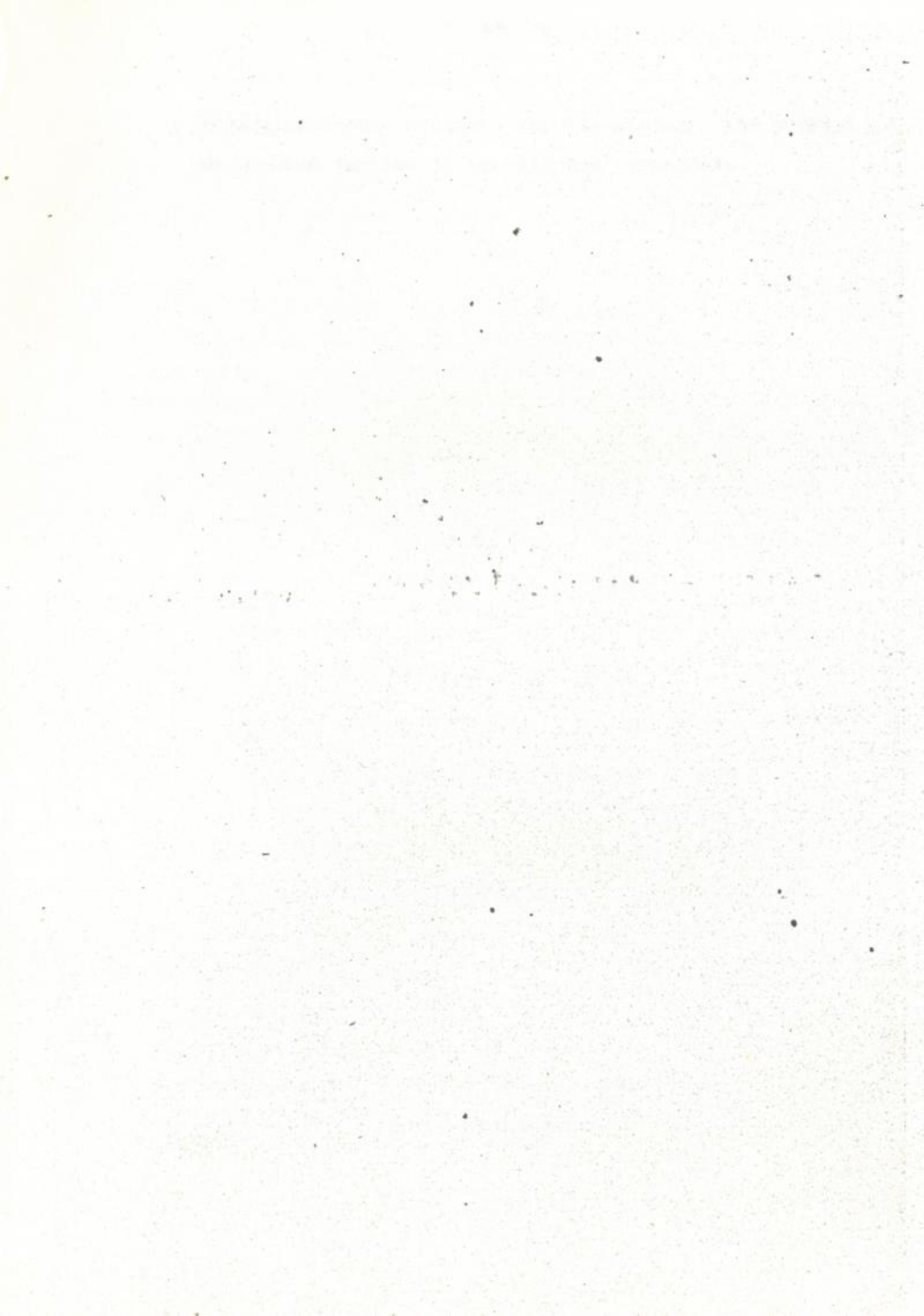
Диссертация посвящена изучению проблемы оценки и обеспечения экологической надежности закрытых оросительных систем. На основании проведенных исследований представлена классификация отказов ЗОС по видам и причинам; обосновано влияние утечек из ЗОС на повышение уровней грунтовых вод и изменение экологического состояния орошаемого массива; разработан метод расчета экологической надежности ЗОС, который позволяет выявить "слабые" с точки зрения экологической надежности элементы системы; разработаны рекомендации по её повышению; обосновано действие оптимального варианта ЗОС.

#### ANNOTATION

This work is dedicated to the studying of problems of estimation and ensuring of the ecological reliability of the closed irrigation systems. On the grounds of the carried-out researches, it was produced the classification of faults of CIS in accordance with their types and reasons; the influence of irrigation water's leakages out of the CIS upon the lifting of subsoil waters' levels and changes of the irrigated lands' ecological state; it was worked out the method of calculation of the CIS ecological reliability; this method allows to reveal "weak" elements of the system, from the ecological reliability point of view; there were

also worked-out measures for its rising; the concept of  
an optimum variant of the CIS was grounded.





1001.8e all

Humanities Research Institute  
Office of International and Cultural Studies  
Center  
1001.8e all  
1001.8e all  
1001.8e all

432431

08.38.109  
**АВ 38.109**

**Пашенцев Александр Иванович**

**Оцінка та забезпечення екологічної надійності закритих зрошувальних систем**

Сдано в набір **05.05.97**. Подписано в печать **07.05.97**.

Печать офсетная. Бумага писчая. Заказ № 1508. Тираж **120** экз.

Гортипография, 333000, г. Симферополь, ул. Горького, 8.