

На правах рукопису

ЄВГРАШКІНА Галина Петрівна

**ПРОГНОЗУВАННЯ СОЛЬОВОГО РЕЖИМУ
ЗРОШУВАНИХ ЗЕМЕЛЬ
МЕТОДАМИ
МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

06.01.02 — Меліорація та зрошуване землеробство

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук



АВ 28.300

Дисертацією є рукопис. Роботу виконано в Інституті гідротехніки і меліорації Української Академії аграрних наук та Дніпропетровському державному університеті.

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор
ОСТАПЧИК В.П.,

доктор технічних наук, с.н.с.
ПОЛЯКОВ В.Л.,

доктор сільсько-господарських наук,
професор,
БАЄР Р.О.,

Пробірна організація – Дніпропетровський державний інститут проектування водного господарства.

Захист дисертації відбудеться 25 листопада 1993 року в _____ годин на засіданні Спеціалізованої вченої ради Д.01.26.01 в Інституті гідротехніки і меліорації Української Академії аграрних наук за адресою: 252022, м.Київ, вул.Васильківська, 37.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці інституту.

Автореферат розіслано "___" _____ 1993 р.

Вчений секретар
Спеціалізованої вченої ради

Фененко Л.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Прогнозування сольового режиму зрошуваних земель – важлива складова частина комплексу пошуків та досліджень для цілей меліоративного будівництва. Актуальність цієї проблеми останнім часом виросла, особливо стосовно регіональних довгострокових прогнозів. Це пов'язано з загостренням негативних явищ в екологічній ситуації нашої країни які визвано комплексом антропогенних факторів, в тому числі і меліоративним освоєнням природних ландшафтів. В цьому плані особливу значимість набуває багатоваріантність прогнозних рішень для науково-обґрунтованого вибору оптимального комплексу інженерних, експлуатаційних, агротехнічних, природоохоронних та інших заходів, які забезпечують високу продуктивність меліоративної системи, економічну доцільність та екологічну безпеку на весь період її функціонування.

Розробка та удосконалення методів прогнозу сольового режиму зрошуваних земель на базі сучасної обчислювальної техніки, оцінка їх вірогідності, застосування на конкретних зрошуваних масивах є питаннями в рівній мірі актуальними для напіваридних районів України та регіонів аридної зони з великим досвідом ведення зрошуваного землеробства. Теоретичні досягнення в даній області мають опереджувальний характер, тому важливий аспект проблеми – максимальне їх практичне використання з урахуванням кількості та якості вихідної інформації, яка реально може бути отримана в проєктних, експлуатаційних та спостережних службах.

Мета роботи – розвиток нового, регіонального напрямку в проєгуванні сольового режиму зрошуваних земель, який дозволяє виконувати досить інформативні прогнозні розрахунки на тривалий час, для великих територій з достатньою деталістю при реально існуючому рівні забезпечення вихідною інформацією.

Досягнення поставленої мети пов'язано з вирішенням наступних задач:

- подальший розвиток та удосконалення існуючих, розробка та практичне використання нових методів прогнозування солепереносу в умовах зрошення з застосуванням сучасної обчислювальної техніки,

- розробка принципово нових методів визначення гідрохімічних параметрів в різноманітних гідрогеологічно-меліоративних умовах для регіональних прогнозних досліджень;

- аналіз, порівняння із строгими рішеннями та оцінка точності різних скінченно-різницевих схем, які використовуються для розв'язання задач по прогнозуванню сольового режиму зрошуваних земель;

- виявлення кількісних залежностей між точністю схем, які застосовуються, та співвідношенням елементів, що в них входять;

- розгляд оптимальних варіантів сумісного гаспосування точних та наближених рішень на ЕОМ, зручних для практичного використання;

- розв'язування широкого кола прямих та інверсних прогнозних задач в коректній постановці на конкретних зрошуваних масивах;

- оцінка вірогідності прогнозів шляхом порівняння їх результатів з натурними спостереженнями;

- дослідження ряду методичних питань, направлених на підвищення точності прогнозів, їх наукового обґрунтування та практичного значення;

- математичне обґрунтування необхідних умов для збереження родючості рекультивованих земель;

- створення математичного забезпечення для розв'язання на ЕОМ всіх вищеперелічених задач.

Методика досвіджень заключається в застосуванні сучасних методів моделювання. Використані аналітичні, чисельні та чисельно-аналітичні рішення рівнянь вологопереносу, фільтрації та масопереносу. Як допоміжні застосовані методи математичної статистики. Розрахунки виконано на сучасних ЕОМ.

Наукова новизна. Розроблена принципово нова методика регіонального довгострокового прогнозування солепереносу на зрошуваних територіях, які дозволяють виконувати досить інформативні прогнозні розрахунки з великою деталістю, на довгі строки, для великих територій, при реально існуючому рівні забезпечення вихідною інформацією. При комплексному підході до цієї проблеми досліджено ряд питань, із яких основними являються наступні.

1. Дана цільова класифікація прогнозів сольового режиму зрошуваних земель.

2. Вперше запропоновано метод диференціованої регіональної оцінки коефіцієнта конвективної дифузії і здійснено рішення інверсних коректно поставлених задач по визначенню цього параметра для нисхідного та висхідного потоків вологи і солей на великих територіях при довгострокових прогнозах одночасно в зонах повного та неповного водонасичення.

3. Відповідно до запропонованої класифікації прогнозів - ре-

гіональних та локальних, короткострокових та довгострокових, детально розроблена методика їх виконання.

4. Запропоновані та проаналізовані способи оцінки гідрохімічних і гідродинамічних параметрів при різних рівнях забезпечення вихідною інформацією.

5. На принципово новій основі - сумісному використанні аналітичних та чисельних рішень - підготовлено програмне забезпечення для рішення широкого кола практичних задач.

6. Виконана оцінка точності застосованих скінченно-різнице-вих схем в широкому діапазоні зміни вихідних даних.

7. Установлено залежності точності рішення від співвідношення гідродинамічних та гідрохімічних параметрів, вихідного засолення та ступеню дискретизації досліджуваної області солепереносу в просторі і часі.

8. Складена уніфікована таблиця для оцінки точності застосованих скінченно-різнице-вих схем.

9. оцінено можливості практичного застосування ряду емпіричних формул для визначення параметрів вологопереносу та дано рекомендації по їх практичному використанню.

10. Уточнено деякі емпіричні залежності для оцінки параметрів вологопереносу.

11. Одержано кореляційні залежності між мінералізацією ґрунтових розчинів та засоленістю ґрунтів для всіх типів засоленості по даних польових та лабораторних досліджень на масивах, що вивчаються.

12. Теоретично доказана правомірність виконання прогностичних розрахунків по даних про засоленість ґрунтів, а не мінералізацію ґрунтових розчинів, якщо між ними існує лінійна або близька до неї залежність і в твердій фазі переважають легкорозчинні солі.

13. Розроблена методика прогнозування сольового режиму рекультивованих з міль.

14. Теоретично та чисельними експериментами доказано, що рекультивация шалтих відвалів, які являють собою в різній мірі засолені порушені породи, може бути ефективною лише в умовах систематичного зрошення при промивному режимі. В богарних умовах незначуча вторинна засоленість насипного ґрунтового шару.

15. Всі теоретичні розробки доведено до рівня практичного використання і застосовано для вирішення актуальних задач регіонів, які розглядаються.

16. Дано рекомендації по оптимальному практичному використанні запропонованих розробок.

17. Методичні дослідження проведено на прикладах конкретних зрошуваних масивів і тестових задачах в широкому діапазоні зміни початкових та граничних умов, співвідношення гідродинамічних та гідрохімічних параметрів, що дозволяє використати результати виконаних досліджень відповідно з приведеними рекомендаціями на інших зрошуваних об'єктах.

На запис вносяться.

1. Теорія регіонального прогнозування солепереносу з суто практичною направленістю, яка дозволяє виконувати багатоваріантні, достатньо інформативні прогнози розрахунки, на довгі строки, для значних територій з великою деталістю при реально існуючому рівні забезпечення вихідною інформацією.

2. Результати прогнозних та натурних досліджень, які підтверджують теоретичні положення автора.

3. Практичні аспекти розв'язання прогнозних задач солепереносу.

4. Практичні можливості методів, що пропонуються.

Наукове обґрунтування результатів досліджень. Розв'язання поставлених задач виконувалось на основі сучасних наукових уявлень про перерозподіл розчинних солей в ґрунтах під впливом зрошення виходячи із теорії фізико-хімічної гідродинаміки пористих середовищ. Застосовувалась сучасна обчислювальна техніка, вивірені методи розрахунку. Всі положення, які захищаються, аргументовано математичними розрахунками, доказами, порівняннями прогнозних величин з натурними спостереженнями на зрошуваних масивах та результатами досліджень ведучих спеціалістів в даній області.

Практичне значення роботи. Прогнози водно-сольового режиму зрошуваних земель є обов'язковою складовою та завершальною частиною комплексу пошуків і досліджень для меліоративного будівництва та наукового обґрунтування природоохоронних заходів. Виконані дослідження по розробці методики прогнозування солепереносу на зрошуваних землях, оцінці параметрів солепереносу та запропоноване програмне забезпечення мають універсальний характер і можуть застосовуватись в різних регіонах для розв'язання гідрогеолого-меліоративних та природоохоронних задач.

Реалізація роботи. Результати прогнозу сольового режиму ґрунтів зони верації Фрунзєнського і Нікопольського зрошуваних масивів

дозволили Дніпропетровській гідрогеолого-меліоративній експедиції обґрунтувати і здійснити скорочення обсягу режимних спостережень. За нинішнього часу вони виконуватся на 10 стаціонарах замість 24. Прогнози розрахунки на Нікопольському зрогуваному масиві і Ширванському степу застосовані Дніпропетровської та Бакинської гідрогеолого-меліоративними експедиціями для обґрунтування оптимального режиму зрошення засолених земель. Результати прогнозних розрахунків для рекультивованих шахтних відвалів передані виробничому об'єднанню "Павлоградугілля" для складання рекомендацій по охороні ґрунтів і підземних вод Західного Донбасу.

Розроблені методи прогнозої оцінки динаміки солепереносу увійшли складовою частиною в постійнодіючу математичну модель Західного Донбасу, як з дозволяє оперативно оцінювати екологічну ситуацію регіону. Це дало можливість Павлоградській геолого-розвідувальній експедиції скоротити на 30% обсяг бурових робіт при організації режимних спостережень на площі 3600 км². Ці методи застосовані також для розв'язання локальних природоохоронних задач на територіях, прилеглих до шахтних відвалів та ставків-накопичувачів скидних шахтних вод. За результатами прогнозних розрахунків тут запропоновано більш економічні варіанти режимної спостережної мережі.

Методика прогнозних досліджень динаміки солепереносу включена до монографії "Методические разработки по обоснованию орошения на Керченском полуострове", в учбовий посібник "Прогнозирование массопереноса в условиях орошения с применением ЭВМ" і в "Методические указания по прогнозированию изменений гидрогеологической обстановки в условиях освоения Загадного Донбасса и Криворожского железорудного месторождения", які направлені з головною установою, інститут ВСЕГІНГЕО (м.Москва), виробничі об'єднання "Південукргеологія", "Кривбасгеологія", "Павлоградугілля", "Донбасгеологія" і геолого-розвідувальні експедиції - Павлоградську, Новомосковську, Білозерську, Криворізьку та інші.

Теоретичні положення і практичні питання, які розглядаються в дисертації, використовуються алгором для читання лекцій і виконання дипломних та практичних завдань в ДДУ згідно з учбовими і навчальними спеціальностями "Меліоративна гідрогеологія", "Меліоративна географія", "Моделювання фільтрації та масопереносу", "Динаміка підземних вод".

Апробація роботи. Основні положення та матеріали дисертаційної роботи докладано та обговорено: на Всесоюзному науковому семі-

начі "Новейшие методы исследования и моделирования процессов переноса подземных вод". Київ, 1976; науково-технічній конференції, присвяченій подальшому розвитку меліорації, Новочеркаськ, 1977; 3-ому Всесоюзному симпозиумі по меліоративній географії, Харків, 1977; Всесоюзному семінарі комісії по інженерній геології на тему: "Освоение территории со сложными геолого-гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями в связи с мелиорацией", Київ, 1977; республіканському науковому семінарі "Роль водного и солевого режимов в приповерхностном слое при мелиорации земель", Київ, 1978; республіканській науковій конференції "Проблемы охраны природы и рекреационной географии СССР", Харків, 1979; науковому семінарі "Современное гидрогеолого-мелиоративное состояние орошаемых и осушаемых земель, методы его контроля", Київ, 1983; науковій конференції "Формирование почвенно-мелиоративных условий орошаемых земель Юга Украины", Київ, 1984; Всесоюзній науковій конференції "Почвы речных долин и дельт, их рациональное использование и охрана", Москва, 1984; Всесоюзній науковій конференції "Обмен опытом разработки природоохранных рекомендаций в горнодобывающих районах и ТПК", Москва, 1985; науково-практичній конференції "Современные научные проблемы охраны окружающей среды", Дніпропетровськ, 1985; науково-практичній конференції "Искусственное восполнение подземных вод, рациональное использование и охрана геологической среды в Украинской ССР", Донецьк, 1986; науково-технічній нараді "Математическое моделирование и применение ЭВМ в мелиорации", Київ, 1986; другій Вуральській науково-координаційній нараді по охороні та раціональному використанню підземних вод, Свердловськ, 1986; школі передового досвіду "Мониторинг и прогноз изменений геологической среды", Москва, 1987; республіканській конференції "Изменение геолого-гидрогеологических и инженерно-геологических условий на территории Украины под влиянием антропогенного воздействия", Київ, 1987; мікрорегіональній конференції "Проблемы охраны окружающей среды", Свердловськ, 1988; першому Всесоюзному з'їзді інженерів-геологів, гідрогеологів, геокриологів, Київ, 1988; Всесоюзному науковому семінарі "Региональные гидрогеологические, инженерно-геологические и геокриологические исследования в целях охраны геологической среды", Москва, 1989; республіканській конференції "Экологические аспекты осушительных мелиораций в Украине", Київ, 1992.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 47 статей, дві монографії в співавторстві, учбовий посібник.

Об'єд та структура роботи. Дисертація об'ємом 261 сторінок, складається із загальної характеристики роботи, 8 розділів, висновків та рекомендацій, списку літератури, що налічує 276 найменувань, 46 таблиць, 62 рисунки та додатку.

I. Масоперенос в умовах зрошення

Розвиток різних методів прогнозу сольового режиму зрошуваних земель має дуже актуальне значення для розробки науково-обґрунтованих заходів по меліорації засоленних земель та боротьбі з вторинною їх засоленістю і осолонюванням з метою забезпечення високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур.

Питання походження, розповсюдження та меліорації засоленних ґрунтів раніше з'явилися відображення в роботах ґрунтознавців та агрохіміків, які зіткнулись з проблемою сільськогосподарського використання засоленних земель (Б.В.Полинова, 1930; В.О.Ковди, 1947; 1984, 1989; В.В.Єгорова, 1959, 1968, 1973, 1976, 1984; А.Г.Владимирова, 1960; К.К.Гедройца, 1960; А.Н.Костякова, 1938, 1951, 1960; А.А.Роде, 1955; Л.П.Розова, 1956; П.І.Яковенко, 1960-1993; П.С.Паніна, 1968; Л.М.Хруслової, В.П.Остапчика, 1960-1990; Р.А.Баєра, 1964-1992) та інших авторів. Потім з'явилися роботи, в яких пропонувались різні математичні моделі для кількісної оцінки процесів солепереносу в умовах зрошення.

Розробку основних положень теорії руху води і солей в пористих середовищах з урахуванням їх розчинення, всирання, дифузії та конвективного переносу здійснено М.М.Вериг'ним (1966, 1967, 1969, 1970, 1974, 1975, 1977, 1979) та С.Ф.Авер'яновим (1949, 1959, 1960, 1965, 1975, 1978). Методи дослідження та прогнозування фільтрації, волого- та солепереносу в умовах зрошення дістали подальший розвиток в роботах О.Я.Олійника та співавторів (1970-1992); В.Л.Полякова (1980-1992); Д.Ф.Шульгіна (1971, 1973, 1974, 1975, 1977, 1985); І.Є.Жернова (1971, 1972); А.В.Ситникова (1971, 1972, 1985); М.М.Муромцева (1974, 1978, 1988); М.І.Ромашенка (1975, 1979, 1987); П.Я.Полубаринової-Точилої (1972, 1977); А.М.Мандрича (1973); Г.М.Колж (1974, 1983, 1989); Н.М.Блохіної (1979); В.І.Лаврика, Г.М.Кізоненко, З.В.Бурханова (1983, 1984, 1986); І.І.Ляшко та співавторів (1981-1988); Л.М.Горєва та В.І.Пелашенко (1984); В.П.Фільчакової (1984); Н.Л.Хмельницької (1985); К.Хілдса (1985); С.Гореліка (1984, 1988); Л.Томаса (1986); І.Бореллі та І.Бр.за (1987) та інших вчених.

2. Методи прогнозування сольового режиму зрошуваних земель

В основу сучасних методів прогнозування сольового режиму зрошуваних земель покладено теорію фізико-хімічної гідродинаміки пористих середовищ, згідно з якою цей процес описується рівняннями руху та збереження маси речовини та їх системами. Рішення цих рівнянь здійснювалось аналітично, на аналогових обчислювальних машинах та наближеними методами на ЕОМ.

Аналітичні методи ґрунтовані на точних рішеннях диференціальних рівнянь при відповідних граничних умовах. Нині в науковій літературі застосовуються терміни "аналітичне моделювання" та "аналітичні моделі" (М.С. Угняник, В.К. Рудаков, В.Ф. Рибін, А.В. Ситников, 1985), що є правомірним, так як аналітичні рішення можна розглядати як абстраговані математичні еквіваленти відповідних гідрогеолого-меліоративних, ґрунтових та інших процесів. Застосування ЕОМ забезпечує ефективну реалізацію аналітичних рішень будь-якого ступеню складності. Аналітичні моделі служать надійним еталоном для оцінки обчислювальної похибки наближених результатів аналогового та чисельного моделювання, дозволяючи обґрунтовано направляти процес підвищення їх точності. Однак, хоч кількість одержаних точних рішень вже досить велика, вони мають обмеження, тому для широкого кола практичних задач в складних гідрогеолого-меліоративних умовах застосовують наближені методи з реалізацією рішень на АОМ та ЕОМ.

Основою аналогового моделювання є математична аналогія між різними по своїй фізичній суті процесами. Для моделювання масо-переносу використовуються переважно сіткові електричні моделі. Застосування аналогового моделювання особливо доцільне, якщо необхідно проводити урахування гідродинамічної та гідрохімічної неоднорідності області руху солей. Воно дозволяє з будь-якою деталізацією урахувати вихідне засолення, особливості режиму зрошення, зміни в часі гідродинамічних та гідрохімічних параметрів, процеси розчинення, обміну та сорбції. Аналогове моделювання конвективно-дифузії та масообміну уступає чисельному моделюванню на ЕОМ по обчислювальних можливостях та трудомісткості при необхідності виконання масових розрахунків, для довгострокових прогнозів на великих масивах, при багатоваріантних постановках задач та в багатьох інших випадках.

Тому нині віддається перевага чисельному моделюванню, тим

більше, що розроблено ряд наближених, але достатньо точних для практичного використання методів, які застосовуються для широкого кола задач з реалізацією рішення на ЕОМ, що виключає фактор трудомісткості.

Комплексний підхід до проблеми прогнозування масопереногу виключає ряд задач і перша - це цільова класифікація прогнозів. З урахуванням розробок І.Є.Жегцова (1972) створено класифікацію по призначенню, тривалості, просторових характеристиках процесів, які прогнозуються, способу одержання вихідних даних, яка визначає вибір методів оцінки параметрів і прогнозних розрахунків. Зокрема, по тривалості виділяємо прогнози короткострокові (до 1 року) і довгострокові на більший проміжок часу. По просторових характеристиках виділяємо прогнози локальні (на окремих ключових ділянках або сівозмінах) та регіональні (в межах великих зрощуваних масивів та їх груп). Для кожного типу прогнозів запропоновано і обгрунтовано методи рішення прямих та інверсних задач.

В практиці виконання прогнозних розрахунків наближеними методами найбільш доцільними є різні модифікації неявних скінченно-різницевоїх схем з повною дискретністю в часі та просторі. Зокрема, для вихідного рівняння

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} (VC) \cdot \frac{\partial b}{\partial t} = m \frac{\partial C}{\partial t} \quad (1)$$

в роботі застосована наступна скінченно-різницева апроксимація

$$\frac{D_{i+1} + D_i}{2} \cdot \frac{C_{i+1}^{\tau+1} - C_i^{\tau+1}}{(\Delta x)^2} - \frac{D_i + D_{i-1}}{2} \cdot \frac{C_i^{\tau+1} - C_{i-1}^{\tau+1}}{(\Delta x)^2} - V \frac{C_i^{\tau+1} - C_{i-1}^{\tau+1}}{\Delta x} - C_i^{\tau+1} \frac{V_i - V_{i-1}}{\Delta x} + \frac{b_i^{\tau+1} - b_i^{\tau}}{\Delta t} = m \frac{C_i^{\tau+1} - C_i^{\tau}}{\Delta t} \quad (2)$$

Тут D - коефіцієнт конвективної дифузії, $m^2/\text{добу}$; V - швидкість фільтрації або зологопереносу, $m/\text{добу}$; m - об'ємна вологість або ефективна пористість, доли од.; C_{-1}, C_i, C_{i+1} - засоленість ґрунтів (%), мінералізація ґрунтових розчинів або ґрунтових вод (г/л) в трьох дослідних точках розташованих на відстані Δx одна від одної; x, t - відповідно просторова і часова координати; Δt - інтервал дослідження в часі, доба; b - кількість солей в твердій фазі та вбирному комплексі ґрунтів і порід; $\tau, \tau+1$ - індекси попереднього та наступного моментів часу.

Друга задача, яку поставлено в роботі, виходячи із вищесказаного

ного, це уніфікація кількісної оцінки математичної похибки скінченно-різницевих схем, які застосовуються. Для цього в широкому діапазоні змін гідродинамічних та гідрохімічних параметрів, вихідного засолення та елементів дискретності сіткової області солепереносу кількісно охарактеризована математична похибка результатів прогнозних рішень шляхом чисельного експерименту на ЕОМ по розробленій програмі.

Похибка (σ) виражена в відсотках по відношенню до фундаментального рішення і представлена у вигляді таблиць та графіків для множин наборів вихідних даних. В структуру рівняння масопереносу входять перша та друга просторові похідні. Спосіб апроксимації першої похідної впливає на точність рішення. Тому в роботі досліджено схеми, де перша похідна представлена "правою", "лівою" та "середньою" різницею. Розглянуті також схеми розщеплення". Для кола задач, що вирішуються ці схеми практично рівнозначні по точності. В окремих сукупностях точок похибки можуть відрізнятись знаком. Для всіх схем характерна максимальна похибка поблизу меж (кордонів) Похибка обчислювалась для окремих розрахункових точок при різних комбінаціях всіх елементів схеми, потім виводилось середнє значення для верхньої двометрової товщі зони аерації - області найбільш інтенсивного розвитку кореневої системи рослин. В представленому тут фрагменті зведеної таблиці (табл. I) по вертикалі змінюються характеристики прогнозних процесів в часі: абсолютний час прогнозу t (дб), в даному випадку 1, 5, 10 років; інтервал часу досліджень Δt (дб) від 30 до 3 дб та відносний час, що дорівнює відношенню строку прогнозу до інтервалу часу досліджень $t/\Delta t$. По горизонталі змінюється крок по просторовій координаті Δx (м) від 0,05 до 0,5 м. Кожна таблиця побудована для фіксованого значення вихідного засолення C (%) і визначених співвідношень коефіцієнту конвективної дифузії D ($m^2/добу$) та швидкості вологопереносу або фільтрації V ($m/добу$). Цей фрагмент складено для трьох варіантів співвідношення V/D 0,1; 1,0 та 10, при засоленості $C=0,9\%$. Із аналізу результатів чисельного експерименту витікає, що на точність схеми впливає співвідношення всіх її елементів. Для вихідних даних, не узагальнених результатами нашого експерименту, похибка може бути оцінена безпосередньо по програмі, що додається до роботи. Вона дозволяє виконати пошук оптимального варіанту із можливих рішень в даних умовах, так як для кожного набору вихідних даних видає інформацію у вигляді таких же таблиць.

Таблиця I

Середня похибка апроксимації $\delta, \%$

t, рік	Δt , доба	$\frac{t}{\Delta t}$	$\delta, \%$					$\frac{D}{V}$
			при \bar{X}					
			3	6	12	15	30	
			при Δx (м)					
			0,5	0,25	0,125	0,1	0,05	
I	365,0	I	32,0	39,0	40,7	38,3	41,7	0,1
	182,5	2	26,4	27,0	26,0	23,8	25,2	
	91,25	4	22,7	18,7	15,9	14,6	14,6	
	36,5	10	20,1	12,6	8,6	7,9	6,8	
	18,25	20	19,2	10,2	5,8	5,3	4,0	
	9,125	40	13,7	9,0	4,4	4,0	2,5	
	3,65	100	18,4	8,3	3,5	3,2	1,6	
5	365,0	5	86,9	81,8	80,3	80,0	79,6	0,1
	182,5	10	43,1	38,4	37,8	37,7	37,1	
	91,25	20	22,5	16,8	17,2	17,1	17,1	
	36,5	50	13,9	4,8	6,1	6,7	6,2	
	18,25	100	14,1	1,9	2,3	3,2	3,0	
	9,125	200	14,1	1,4	1,2	1,6	1,7	
	3,35	500	14,0	1,6	0,4	0,6	0,7	
10	365,0	10	1,4	1,9	2,1	2,5	2,1	0,1
	182,5	20	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	
	91,25	40	0,2	0	0	0,1	0	
	36,5	100	0,6	0	0	0	0	
	18,25	200	0,7	0	0	0	0	
	9,125	400	0,7	0	0	0	0	
	3,65	1000	0,7	0	0	0	0	
I	365,0	I	5,8	7,5	8,4	8,8	8,9	1,0
	182,5	2	2,8	3,8	4,6	4,9	5,0	
	91,25	4	1,8	1,7	2,2	2,5	2,6	
	36,5	10	3,0	1,0	0,7	0,8	1,0	
	18,25	20	3,4	1,5	0,5	0,4	0,4	
	9,125	40	3,6	1,1	0,5	0,5	0,2	
	3,65	100	3,7	1,9	0,9	0,6	0,3	
5	365,0	5	20,5	19,8	19,1	19,0	19,1	1,0
	182,5	10	17,1	10,8	10,2	9,9	9,8	
	91,25	20	7,8	6,2	5,5	5,3	5,0	

t, рік	Δt, доба	t Δt	δ, %					D V	
			при \bar{X}						
			3	6	12	15	30		
			при ΔX (м)						
			0,5	0,25	0,125	0,1	0,05		
10	36,5	50	5,1	3,5	2,7	2,5	2,1	1,0	
	18,25	100	4,2	2,5	1,7	1,6	1,2		
	9,125	200	3,8	2,1	1,3	1,1	0,7		
	3,65	500	2,5	1,8	1,0	0,8	0,4		
	365,0	10	18,9	16,9	16,9	15,6	15,3		
	182,5	20	11,3	9,3	8,3	8,0	7,6		
	91,25	40	7,6	5,6	4,6	5,3	3,9		
	36,5	100	5,4	3,4	2,4	2,2	1,6		
	18,25	200	4,7	2,7	1,7	1,5	1,1		
	9,125	400	4,3	2,4	1,3	1,1	0,7		
I	3,65	1000	4,1	2,1	1,1	0,9	0,4	10,0	
	365,0	1	1,9	2,7	3,0	3,0	3,2		
	182,5	2	0,4	1,1	1,1	1,5	1,6		
	91,25	4	0,5	0,2	0,6	0,7	0,6		
	36,5	10	1,1	0,3	0	0,1	0,3		
	18,25	20	1,3	0,5	0,2	0,2	0		
	9,125	40	1,4	0,6	0,3	0,1	0,2		
	3,65	100	1,4	0,7	0,4	0,3	0,4		
	365,0	5	1,7	2,2	2,3	2,3	2,6		10,0
	182,5	10	0,4	0,9	1,3	0,7	0,8		
91,25	20	0,3	0,2	0,4	0,5	0,4			
36,5	50	0,7	0,2	0,1	0,1	0,4			
18,25	100	0,8	0,4	0,2	0,4	0,3			
9,125	200	0,9	0,4	0,2	0,1	0,7			
3,65	500	0,9	0,4	0,2	0,3	1,6			
365,0	10	1,9	2,1	1,8	1,9	2,2	10,0		
182,5	20	0,7	0,9	1,4	0,2	0,2			
91,25	40	0,1	0,2	0,4	0,6	1,4			
36,5	100	0,3	0	0,2	0,2	0,6			
18,25	200	0,4	0,2	0,3	0,6	0,6			
9,125	400	0,4	0,3	0,1	0,4	1,3			
3,65	1000	0,4	0,2	0,4	0,4	3,0			

3. Визначення швидкості вологопереносу

При виконанні прогнозу для конкретних меліоративних об'єктів виникають практичні труднощі, які пов'язані зі складністю визначення різних параметрів: швидкості вологопереносу в зоні аерації V, коефіцієнта конвективної дифузії D та характеристик масообміну. Особливістю прогнозування процесів волого- та солепереносу на дівчих системах являється можливість використання більш або менш дострокових, в залежності від строку експлуатації, режимних спостережень для визначення розрахункових параметрів по фактичних даних, тоді як на стадії проектування меліоративних систем ці величини для прогнозних розрахунків вибираються, як правило, по значенні або розраховуються по проектних показниках.

Балансовий метод оцінки швидкості вертикального вологопереносу в зоні аерації є наближеним, таким який не відображає всієї складності руху вологи в зоні аерації. Але для довгострокових прогнозів, особливо на стадії проектування зрошувальних систем, коли неможливо без тривалих спеціальних досліджень урахувати особливості складного процесу вологопереносу, метод водного балансу не втратив своєї актуальності. Це досить переконливо підтверджують дослідження, які виконано на різних меліоративних системах і зокрема, для умов Генічеського району Херсонської області в зоні Каховської ЗС. Тут Каховською гідрогеолого-меліоративною експедицією ведуться регулярні спостереження на сольових стаціонарах. При цьому детально ураховуються особливості режиму зрошення та кліматичні показники. Для епігнозних та прогнозних досліджень швидкості вертикального вологопереносу визначались балансовим методом. Епігноз виконано на 10 років 1969-1979 рр., його результати (табл.2)

Таблиця 2

Результати епігнозу по сольовому стаціонару 4
(Каховська ЗС, Генічеський район)

Інтервал досліджень по глибині ґрунтового профілю, м	Значення засоленості ґрунтів С, % маси сухого ґрунту на 1979 р.	
	натурні	прогнози
0,00 - 0,25	0,015	0,021
0,25 - 0,50	0,040	0,052
0,50 - 1,00	0,330	0,480

добре узгоджуються з натурними даними і дозволяють зробити висновок, що балансовий метод визначення швидкості вертикального вологопереносу, яка є основним фактором перерозподілу солей в умовах зрошення дощуванням, цілком прийнятний для вирішення практичних задач, які пов'язані з довгостроковими прогнозами сольового режиму зрошуваних земель.

Аналогічні результати одержано для умов Північно-Рогачинської зрошувальної системи (табл.3).

Таблиця 3

Результати порівняння натурних та епігнозних значень вмісту солей по стаціонарах Північно-Рогачинської ЗС

Зрошуваний масив	Стаціо-нар	Інтервал досліджу-ваних гли-бин, м	Срок епігнозу, р.	Засолення, %		
				вихід-не	натур-не	епіг-нозне
Михайлівський	8	0,0-1,0	1977-1982	0,092	0,070	0,069
		1,0-2,0		0,098	0,074	0,075
Василівський	3	0,0-1,0	1973-1983	0,099	0,072	0,072
		1,0-2,0		0,098	0,070	0,070
Веселівський	4	0,0-1,0	1974-1983	0,081	0,069	0,070
		1,0-2,0		0,143	0,143	0,145

В умовах високого вихідного засолення точність епігнозних значень істотно ниша. Це показали дослідження для умов Керченського півострова та Ширванського степу. Тут належить порівняти не окремо взяті сольові стаціонари, а карти, побудовані по натурних та прогнозних значеннях засоленості.

Для детальних короткострокових прогнозів сольового режиму необхідні більш точні спеціальні дослідження процесу вологопереносу, зокрема, гідрофізичні (Жернов І.Є., Сергєєв В.М., 1971; Ситников А.Б., Муромцев М.М., Черновіл В.Т., Корняченко В.Т., Гапон В.Р., 1973-1992 рр.). Вологопереносу в роботі присвячено спеціальний розділ, в якому особлива увага приділяється практичним аспектам цієї проблеми. Це визначення параметрів вологопереносу, розв'язання рівнянь, які описують цей процес в одиницях вологості та гідродинамічних напорах, моделювання граничних умов, оцінка точності прогнозних рішень. Розглянуто практичні зразки.

4. Визначення коефіцієнту конвективної дифузії

Теорія солепереносу на зрошуваних землях розроблена досить глибоко. Ряд вітчизняних та зарубіжних учених запропонували безліч рішень переважно прямих задач солепереносу, тобто при умові, що гідродинамічні та гідрохімічні параметри відомі заздалегідь. Однак в складній проблемі практичного прогнозування, особливо на тривалі строки для великих територій, найбільш відповідальним і менше всього розробленим залишається визначення коефіцієнту конвективної дифузії.

Методи експериментального визначення цього параметру в польових та лабораторних умовах досить докладно описані в літературі (Абдурагімов Т.А., 1973, 1974; Госсу Л.К., Солодовников А.Н., Харитонов Б.К., 1985; Рекс Л.М. та інш., 1984; Шульгін Д.М. та інш., 1984-1989 рр.). Проте значення одержаних таким шляхом параметрів характеризують процеси солепереносу окремих невеликих ділянок в межах досліджуваної області або ізольованих зразків ґрунту і породи у відносно короткі проміжки часу. Їх доцільно застосовувати для короткострокових прогнозних розрахунків. Для довгострокових прогнозів регіонального характеру необхідні узагальнені параметри, які кількісно характеризують солеперенос на протязі довгого часу в реальних гідрогеолого-меліоративних системах. Спочатку для цього нами було запропоновано використовувати метод уніфікованих алгоритмів (В.В.Георгієвський, 1971) в модифікованому варіанті, в комплексі з множинною кореляцією. Ефективність такого підходу показано в роботі на прикладі прогнозного розрахунку для Фрунзеського зрошуваного масиву Дніпропетровської області. Потім було розроблено комплексний чисельно-аналітичний метод спеціально для довгострокових регіональних прогнозів, яким в роботі приділяється основна увага. Метод дозволяє в процесі розв'язання інверсної суміжної задачі одночасно визначати коефіцієнти конвективної дифузії для двох зон - аерації та повного водонасичення. Суть його заключається в багатократному сумісному використанні аналітичних та чисельних рішень на БОМ методом прогонки. Зокрема, для ряду згаданих застосовуються дві аналітичні залежності: - С.Ф.Авер'янова

$$D = \frac{Vx}{21n \left(\frac{r}{r_0} \right)} \quad (3)$$

та М.М.Верігіна











-  вихідне засолення
-  межа зони з вмістом солей до 0,25 %
-  графік прогнозної засоленості, цифра показує строк прогнозу, роки
-  нижня межа досліджуваної області
-  графік засоленості у сталому режимі
-  рівень ґрунтових вод
-  підшва шахтного відвалу
-  поверхня землі
-  водопостачання
-  нижня межа віддалена у нескінченність

Рис.2. Умовні позначення до рис.1, 3, 5, 6, 11, 12

де вплив зрошення не виявляється.

Модель працює таким чином. Вихідні значення коефіцієнтів конвективної дифузії двох вищеназваних зон оцінюються наближено. З цими значеннями рішається система рівнянь, якими описується процес, що моделюється, до моменту настання сталого режиму з заданим ступенем точності. Результати моделювання в сталому режимі використовуються як вихідні дані для розрахунку коефіцієнта конвективної дифузії по відповідних аналітичних залежностях (3) - для зони аерації та (4) - для зони повного водонасичення. З розрахованими, тобто уточненими параметрами, знову рішається система рівнянь до моменту настання сталого режиму. Процес продовжується до тих пір, поки попереднє та наступне значення параметрів не зрівняються по величині із заданим ступенем точності. Запропонований метод ми розглядаємо як прикладний, достатньо оригінальний варіант відомого в математиці методу послідовних наближень, правомірний для процесів, які сходяться.

Всі операції порівняння та перерахунку здійснюються на ЕОМ в процесі виконання однієї програми. Вона багатоваріантна. Позитивні якості методу: 1. Вихідні дані для визначення коефіцієнту конвективної дифузії одержують із стандартного комплексу гідрогеолого-меліоративних досліджень для обґрунтування зрошення. Це карти глибини залягання, мінералізації та хімічного складу ґрунтових вод, засоленості порід зони аерації, відомості про кліматичні показники, режим зрошення, якості зрошувальної води. 2. Результати розрахунків не залежать від випадкових дохилок при визначенні вихідних умов. 3. У варіантах, які розглядались, виконувались умови коректної постановки, а саме: рішення однозначне для кожного набору вихідних даних і неперервно від них залежить. 4. Наявність програмного забезпечення виключає фактор трудомісткості при багатоваріантних розрахунках на тривалі строки для значних територій з великою деталістю. 5. Метод відкриває широкі можливості для чисельних експериментів по розв'язанню узагальнених задач, які дають багато важливої додаткової інформації. 6. Метод ніколи не дає фізично нереальних величин для розглянутого кола задач.

Результати розрахунку коефіцієнта конвективної дифузії вищевикладеним методом в різних гідрогеолого-меліоративних умовах подано в роботі у вигляді таблиць типу 4. В тексті викладено та проаналізовано і інші наші пропозиції по оцінці коефіцієнту конвективної дифузії. Результати узагальнені в табл.5.

Таблиця 4

Результати визначення коефіцієнта конвективної дифузії
для Новотроїцького зрошуваного масиву

$D_{заг}^*$ $m^2/добу$	$D \cdot 10^{-8}, m^2/добу$						
	Cl^{2-}	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	$D_{сер}$
$3,8 \cdot 10^{-8}$	2,8	3,15	1,1	9,2	4,2	3,0	5,9

В табл.4. : $D_{заг}^*$ - коефіцієнт конвективної дифузії, визначений по загальному вмісту токсичних солей, $D_{сер}$ - середнє значення величин цього параметра, визначених для кожного із шести іонів.

Таблиця 5

Значення параметрів солеперенос,

Назва зрошуваної системи	Кількість визначень	$D \cdot 10^3, m^2/добу$	$\lambda = \frac{D}{ V }$	Метод визначень
Фрунзенська, Дніпропетровської області	29	1,91-8,51	1,2-4,0	Вирішення обернених задач на електричних сітках, методом уніфікованих алгоритмів
Радгосп "Шалфейний", Крим	10	1,10-3,0	0,9-3,5	Залежність (2) метод уніфікованих алгоритмів
Радгосп "Семисотка", Керченський п-ів	25	0,40-3,0	1,0-3,1	- // -
Татарбунарський масив	30			
а. незрошувані землі	15	1,14-0,75	0,9-5,0	Залежність (2) Рішення скінченно-різничевих рівнянь відносно параметра D
б. зрошувані ділянки	15	0,19-2,50		
Нікопольський масив Дніпропетровської обл.	10	0,10-0,6	0,5-1,9	Ісильно-аналитичний
Геокчайський та Аджарський райони Азербайджану	120	0,38-1,04	0,7-1,8	- // -

5. Урахування розчинення солей твердої фази та іонного обміну

В практиці виконання прогнозних розрахунків великі труднощі виникають при урахуванні розчинення солей твердої фази. Дані численних експериментальних досліджень показують, що залежність між вмістом солей в ґрунтових розчинах C_1 та водних витяжках C має лінійну або близьку до неї характеристику

$$C_1 = AC + B, \quad (5)$$

де A і B - постійні коефіцієнти для даного типу засолення в даних умовах. Рівняння масопереносу, яким описується одномірний рух ґрунтових розчинів, при наявності солей в твердій фазі має вигляд

$$D \frac{\partial^2 C_1}{\partial x^2} - v \frac{\partial C_1}{\partial x} - \gamma C_2^k [C_N - C_1] = m \frac{\partial C}{\partial t} \quad (6)$$

Тут C_2^k - вміст солей в твердій фазі; C_N - концентрація граничного насичення; γ - коефіцієнт розчинення солей твердої фази, доба⁻¹. Інші позначення приводились вище.

Підставляємо (5) в (6):

$$D \frac{\partial^2 (AC + B)}{\partial x^2} - v \frac{\partial (AC + B)}{\partial x} - \gamma C_2^k [C_N - (AC + B)] = m \frac{\partial (AC + B)}{\partial t} \quad (7)$$

Оскільки в водних витяжках солі у вигляді кристалів відсутні,

$$C_2^k = 0 \text{ і } \gamma C_2^k [C_N - (AC + B)] = 0.$$

(7) приймає вигляд:

$$D \frac{\partial^2 AC}{\partial x^2} - v \frac{\partial^2 B}{\partial x^2} - vA \frac{\partial C}{\partial x} - v \frac{\partial B}{\partial x} = mA \frac{\partial C}{\partial t} + m \frac{\partial B}{\partial t} \quad (8)$$

Похідна від постійної B дорівнює 0. Розділивши всі члени рівняння, що залишились, на A , маємо:

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - v \frac{\partial C}{\partial x} = m \frac{\partial C}{\partial t} \quad (9)$$

Таким чином, коли як вихідні умови при прогнозних розрахунках взяти результати хімічних аналізів водних витяжок, котрі містять практично всі легко розчинні токсичні солі, то правомірним виявляється виключення із рівняння члена, який характеризує розчинення солей твердої фази. Це істотно спрощує задачу, так як вірогідне визначення параметра γ надто проблематичне, особливо для довгострокових регіональних прогнозів. Масообмін в роботі трактується і ураховується, в основному, по публікаціях М.М.Верігіна, д.Ф.Шульгіна та їх співавторів (1979, 1988).

3. Практичні аспекти прогнозування солепереносу в напісаридній зоні

Методику виконання прогнозних розрахунків, включаючи оброблення та аналіз результатів, розглянуто на конкретних меліоративних об'єктах України: Фрунзенському, Нікопольському, Татарбунарському, Новотроїцькому, Десолівському масивах, зрошуваних територіях в межах Керченського півострова, Каховській та Північно-Рогачівській системах. Для кожного масиву розв'язано актуальну практичну задачу. Додаємо кілька прикладів таких задач.

Одним із перших об'єктів меліоративного освоєння в Середньому Придніпров'ї є Фрунзенський масив Днітропетровської області. Тривалі режимні спостереження на масиві дозволили виконати достатньо надійну оцінку параметрів солепереносу. Коефіцієнт конвективної дифузії визначався цю комплексній методиці, яка заключалась у наступному. По результатах режимних спостережень на сольових станціях визначено 160 значень коефіцієнта конвективної дифузії методом уніфікованих алгоритмів (В.Б.Георгієвський, 1971). Потім ці значення відкоректовано в процесі епігнозу і оброблено спільно з режимними спостереженнями по програмі множинного кореляційно регресійного аналізу. Одержано два види залежності коефіцієнта конвективної дифузії (D) від швидкості волюпереносу (V), мінералізації (C_p), глибини залягання ґрунтових вод (h , та мінеалізації водонадходження (C_n). Це лінійна залежність для вододільних ділянок

$$D = 0,0063 - 0,264V - 0,014C_n - 0,079C_p + 0,0002h \quad (I0)$$

та поліном 2-го порядку для терасової частини масиву

$$D = 0,00023 + 3,7V - 0,09C_n + 0,38C_p + 0,0003h + 7,8V^2 + 0,23C_n^2 - 3,4C_p^2 - 0,0003h^2 \quad (II)$$

Ці залежності використовувались при прогнозних розрахунках на стадії проектування Кам'янського, Верхне-Тарасівського, Чагдалівського, Царичанського, Олександрівського масивів Середнього Придніпров'я, відповідно ододільних та терасових.

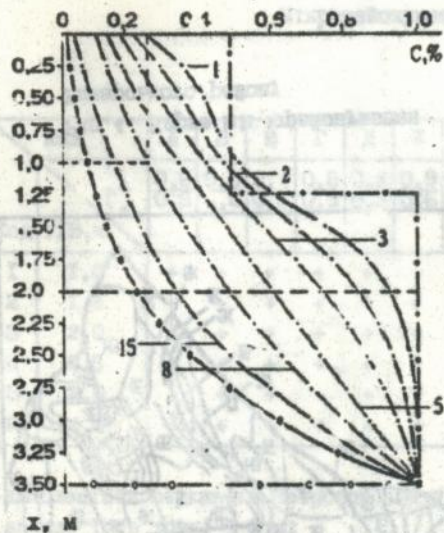
На багатьох зрошуваних масивах України ділянки з підвищеним вмістом легкорозчинних токсичних солей зустрічаються як окремі

плями. Так по результатах сольової з.з.м.и на території Нікопольського зрошуваного масиву оконтурено ділянку площев більше 40 га з підвищеним вмістом токсичних солей в межах 0,4-1,1% маси сухого ґрунту. Початково при проектуванні системи цю ділянку було виключено із зрошення. Нині планується її меліоративне освоєння, тому було поставлено задачу кількісно оцінити динаміку розсолонення ґрунтів при існуючому на масиві режимі зрошення на 15 ти річний період. Результати прогнозних розрахунків із застосуванням вичевикладених методів показують, що при існуючому на масиві режимі зрошення нормою $2300 \text{ м}^3/\text{га}$, метровий шар зони аерації опрісниться до вмісту солей 0,25 % маси сухого ґрунту протягом 8 років. Для розсолонення цього шару протягом 4-х років зрошувальну норму належить збільшити на $700 \text{ м}^3/\text{га}$, протягом 3-х років - на $1000 \text{ м}^3/\text{га}$ (рис.3).

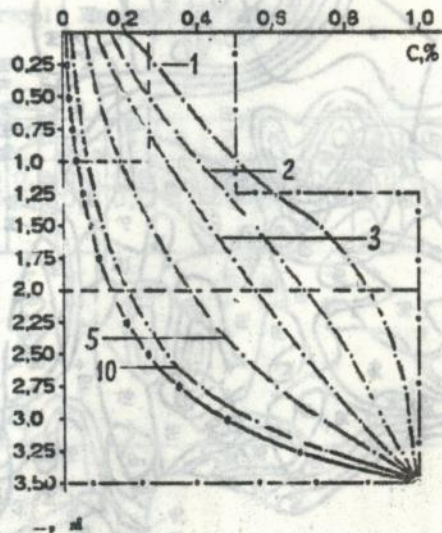
7. Сольперенос в аридній зоні на прикладі Ширванського степу

Для аридної зони характерне суцільне підвищення вмісту солей річних кількісних градацій. Регіональний довгостроковий прогнозний розрахунок для цих умов розглянуто на прикладі Уджарського масиву Ширванського степу. Задача формулювалась таким чином. Виконати прогноз сольового режиму порід зони аерації та мінералізації ґрунтових вод до моменту стабілізації з детальністю однієї рік.

Перший етап прогнозного розрахунку — це подання вихідних даних у вигляді схем мікрорайонування (рис.4) з табличним додатком (Табл.6), який розкриває і доповнює її зміст. Схема не претендує на однозначність. Можливі варіанти та модифікації в залежності від кількості і якості гідрологічно-меліоративної інформации, яку покладено в основу її побудови. Цей варіант для Уджарського району Ширванського степу побудовано по трьох показниках, які визначають режим, а саме: середня засоленість ґрунтів верхнього метрового шару зони аерації, середня засоленість нижележачої товщі 1,0-3,0 м та глибина залягання ґрунтових вод. Цифровий код на схемі означає глибину залягання ґрунтових вод від 1 до 4 м через 0,5 м, буквовий — різні комбінації засоленості верхнього метрового шару зони аерації та шару 1-3 м. На цьому масиві виділено 94 ділянки, для кожної визначено свої параметри і виконано прогнозні розрахунки сольового режиму порід зони аерації та гідрохімічного режиму ґрунтових вод. Результати подано у вигляді графіків і карт (рис.5-9).



а



б

Рис.3. Результаты прогноза динамика засоленности при промывальных нормах:
 а - 2300 м³/га; б - 3300 м³/га

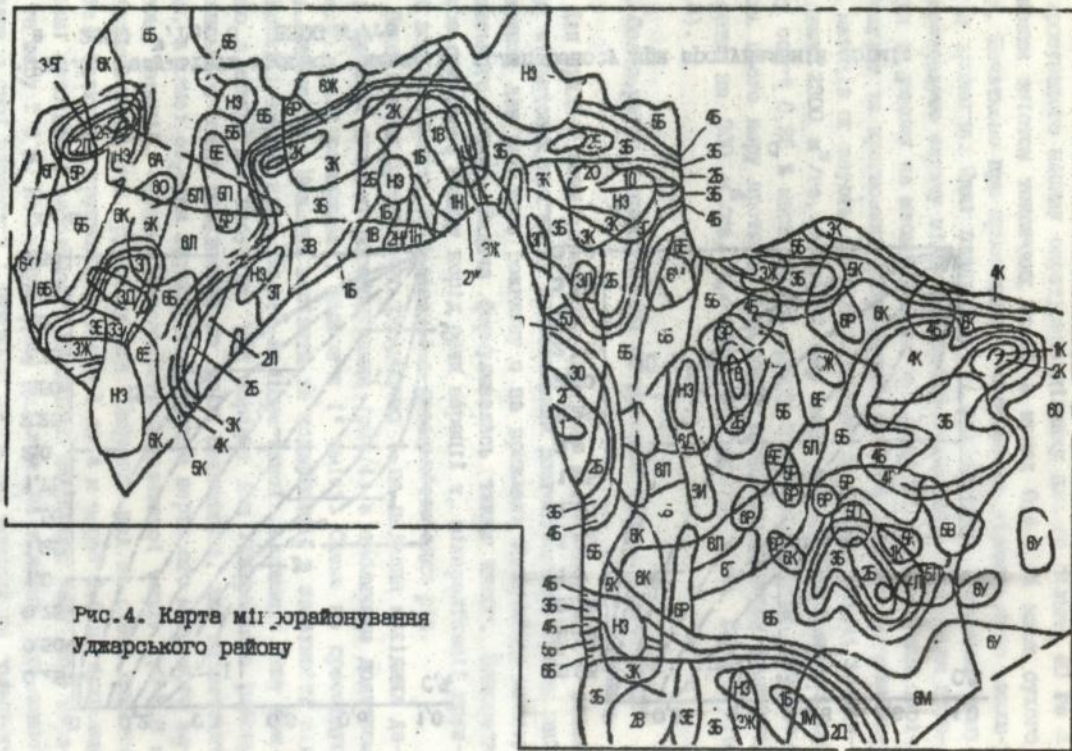


Рис. 4. Карта між районування
Уджарського району

Таблиця 6

Мікрорайонування території ІІ Ужарського району

Код	Код	Код	Код		А	В	В	Г	Д	Е	Д	З	И	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У
			ГТВ, м	$\frac{C_1}{C_2}$	0,6 0,8	0,6 0,6	0,4 0,6	0,8 0,9	0,4 0,3	0,9 0,6	0,3 0,6	0,9 0,3	0,6 0,3	0,8 0,6	0,6 0,9	0,4 0,4	0,6 0,4	0,8 0,8	0,8 0,8	0,9 0,8	0,9 0,9	0,6 0,9	0,4 0,9
1	1,0		+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-
2	1,5		+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
3	2,0		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
4	2,5		+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
5	3,0		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
6	4,0		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

O_4 - засоленість верхнього мехрового шару, %;

O_2 - засоленість товщі 1-3 м;

• - наявність ділянки з даними умовами,

- відсутність такої ділянки.

Досліджено три варіанти режимів зрошення - плановий, фактичний та розроблений Інститутом АзНДІГІМ, які відрізняються нормами та строками поливів. Із результатів прогнозних розрахунків показують, що плановий та фактичний режими ведуть до накопичення солей в коченевміському шарі. Кількісну характеристику цього процесу подано у вигляді графіків залежності прогнозної засоленості від тривалості процесу в часі та глибини залягання досліджуваної точки гід поверхні землі. На рис.5 відображено ділянку з вихідним засоленням 0,7% та РГВ - 2 м.

Режим зрошення, який запропоновано АзНДІГІМ, відповідно прогнозним розрахункам належить вважати оптимальним. Він створює більш сприятливий соловий баланс в зоні аерації (рис.6). Однак, при його здійсненні по даних наших гідродинамічних розрахунків, інфільтраційне живлення викличе підйом рівня ґрунтових вод із швидкістю до 0,8 м/рік. При слабкому природному дренаванні і безадовітній роботі штучного дренажу, що має

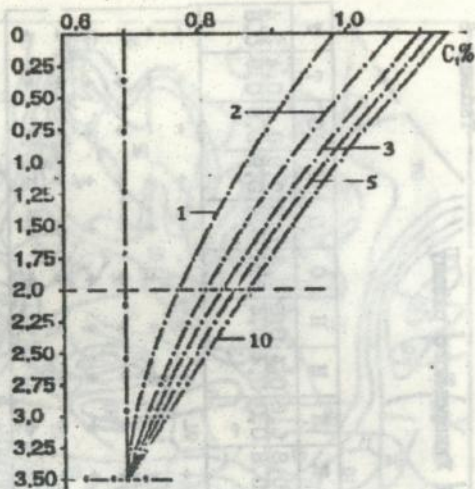


Рис.5. Результати прогнозу при плановому режимі зрошення

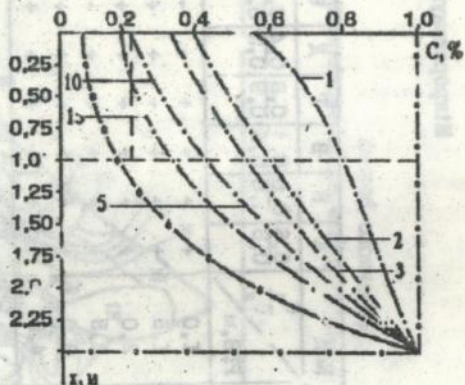


Рис.6. Результати прогнозу при оптимальному режимі зрошення

СТУПІНЬ ЗАСОЛЕННЯ ҐРУНТІВ

0-1,0 м

1-3,0 м



незасолені



слабозасолені



середньозасолені



сильнозасолені



дуже сильнозасолені

МІНЕРАЛІЗАЦІЯ ҐРУНТОВИХ ВОД, г/л



до 1,0



5,0-10,0



1-3,0



>10,0



3,0-5,0

Рис.7. Умовні позначення до рисунків 9, 10

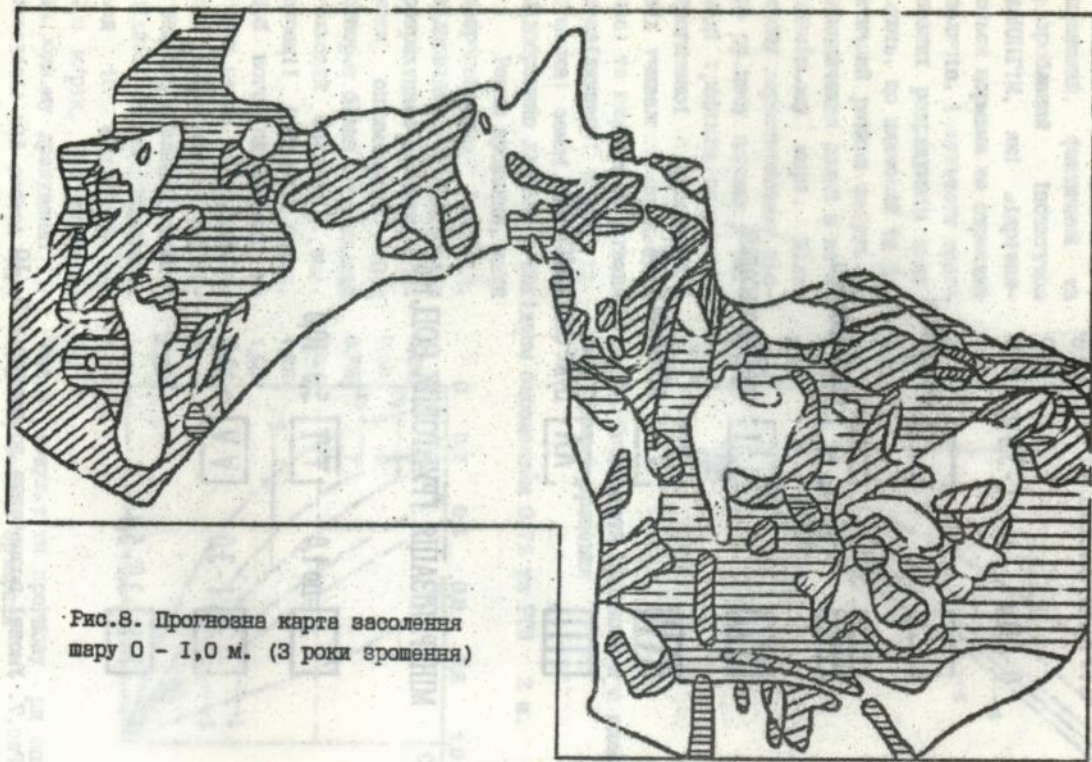


Рис.8. Прогнозна карта засолення шару 0 - 1,0 м. (3 роки зрошення)

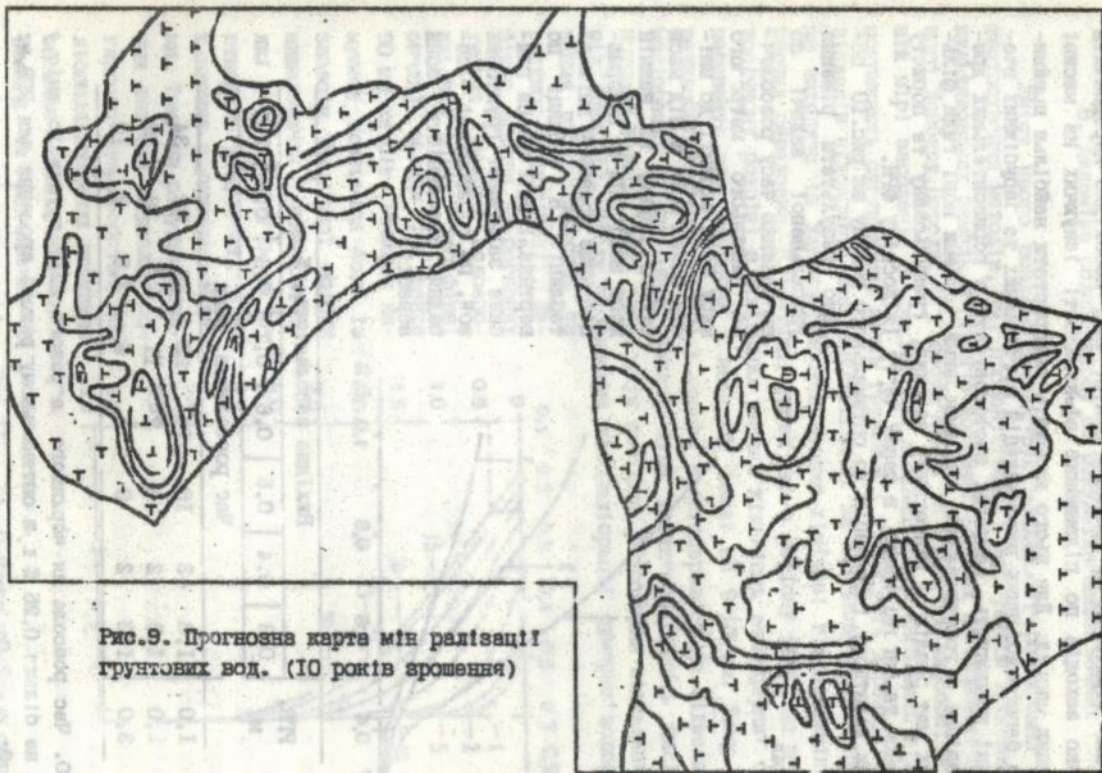
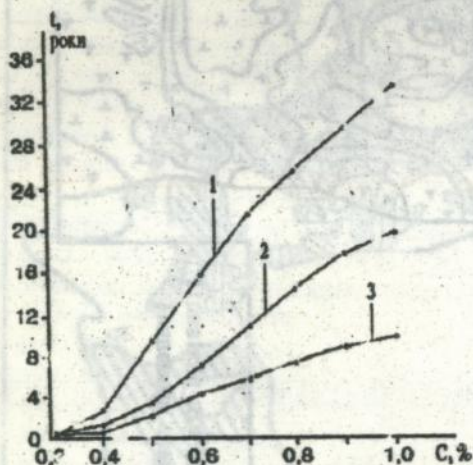


Рис.9. Прогнозна карта мін ралізації
грунтових вод. (10 років зрощення)

місце у найближчий час, неминуче виникне підтоплення зрошуваних та прилеглих територій за декілька років. Тому необхідно передбачити комплекс заходів по підвищенню ефективності існуючих на масиві дренажних споруд. Для цього належить використати найбільш прийнятні із багаточисленних рекомендацій вітчизняних та зарубіжних вчених, які пропонують, зокрема, застосовувати в горизонтальних дренах нарівні з гофрованими пластмасовими трубами нові види фільтруючих матеріалів - синтетичні волокна, гранульовану та пористу пластмасу та багато інших, в першу чергу із досвіду ФРН.

Як додаткову інформацію до оптимального режиму на рис. 10 по-



дано результати рішення узагальненої задачі по визначенню часу розсоління верхнього метростого шару зони аерації до вмісту солей 0,2% від маси сухого ґрунту на нижній його межі. Ця інформація вище подана у вигляді таблиці. В таблиці по вертикалі змігується глибина залягання ґрунтових вод, по горизонталі - середня засоленість зони аерації.

РГВ, м	Вихідна засоленість, %							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Час розсоління, роки							
1,0	1,0	3	10	16	22	26	30	34
2,0	1,0	2	4	7	11	17	18	20
3,0	1,0	2	3	5	6	7,5	9	10

Рис. 10. Час розсоління червоного агрового шару ґрунту до вмісту солей не більш 0,25% і, в оптимальному режимі зрошення для РГВ, м: 1 - 1,0; 2 - 2,0; 3 - 3,0

8. Динаміка солепереносу на рекультивованих землях

Зміст цього розділу демонструє можливості розширення сфери застосування методів, які пропонуються, і стосується проблеми рекультивованих земель в гірничо-добувних районах на прикладі Західного Донбасу. Породи, які добуваються із гірничих виробок, в річній мірі засолені. В процесі рекультивації шар засолених відвалів покривають суглинками, потім ґрунтами і висаджують дерева. Частиці відвалів відсипають без рекультивації. Ми підійшли до цієї проблеми виходячи із закономірностей фізико-хімічної гідродинаміки пористих середовищ. Кліматичні умови цього регіону такі, що в багатогорічному розрізі в природних умовах кількість атмосферних опадів перевищує випаровування з поверхні землі на 9-10 мм. Тому в середньобогаторічному розрізі процес вологопереносу на відвалах без меліорації в природних умовах буде характеризуватись висхідним потоком вологи, який забезпечує повільне розсолоння відвальних порід (рис. II). Після проведення лісомеліорації сумарне водоспоживання різко зростає за рахунок транспірації. Дефіцит вологи в богарних умовах (сумарне водоспоживання мінус атмосферні опади) складе не менше 90 мм за рік. Рослини вимушені покривати його із запасів ґрунтової вологи нижчележачих горизонтів, які в свою чергу поповнюються в результаті підживлення ґрунтовими водами. Тому на рекультивованих шахтних відвалах богарного землеробства, або лісомеліорованих неминуче виникає висхідний потік вологи та розчинених в ній солей, в результаті чого можливе засолення насипного ґрунтового шару.

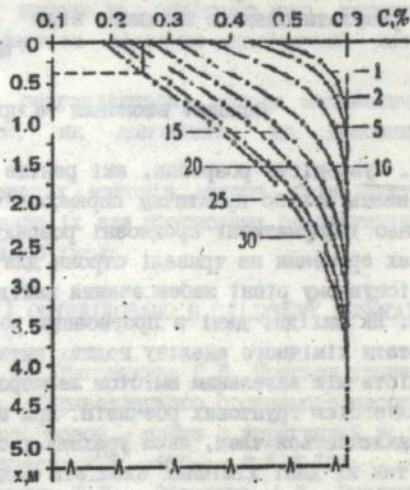


Рис. II. Результати прогнозу сольового режиму на нерекультивованому шахтному відвалі

(рис.12). Прогнозні розрахунки, які кількісно характеризують динаміку можливого вторинного засолення, дозволяють зробити висновок,

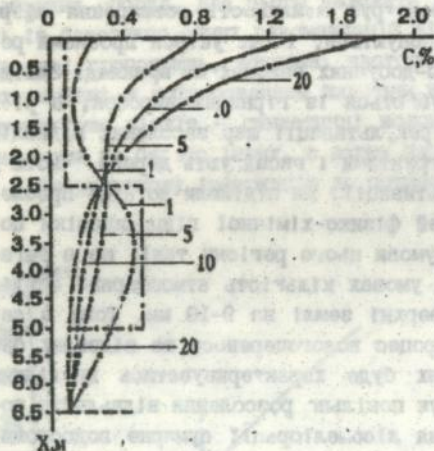


Рис.12. Результати прогнозу сольового режиму рекультивованого шахтного відвалу

що лісомеліорація та сільськогосподарське використання рекультивованих відвалів може бути ефективним лише на фоні дощкового штучного зволоження, тобто зрошення. Збільшення потужності нагінних ґрунтів не виключає загрози засолення, а лише подовжує цей процес у часі. Дані останніх режимних спостережень із відвалів підтверджують правомірність в.ш. висновків. Відзначається масова загибель рослин та присутність токсичних солей в насиченому ґрунтовому шарі.

Основні висновки та пропозиції

1. Закупність розробок, які раніше існували, та запропонованих і які мають суцільно практичну спрямованість, дозволяють виконувати достатньо інформативні прогнозні розрахунки динаміки солепереносу в умовах зрошення на тривалі строки для великих територій при реально існуючому рівні забезпечення вихідною інформацією.

2. Як вихідні дані в прогнозних розрахунках використовуються результати хімічного аналізу родних витяжок, якщо доказана лінійна залежність між загальним вмістом легкорозчинних солей в ґрунтах та мінералізцією ґрунтових розчинів. При цьому в рівняння маспереносу виключається член, яким урахується розчинення солей твердої фази так як дані хімічних аналізів водних витяжок вже уявляють цей процес. Таким чином значно спрощується рішення задачі, особливо для довгострокових регіональних прогнозів. В цих умовах оцінка коефіцієнту розчинення солей твердої фази дуже проблематична.

3. Для рішення складних задач маспереносу найбільш доцільно

застосовувати різні модифікації неявних скінченно-різцевих схем з повною дискретністю в часі та просторі, математична точність яких може бути оцінена по запропонованих таблицях, графіках та програмі чисельного експерименту для будь-якого набору вихідних даних. Для кола задач, які розглядаються, спосіб апроксимації першої похідної у рівнянні масопереносу не виявляє істотного впливу на точність рішення.

4. Вибір методів оцінки параметрів для прогнозу в значній мірі визначається часовими та просторовими характеристиками процесів, кількістю і способом подання вихідної інформації. Так для короткострокових локальних прогнозів гідродинамічні параметри в зоні аерації оцінюються гідрфізичними методами та їх рівень рівнянь вологопереносу. Для довгострокових регіональних прогнозів не втратив своєї актуальності балансовий метод визначення гідродинамічних параметрів, що підтверджується епітозними розрахунками і порівнянням їх з натурними спостереженнями. Коефіцієнт конвективної дифузії для короткострокових локальних прогнозів можна визначити експериментальним шляхом в польових та лабораторних умовах. Для довгострокових прогнозів регіонального характеру найбільш інформативним виявляється чисельно-аналітичний метод, який ми пропонуємо.

5. Для кола задач, які розглядаються, методи математичної статистики доцільно вживати, як допоміжні, що доповнюють гідродинамічні.

6. Можливості запропонованих методів можуть бути суттєво розширені за рахунок застосування їх для прогнозних розрахунків на інших екотічно несприятливіх об'єктах.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНО В СЛІДУЮЧИХ РОБОТАХ.

1. Мальцев А.А., Силко Н.Ф., Евграшкіна Г.П. Прогноз урівненого режиму ґрунтових вод Арсь-Туркестанського орошаемого масива // Вопросы гидрогеологических прогнозов в связи с ирригацией земель и водоснабжением. - Днепропетровск: ДГУ, 1970. - С. 126-151.

2. Рудаков В.К., Евграшкіна Г.П., Яременко А.И. Численный анализ плановой неустановившейся фильтрации в условиях ирригации земель с применением аналитических расчетов и вычислений на ЭВМ "Минск-22" // Некоторые актуальные вопросы современного естествознания. - Днепропетровск: ДГУ, 1971. - С. 127-128.

3. Рудаков В.К., Евграшкина Г.П. Численный анализ сложных фильтрационных потоков в условиях орошения с применением ЭЦМ Минск-22 // Вопросы гидрогеологических прогнозов в связи с ирригацией земель и водоснабжением. - Днепропетровск: ДГУ, 1972. - С.119-140.

4. Рудаков В.К., Евграшкина Г.П., Н.П. Тушина Особенности уровня грунтовых вод в районах рисовых оросительных систем // Вопросы гидрогеологических прогнозов в связи с ирригацией земель и водоснабжением. - Днепропетровск, ДГУ, 1972. - вып.5. - С.82-86.

5. Евграшкина Г.П., Андреева Т.А. Опыт аналитического прогноза уровня грунтовых вод на орошаемых землях Красноперекского района Крымской области // Вопросы гидрогеологических прогнозов в связи с ирригацией земель и водоснабжением. - Днепропетровск: ДГУ, 1973. - С.95-99.

6. Евграшкина Г.П. О применении математической модели растекания бугра грунтовых вод для краткосрочных прогнозов и определения гидрогеологических параметров // Вопросы гидрогеологических прогнозов в связи с ирригацией земель и водоснабжением. - Днепропетровск: ДГУ, 1973. - С.104-108.

7. Евграшкина Г.П. Некоторые результаты экспериментальных исследований конвективной диффузии на электрических сетках // Вопросы гидрогеологических прогнозов в связи с ирригацией земель и водоснабжением. - Днепропетровск: ДГУ, 1975. - С.77-85.

8. Евграшкина Г.П. Экспериментальные исследования по моделированию водно-солевого режима орошаемых земель на сеточных АВМ // Тезисы докладов Всесоюзного научного семинара "Новейшие методы исследования и моделирование процессов переноса подземных вод". - К.: Знание, 1976. - С.35-36.

9. Евграшкина Г.П. К вопросу исследования солевого режима орошаемых земель методами аналогового моделирования на электрических сетках // Вопросы гидрогеологических прогнозов в связи с ирригацией земель и водоснабжением. - Днепропетровск: ДГУ, 1977. - С.26-34.

10. Евграшкина Г.П., Копшель М.М. Прогноз солевого режима почв и грунтов зоны аэрации Фрунзенского орошаемого массива методами математического моделирования // Мелиорация и водное хозяйство. - К.: Урожай. - Вып.43, 1978. - С.56-63.

11. Рудаков В.К., Н.Е. Москвичева, Г.П. Евграшкина и др. Фильтрационные исследования с применением АВМ для района Машевской

просительной системы (в зоне катала Днепр-Донбасс) // Вопросы гидрогеологических прогнозов в связи с ирригацией земель и водоснабжением. - Днепропетровск, ДГУ, 1978. - С. 48-55.

12. Методические разработки по обоснованию засоления на Керченском полуострове. Коллектив авторов, ротапринт УкрНДУИ. Ч., 1977. - 188с.

13. Корж А.М., Евграшкина Г.П. Прогноз солевого режима орошаемых земель в условиях высокого исходного засоления // Мелиорация и водное хозяйство. - К.: Урожай, 1979. - Вып.47. - С.18-21.

14. Евграшкина Г.П. Прогноз солевого режима орошаемых земель методами математического моделирования // Тезисы докладов республиканского совещания "Проблемы охраны природы и рекреационной географии УССР" - Харьков, 1979. - С.51.

15. Москвичева Н.Е., Евграшкина Г.П. Исследование методами математического моделирования фильтрационного потока в зоне горизонтального мелиоративного дренажа // Вопросы гидрогеологических прогнозов в связи с ирригацией, водоснабжением и промышленным строительством. - Днепропетровск: ДГУ, 1980. - С.41-44.

16. Евграшкина Г.П. Экспериментальные исследования влагопереноса на электрических сетках // Вопросы гидрогеологических прогнозов в связи с ирригацией, водоснабжением и промышленным строительством. - Днепропетровск: ДГУ, 1980. - С.61-65.

17. Евграшкина Г.П. К вопросу прогнозирования солевого режима орошаемых земель методами математического моделирования // Тезисы докладов 4-го межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии. - М.: 1981. - С.72.

18. Евграшкина Г.П. Выполнение краткосрочных прогнозов солевого режима орошаемых земель // Мелиорация и водное хозяйство. - К.: Урожай. Вып.57, 1981. - С.44-49.

19. Скабелюк И.А., Бронштейн Б.Е., Евграшкина Г.П. и др. Охрана геологической среды и рациональное использование водных ресурсов. - Днепропетровск: ДГУ, 1983. - 80 с.

20. Евграшкина Г.П. Методические указания для проведения лабораторных работ по курсу "Динамика подземных вод". - Днепропетровск: ДГУ, 1983. - 12 с.

21. Евграшкина Г.П. Методы прогнозной оценки влияния прудов-накопителей на почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия прилегающих территорий. - М.: ЦЕИ №7897-84, ДСИ.11.12.84 0,4 п.л.

22. Евграфкина Г.П., Орловский Н.А. Прогнозная оценка изменения солевого режима орошаемых земель Генического района Херсонской области. - М.: ДЕП №7897-84, ДСИ, II.12.84. 0,5 п.л.

23. Евграфкина Г.П., Левшаков С.Ф. Прогноз изменения почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий Западного Донбасса в связи с развитием горных работ. М.: ДЕП №7889-84, ДСИ, II.12.84. 0,6 п.л.

24. Евграфкина Г.П. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Мелиоративная гидрогеология" для студентов специальности "Гидрогеология и инженерная геология". - Днепропетровск. - 1984. 20 с.

25. Шинкаревский М.А., Евграфкина Г.П. Методические указания по оценке качества подземных вод. - Днепропетровск: ДГУ, 1984. - 20 с.

26. Евграфкина Г.П. Методические указания к выполнению лабораторных работ по спецкурсу "Мелиоративная гидрогеология". - Днепропетровск. - 1985. 12 с.

27. Евграфкина Г.П., Горобец О.А. Изменение почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий под влиянием деятельности угольных шахт Западного Донбасса. - М.: ДЕП №9491-85, ДСИ, 15.01.85. 0,6 п.л.

28. Евграфкина Г.П., Кукуй А.М., Лобода А.И. Прогноз солевого режима орошаемых земель Татарбунарского массива Одесской области методами математического моделирования // Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии в связи с ирригацией земель, водоснабжением и промышленным строительством. - Днепропетровск: ДГУ, 1985. - С.118-124.

29. Евграфкина Г.П., Курочкина Л.И. Прогнозная оценка влияния пруда-накопителя в балке Стуканова на почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия прилегающих территорий // Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии в связи с ирригацией земель, водоснабжением и промышленным строительством. - Днепропетровск: ДГУ, 1985. - С.118-124.

30. Евграфкина Г.П. Прогнозирование солевого режима орошаемых земель в процессе эксплуатации оросительных систем // Вопросы мелиор. гидрогеологии, инж. геологии и мелиор. почвоведения. - М.: ВНИИГиМ, 1985. - С.63-64.

31. Евграфкина Г.П. Определение параметров солевого регона при прогнозных исследованиях // Мелиорация и водное хозяйство. - К.: Урожай. Вып. 63, 1986. - С.81-89.

32. Скабалланович И.А., Евграфкина Г.П. Прогнозная минерализация вод реки Самары //Мелиорация и водное хозяйство. - К.: Урожай. Вып.65, 1985. - С.27-31.
33. Евграфкина Г.П. Практические аспекты прогнозирования солевого режима орошаемых земель //Тезисы докл. 2-го Уральского научно-координац. совещания по охране и рациональному использованию подземных вод Урала и сопредельных регионов. - Свердловск: 1986. - С.91.
34. Евграфкина Г.П., Левшаков С.Ф. Гидрогеологические исследования и прогнозы для целей охраны поверхностных вод //Тезисы докл. 2-го Уральского научно-координац. совещания по охране и рациональному использованию под. эмных Урала и сопредельных регионов. - Свердловск: 1986. - С.53-54.
35. Евграфкина Г.П. Прогноз солевого режима рекультивированных шахтных отвалов //Мелиорация и водное хозяйство. - К.: Урожай. Вып.66, 1987. - С.43-49.
36. Корж А.М., Евграфкина Г.П., Гаврилов В.М. Прогнозные исследования солепереноса в условиях Кура-Араксинской низменности //Мелиорация и водное хозяйство. - К.: Урожай. Вып.677. 1987. - С.43-51.
37. Евграфкина Г.П., Дмитриченко Р.Н. Оценка эффективности коллоидно-солевых экранов. - М.: ДПИ №341-87 ДСИ, 04.07.87. 0,4п.л.
38. Адаменко О.М., Андрейчук В.Н., Евграфкина Г.П. и др. Вопросы охраны геологической среды при интенсивном строительном и народохозяйственном освоении территории Украины //Препринт. - К.: ИГиН АН УССР, 1977. - 55с.
39. Корж А.М., Евграфкина Г.П., Перцовский В.Ю. Математическое моделирование солепереноса в условиях Ширванской степи. - М.: ДПИ, №378-В-88, 13.05.88. 2 п.л.
40. Корж А.М., Евграфкина Г.П. Практические аспекты прогнозирования солевого режима орошаемых земель //Математические методы в мелиорации и гидрогеологии. - Днепропетровск: ДГУ, 1988. - С.38-46.
41. Евграфкина Г.П. Прогнозирование засоления в условиях орошения с применением ЭВМ //Учебное пособие. - Днепропетровск: ДГУ, 1988. 76с.
42. Евграфкина Г.П., Левшаков С.Ф. Прогнозная оценка влияния горнодобывающей промышленности на почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия прилегающих территорий //Тезисы докладов

территориальной научно-технической конференции "Проблемы охраны окружающей среды горнорудных районов Урала" - Свердловск: 1986. - С.13-14.

43. Скабалланович И.А., Евграфкина Г.П. Прогнозирование изменений почвенно-мелиоративной и гидрогеологической обстановки в Западном Донбассе //Тезисы докл. I-го Всесоюзного гидрогеологического съезда. - К.: 1989. - С.45.

44. Евграфкина Г.П., Левшаков С.Ф. Методы прогнозной оценки влияния шахтных отвалов на почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия прилегающих территорий //Прогноз и контроль геологической среды в районах освоения месторождений твердых горючих ископаемых. - М.: ВИМС, 1989. - С.77-86.

45. Евграфкина Г.П., Шмалий Т.И. Оптимизация режимных наблюдений на мелиорируемых землях для целей мониторинга //Тезисы докл. конференции "Экологические аспекты осушительных мелиораций на Украине. - К.: 1992. - С.57-59.

46. Евграфкина Г.П. Прогнозирование мелиоративного состояния рекультивированных земель в Западном Донбассе //Материалы межрегиональной научно-практической конференции "Экологические проблемы аграрного производства" т.1. - Днепропетровск. - 1992. - С.69-70.

47. Евграфкина Г.П. Прогнозная оценка влияния прудов-накопителей и шахтных отвалов на гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия в Западном Донбассе //Экологические проблемы Приднепровья. - Днепропетровск: ДГУ, 1992. - С.30-37.

48. Евграфкина Г.П. О достоверности долгосрочных прогнозов солевого режима орошаемых земель // Гидротехника і меліорація в Україні. Вип.2., Киев, 1993. -С.92-96.

49. Евграфкина Г.П., Шмалий Т.И., Старич А.В. Организация режимных наблюдений на орошаемых землях для целей эколого-мелиоративного мониторинга // Тезисы док. междунар. конф. "Экологические проблемы при орошении и осушении". Ч.1. Киев, 1993. -С.31-33.

50. Евграфкина Г.П. Определение параметров...
51. Евграфкина Г.П. Определение параметров...

Мин. ФГЧ ЗСК. 425-100.

162004

территориально-научно-технологической организации "Проблемы охраны окружающей среды горноуральского района Урала" - Свердловск: 1965. - С.12-14.

43. Сидекалинский И.А., Ватулина Г.П. Прогнозирование изменений почвенно-мелиоративной и гидроэкологической обстановки в Западном Дабасе // Тезисы доклад. 1-го Всесоюзного съезда зоогеографов СССР. - К.: 1960. - С.45.

44. Ватулина Г.П., Лемель Г.А. Методы прогнозирования почвенно-мелиоративной и гидроэкологической обстановки в Западном Дабасе // Проблемы и задачи геоэкологической охраны окружающей территории // Труды Уральского государственного университета. - К.: 1960. - С.77-80.

45. Ватулина Г.П., Лемель Г.А. Прогнозирование развития мелиорации на международном уровне для западной части Урала // Тезисы доклад. 1-го Всесоюзного съезда зоогеографов СССР. - К.: 1960. - С.87-89.

46. Ватулина Г.П. Прогнозирование мелиоративного состояния сельскохозяйственных земель в Западном Дабасе // Материалы международной научно-практической конференции "Экологические проблемы сельского производства" т.1. - Свердловск. - 1961. - С.69-70.

47. Ватулина Г.П. Прогнозирование изменений почвенно-мелиоративной и гидроэкологической обстановки в Западном Дабасе // Экологические проблемы Приуралья. - Свердловск: ДУ, 1962. - С.30-35.

48. Ватулина Г.П. О догосударственной догосударственной проблеме сельского хозяйства // Геоэкология и мелиорация в Урале. Вып. 2., Киев, 1963. - С.93-96.

49. Ватулина Г.П., Лемель Г.А., Стриж А.И. Организация работы коллектива по решению задачи на международной конференции // Тезисы доклад. 1-го Всесоюзного съезда зоогеографов СССР. - К.: 1960. - С.21-23.

AB 28.300

AB 28.300